

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SUBSISTEMA NATURAL

2.1. CLIMA

El clima es un elemento del medio natural que tiene una gran influencia en las modificaciones que sufre el relieve terrestre, en la conformación de la naturaleza del suelo y en la distribución espacial de los seres vivos.

Las manifestaciones del clima están íntimamente ligadas a los hechos que se producen a diario en la vida de todos los seres humanos. De tal modo interviene en la vida de éstos, que puede ser determinante en la realización de actividades como la agricultura, la ganadería, la pesca, la industria, el comercio, el transporte, etc. Asimismo, el clima es un factor que influye en la salud, la recreación, la confortabilidad, el vestir y la vivienda.

El presente trabajo, se refiere a las condiciones climáticas que predominan en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. Para su elaboración se emplearon las series de datos de 5 estaciones climatológicas, cuya longitud oscila dentro del periodo 1958-2006, y que en su conjunto se pretende den representatividad climática al municipio. Esta información fue proporcionada por la Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, de la Comisión Nacional del Agua. Dichas estaciones climatológicas, y sus coordenadas geográficas son: Acatlán de Juárez ($20^{\circ} 26'$ y $103^{\circ} 35'$), El Salto ($20^{\circ} 31'$ y $103^{\circ} 10'$), Huerta Vieja ($20^{\circ} 27'$ y $103^{\circ} 14'$), Tlajomulco ($20^{\circ} 28'$ y $103^{\circ} 27'$) y Tlaquepaque ($20^{\circ} 38'$ y $103^{\circ} 18'$), todas de latitud norte y longitud oeste.

Para este tema se integraron las series climáticas de las cinco estaciones indicadas con anterioridad y se obtuvieron los datos representativos de temperatura, precipitación, lluvias máximas en 24 horas y número de días con lluvia. En este aspecto es necesario señalar, que los procedimientos empleados son eminentemente estadísticos, por lo tanto, los resultados que se lograron, intentan ser una aproximación a la realidad. Asimismo, es importante señalar que la temperatura del aire de las formaciones orográficas principales del municipio, fue calculado a partir del gradiente térmico promedio de la zona de estudio.

Con respecto a las curvas de intensidad, duración, periodo de retorno, en primer lugar se calcularon las lluvias máximas en 24 horas, con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, a partir de la Distribución de Gumbel. Posteriormente se obtuvo la lluvia de duración de una hora y periodo de retorno de dos años, por los métodos de D. M. Hershfield y U. S. Weather Bureau. Después, aplicando la ecuación de F.C. Bell, se obtuvieron las cantidades de lluvia que caracterizan la intensidad, la duración y el periodo de retorno en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga.

Para conocer el comportamiento del agua en el suelo, se calculó el balance hídrico por medio del método del Dr. C. W. Thornthwaite. Por último, para definir los tipos de clima que predominan en este municipio se utilizó la clasificación climática de Wladimir Köppen, modificada por Enriqueta García (1973, 1983).

2.1.1. TEMPERATURA

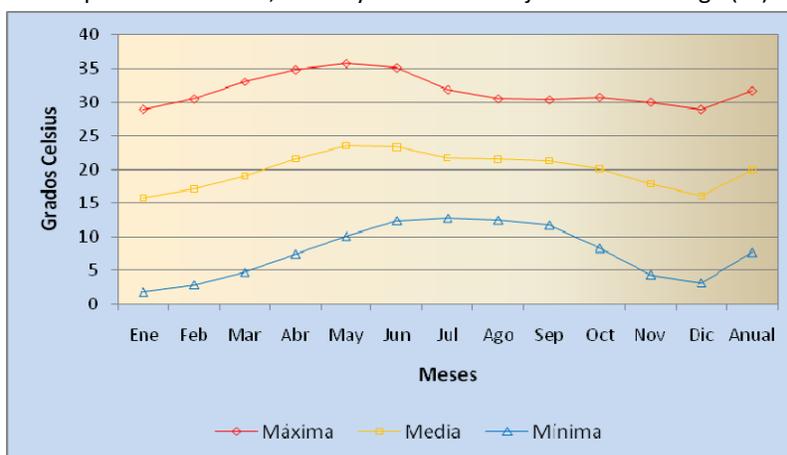
La temperatura del aire es una de los elementos del clima que más influye en los seres vivos. Su desigual incidencia sobre la superficie terrestre, repercute decisivamente en la distribución de las plantas, los animales y el hombre. Procesos físicos como la formación de tormentas y el desplazamiento de masas de aire, dependen directamente de la temperatura.

En nuestro hemisferio, durante la primavera y el verano, la duración del día y la insolación son mayores; por lo tanto, la cantidad de calor que recibe la superficie terrestre es superior a la que irradia al espacio, lo que trae como consecuencia un aumento de la temperatura. Por el contrario, en otoño e invierno la duración del día es menor, por lo que recibe menos insolación. Así, la pérdida de calor es mayor que la recibida, lo que provoca la temporada fría del año. Conforme a lo anterior se puede explicar porque las temperaturas máximas se presentan durante los meses de abril, mayo y junio y las mínimas ocurren en los meses de diciembre, enero y febrero.

Cuadro 2-1
Temperatura media, mensual y anual en Tlajomulco de Zúñiga (°C)

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Máxima	28.9	30.5	33.0	34.8	35.8	35.1	31.9	30.5	30.3	30.7	30.0	28.9	31.7
Media	15.8	17.1	19.1	21.6	23.5	23.3	21.8	21.5	21.3	20.1	17.9	16.1	19.9
Mínima	1.7	2.8	4.7	7.4	10.1	12.4	12.8	12.5	11.7	8.3	4.3	3.1	7.7
Oscilación	27.2	27.7	28.3	27.4	25.7	22.7	19.1	18.0	18.6	22.4	25.7	25.8	24.0

Gráfica 2-1
Temperatura máxima, media y mínima en Tlajomulco de Zúñiga (°C)



Como elemento bioclimático, la temperatura del aire es la variable que influye de forma más directa sobre el grado de bienestar en las personas. De acuerdo

con Griffiths (1985), para un individuo vestido la temperatura óptima está entre 18 °C y 24 °C. A este respecto, y sobre la base de los datos de temperatura media mensual (cuadro 2-1, gráfica 2-1), solo enero, febrero, noviembre y diciembre carecen de este requisito.

2.1.2. PRECIPITACIÓN

Según Mosiño (1974), la temporada lluviosa en la mayor parte de nuestro país, se presenta en la mitad caliente del año. Así, las áreas del territorio nacional que presentan un régimen de lluvia durante esta época, las designa como de lluvias de verano. Al respecto, las zonas del país que presentan un régimen de lluvias de verano, son aquellas que tienen porcentajes de lluvia invernal menores del 10.2% de la anual. Esto debido a que durante el verano dominan los vientos alisios, que introducen una gran cantidad de humedad que recogen al pasar por las aguas cálidas del Golfo de México. También contribuyen los ciclones tropicales, que por la influencia monzónica invaden el territorio de México, y que provienen tanto del Océano Pacífico como del Atlántico, produciendo vientos destructivos y lluvias torrenciales. En este sentido, la temporada de ciclones en la República Mexicana se extiende de mayo a octubre.

Cuadro 2-2
Precipitación media, mensual y anual en Tlajomulco de Zúñiga (mm)

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación	17.4	5.7	3.3	5.5	27.9	174.8	225.1	194.9	149.1	56.2	14.4	9.2	883.5
Días	1.7	1.1	0.6	0.9	3.1	13.8	18.7	17.5	13.7	5.6	1.5	1.6	79.8

Desde esta perspectiva, se puede observar en el cuadro 2-2 que el régimen de lluvias que predomina en el municipio de Tlajomulco, es precisamente de verano, ya que la temporada de lluvias se presenta durante el verano y parte del

otoño, con más del 80% de la precipitación total anual y un porcentaje de lluvia invernal menor al 10.2%.

En relación a esta variable atmosférica, las lluvias máximas en 24 horas (lluvias máximas diarias)¹ reflejan la intensidad con la que se puede presentar esta magnitud meteorológica en el lapso de un día. El cuadro 2-3 contiene la magnitud promedio de estos eventos.

Cuadro 2-3
Promedio de lluvias máximas en 24 horas en Tlajomulco de Zúñiga (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
7.6	4.6	2.9	3.8	13.6	40.0	41.5	37.9	36.2	23.5	9.7	5.7	41.5

A. INTENSIDAD, DURACIÓN Y PERIODO DE RETORNO DE LLUVIAS

La lluvia esta definida por tres variables: la intensidad, la duración y el periodo de retorno. La intensidad es la lámina o profundidad total de lluvia ocurrida durante una tormenta. De esta forma, la altura de la lámina de agua caída en el lugar de la tormenta, incorpora la cantidad de lluvia precipitada y la duración del evento. Mientras que el periodo de retorno, es la frecuencia, o intervalo de recurrencia, es decir, el número de años promedio en el cual el evento puede ser igualado o excedido cuando menos una vez. En el entendido, que el riesgo es mayor, cuanto menor es el periodo de retorno o recurrencia.

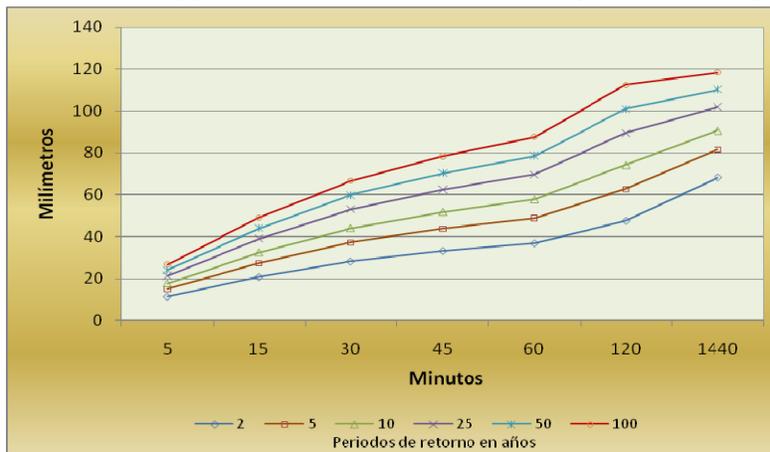
El cuadro 2-4, cuya representación gráfica es la gráfica 2-2, como representativo del municipio de Tlajomulco, contiene las diferentes intensidades que puede alcanzar un evento de lluvia, en distintos intervalos de tiempo, y también en varios periodos de retorno. Sin olvidar, que conforme el periodo de retorno sea mayor, la probabilidad de presentarse es menor.

¹ Es la máxima cantidad de lluvia captada por un pluviómetro en un periodo de 24 horas. No se refiere a la precipitación registrada en un sólo evento durante ese mismo lapso de tiempo.

Cuadro 2-4
Intensidad, duración y periodo de retorno de lluvias en Tlajomulco de Zúñiga (mm)

Periodos de retorno (años)	Intensidad de la lluvia por minuto (mm)						
	5'	15'	30'	45'	60'	120'	1440
2	11.3	20.8	28.2	33.2	36.8	47.5	68.2
5	15.0	27.4	37.2	43.8	48.8	62.7	81.7
10	17.7	32.4	44.0	51.8	57.8	74.2	90.6
25	21.3	39.1	53.0	62.4	69.6	89.4	101.8
50	24.1	44.1	59.8	70.4	78.6	100.9	110.2
100	26.8	49.1	66.7	78.4	87.5	112.4	118.5

Gráfica 2-2
Intensidad, duración y periodo de retorno de lluvias en Tlajomulco de Zúñiga (mm)



Por otra parte, si se toma el último de los resultados de este mismo cuadro, se concluye que la lámina de lluvia puede alcanzar los 118.5 milímetros de altura en 24 horas, con un periodo de retorno de 100 años.

Así por ejemplo, si se escoge el primer resultado de este cuadro, se interpreta que la lámina de lluvia puede alcanzar los 11.3 milímetros de altura (11.3 litros por metro cuadrado) durante los primeros 5 minutos de la tormenta, con un periodo de retorno de dos años. Por el mismo renglón, en la columna de 1440 minutos (24 horas) si se escoge el primer resultado de esta columna, se entiende que la lámina de lluvia puede alcanzar los 68.2 milímetros de altura (68.2 litros por metro cuadrado) en un lapso de 24 horas, con un periodo de retorno de dos

años. Por lo que se supone, que eventos con menor intensidad a la de este ejemplo, tienen mayor probabilidad de presentarse.

B. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es un procedimiento que permite conocer las condiciones de humedad que existen en el suelo. Para ello se basa en las interrelaciones que se derivan de los elementos climáticos contenidos en el cuadro 2-5. Este se explica de la siguiente manera: ETP: es la evapotranspiración potencial, P: la precipitación media mensual registrada en la zona de estudio, P-ETP: es la diferencia entre la P y la ETP, Σd : sumatoria del déficit, RU: reserva útil, VRU: variación de la reserva útil, ETR: evapotranspiración real, D: déficit de agua, S: superávit.

Cuadro 2-5
Balance hídrico en Tlajomulco de Zúñiga

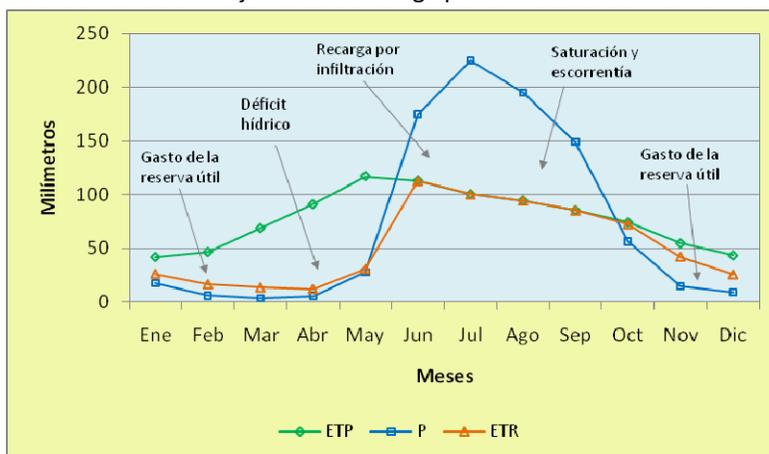
VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ETP	41.8	46.4	68.6	90.7	116.8	112.7	100.2	94.3	85.2	73.9	54.4	43.2	928.2
P	17.4	5.7	3.3	5.5	27.9	174.8	225.1	194.9	149.1	56.2	14.4	9.2	883.5
P-ETP	-24.4	-40.7	-65.3	-85.2	-88.9	62.1	124.9	100.6	63.9	-17.7	-40	-34	---
Σd	-116.1	-156.8	-222.1	-307.3	-396.2	0	0	0	0	-17.7	-57.7	-91.7	---
RU	31.3	20.8	10.8	4.6	1.9	64	100	100	100	83.8	56.2	40	---
VRU	8.7	10.5	10	6.2	2.7	-62.1	-36	0	0	16.2	27.6	16.2	---
ETR	26.1	16.2	13.3	11.7	30.6	112.7	100.2	94.3	85.2	72.4	42	25.4	630.1
D	15.7	30.2	55.3	79	86.2	0	0	0	0	1.5	12.4	17.8	298.1
S	0	0	0	0	0	0	88.9	100.6	63.9	0	0	0	253.4

El objetivo principal que tiene el balance hídrico, es identificar los meses del año en que existe déficit o excedente de agua en el suelo. Por tanto, conocer el balance de humedad en el suelo es importante en actividades como la agricultura, estudios hidrológicos, conservación de suelos, drenaje, riesgos, repoblación forestal, mantenimiento de parques y jardines, etc.

El análisis del balance hídrico, permite comparar la precipitación, la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real, y admite puntualizar a lo

largo del año, el déficit y el exceso de agua, el periodo de utilización de la reserva útil y, el de la reconstrucción de la misma.

Gráfica 2-3
Balance hídrico en Tlajomulco de Zúñiga por el método de Thornthwaite

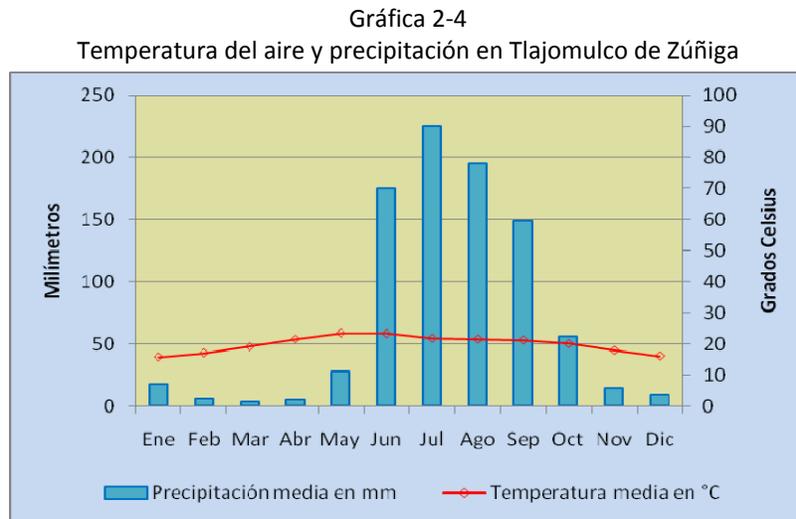


En este contexto, se puede observar, que el año comienza con déficit de agua en el suelo (la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial y existe consumo de agua de la reserva útil) esta carencia se prolonga e incrementa paulatinamente hasta mayo. En junio da inicio el periodo húmedo del año (la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial) y con ello la reconstrucción de la reserva útil. Como consecuencia, durante julio y hasta septiembre, existe demasía o superávit de agua, que permite la infiltración y escorrentía. Posteriormente, a partir de octubre y hasta diciembre, se origina el gasto de la reserva útil que trae como consecuencia deficiencia de agua en el suelo (gráfica 2-3).

2.1.3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

El clima que predomina en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (op.cit.) y los datos de temperatura y precipitación media contenidos en los cuadros 2-1 y 2-2, y re-

presentados en la gráfica 2-4, es $A(C)(w_1)(w)a(e)g$: que se traduce de la siguiente manera: Tiene un clima semicálido (clima de transición entre el clima cálido y el templado) con temperatura media anual por encima de los 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C. La temperatura del mes más caliente es superior a 10 °C. Presenta lluvias en verano (por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad del año en que se encuentra el verano que en el mes más seco). Con un porcentaje de lluvia invernal menor al 10.2% de la precipitación total anual. Verano caliente con temperatura media del mes más cálido mayor de 22 °C. Extremoso: con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C, el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano.



Por otro lado, el clima que existe en la mayor parte de las zonas elevadas de este municipio es el $C(w_1)(w)b(e)$, que es un clima templado con verano fresco, excepto la parte alta del cerro Bola del Viejo, el cual es $C(w_2)(w)(b')(e)$, al cual se le designa como semifrío con verano fresco.

El clima templado con verano fresco se caracteriza por lo siguiente: tiene una temperatura media anual entre 5 °C y 18 °C, el mes más frío posee una temperatura media inferior a 18 °C y superior a -3 °C. La temperatura media del mes más

caliente es superior a 10 °C. Con lluvias en verano (por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año, que en el más seco). Con un porcentaje de lluvia invernal menor al 10.2% de la precipitación total anual. Verano fresco, temperatura media del mes más cálido menor de 22 °C. Extremoso: diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente entre 7 y 14 °C.

El clima semifrío con verano fresco reúne las siguientes condiciones: tiene una temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C, el mes más frío posee una temperatura media inferior a 18 °C y superior a -3 °C. La temperatura media del mes más caliente es superior a 10 °C. Con lluvias en verano (por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad del año en que se encuentra el verano que en el mes más seco). Con un porcentaje de lluvia invernal menor al 10.2% de la precipitación total anual. Extremoso: diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente entre 7 y 14 °C.

Conclusiones

La temperatura promedio en el municipio de Tlajomulco es benigna la mayor parte del año en relación a la confortabilidad climática que propicia para la población, excepto los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, que tienen temperaturas medias inferiores a los 18°C.

A escala regional o local, las precipitaciones excepcionalmente abundantes son los eventos climáticos que más se asocian con las situaciones de riesgo para la población, ya que suelen relacionarse con una mayor dificultad para su predicción, resulta difícil establecer su intensidad y pronosticar con certidumbre la fecha en que se pueden presentar. Al respecto, el cuadro 2-3, indica que los mayores eventos de lluvias máximas en 24 horas se presentan en el periodo del año que va de junio a septiembre. Por su parte, el cuadro 2-4 junto con la gráfica 2-2, puntualizan estadísticamente que en los sucesos máximos de precipitación que

ocurren en la zona de estudio, la mayor cantidad de lluvia cae durante los primeros 60 minutos.

El balance hídrico es un procedimiento que provee resultados, fácilmente interpretables, que señalan claramente las variaciones de humedad que se presentan en el suelo a lo largo del año. Esto lo caracteriza como una herramienta útil en el tema de la planificación del recurso hídrico en superficie. Sin embargo, cabe señalar, que dichos resultados no son representativos de las áreas urbanas del municipio, ya que éstas son lugares alterados desde el punto de vista natural.

El clima que predomina en la mayor parte del municipio de Tlajomulco es el semicálido, con lluvias en verano; que de acuerdo a Miranda (ibíd., 1973), estas lluvias ocurren debido a que la precipitación orográfica aumenta en verano por los movimientos convectivos del aire y por la influencia de los ciclones tropicales. Por otra parte, el clima estimado en la mayoría de las zonas altas del municipio es el templado con verano fresco, debido principalmente al efecto de la altura.

2.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

2.2.1. UNIDADES GEOLÓGICAS MAYORES Y DEL MUNICIPIO

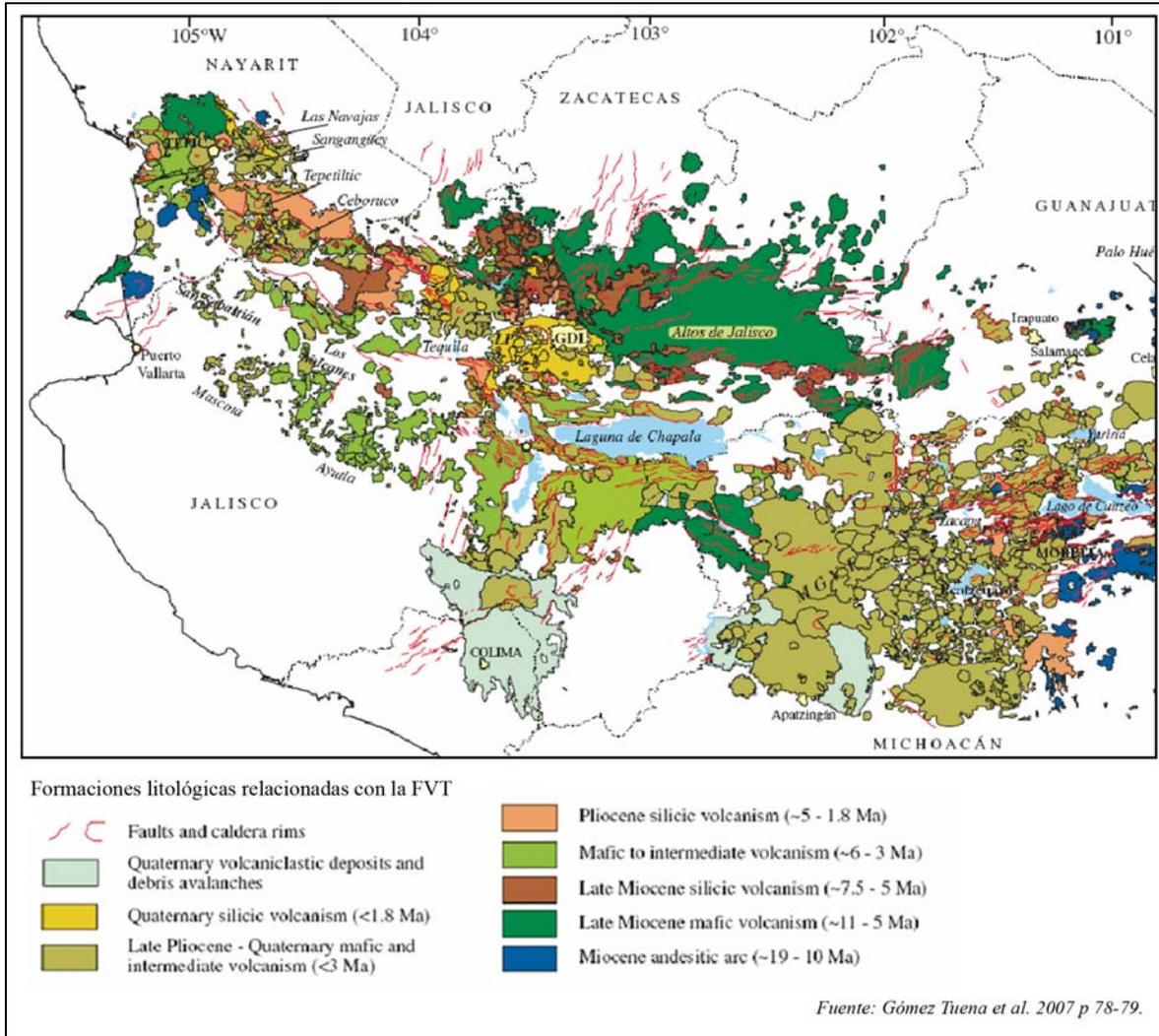
El vulcanismo de la FVT es de carácter bimodal y las etapas que afectaron al territorio en cuestión, sucedieron, la primera en el Mioceno y corresponde con un episodio máfico que da origen al denominado Grupo del Río Santiago, y la segunda etapa abarca cuatro episodios: el silícico que sucede entre 7 y 5 M.a., el Plioceno temprano, el Plioceno tardío y Pleistoceno temprano.

En el mapa 2-1 se muestran las formaciones geológicas generales y litológicas relacionadas con la Faja Volcánica Transmexicana.

En relación a las unidades estratigráficas mayores reconocidas de la FVT, de la antigua a la reciente por Gómez Tuena et al (2007), son:

1. Grupo Río Santiago (Arco Andesítico Mioceno²). Corresponde con flujos de basalto y andesita basáltica, con intercalaciones menores de tobas soldadas en la base y ceniza y lapilli pumicítico en la cima (mapa 2-1).

Mapa 2-1
Formaciones geológico-litológicas de la Faja Volcánica Transmexicana



Tomado de Gómez Tuena et al 2007.

2. Basaltos y brechas volcánicas de la sierra Las Vigas-El Tecuán (Late miocenic mafic volcanismo).
3. Grupo Basalto San Cristóbal (Vulcanismo Máfico del mioceno tardío).
4. Toba San Cristóbal (Vulcanismo Máfico del mioceno tardío).

2 El nombre de las unidades mayores según nomenclatura de Gómez Tuena et al (2007) es diferente y se presenta en paréntesis, asimismo, se puede observar en el Mapa 5 su distribución geográfica.

5. Toba Los Caballos (Vulcanismo silíceo pleistocénico).
6. Grupo Guadalajara Inferior: flujos, domos y brechas de composición riolítica e ignimbritas.
7. Vulcanismo silíceo pliocénico. Pertenece al Grupo Guadalajara Superior: ignimbrita, basaltos con intercalaciones de material volcanoclástico y domos riolíticos y material piroclástico, lapilli y escoria basáltica).
8. Late pliocenic-Quaternary máfica and intermediate volcanism. Lavas máficas cubiertas por flujos de riodacita.
9. Cuaternari silic vulcanism. Conos cineríticos, flujos de lavas, flujos piroclásticos, pómez, diques, brechas y escoria de composición basáltica y andesítica.
10. Cuaternario silic vulcanism. Toba Tala: Tobas de caída libre, lapilli y flujos de ceniza, y pómez de caída.
11. Vulcanismo silíceo cuaternario. Domos riolíticos y flujos de lava félsica y vidrio volcánico.
12. Depósitos aluviales.

A. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS MAYORES

A continuación se describen las unidades mayores estratigráficas (mapa 2-2):

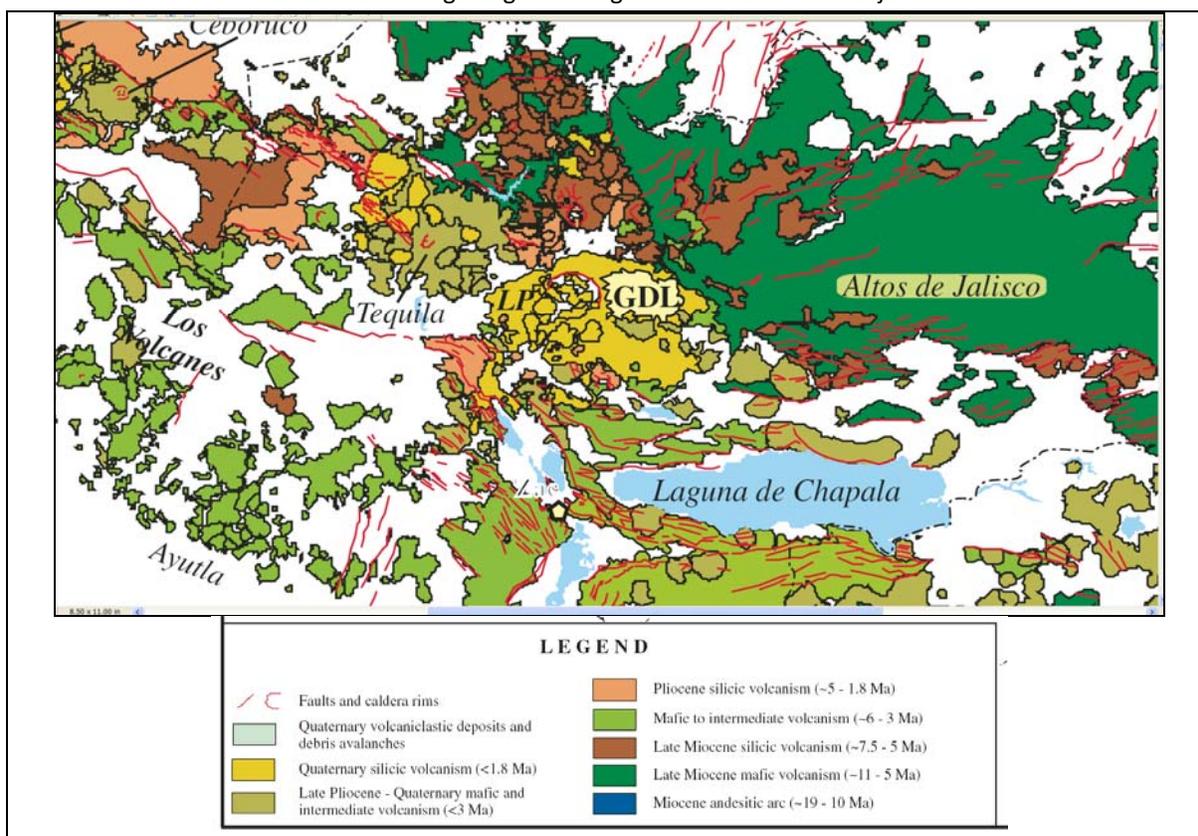
Grupo Río Santiago: El grupo Río Santiago, de acuerdo con el SIAPA (2002), es la unidad litológica de mayor espesor y extensión. Aflora a lo largo del cañón del Río Grande de Santiago y continúa hasta Los Altos de Jalisco. Está compuesta por material volcánico máfico, integrado por coladas de basalto y andesita-basáltica e intercalaciones menores de tobas poco soldadas en la base, flujos de ceniza, y *lapilli* en la cima. En este grupo están consideradas las siguientes unidades litológicas: toba San Cristóbal (10.17 M. a.), basalto San Cristóbal (11.0 a 8.5 M. a.), toba Los Caballos (~ 8.0 M. a.) y basalto Arroyo Mezcala (7.5 M. a.). Rossotti *et al.* (2002:12) documentaron las unidades y edades radiométricas (mapa 2-2).

Grupo Basalto San Cristóbal: Está compuesto por una gran cantidad de horizontes, se encuentra claramente expuesto en los bordes del cañón del Santiago. El paquete está basculado al SSE entre 50-80. La base de la secuencia muestra una

brecha autoclástica, la cual indica el alcance del derrame. Los flujos presentan una gran cantidad de fracturas y vesículas algunas llenas de calcita.

Toba San Cristóbal: Rossotti (2002) la identificó, se trata de una ignimbrita de 2 a 8 m de espesor. La datación indica una edad de aproximadamente 10.2 M. a.

Mapa 2-2
Formaciones geológico-litológicas cercanas a Guadalajara



Tomado de Gómez Tuena et al 2007.

Toba Los Caballos: Corresponde con una secuencia de piroclastos, localmente re-trabajadas en un ambiente lacustre.

Basaltos Arroyo Mezcala: Parte alta del Río Grande de Santiago, es una secuencia masiva de naturaleza basáltica, una pequeña parte se encuentra expuesta al norte de Tesistán. Su edad es de 7.5 M. a.

Grupo Guadalajara: Esta unidad ha sido definida informalmente por Rossotti et al. (2002), quienes utilizaron para agrupar un conjunto de domos y flujos que no manifiestan evidencias de mezcla de magmas, que estratigráficamente cubre la secuencia del Río Santiago, así como la Ignimbrita San Gaspar. Sus edades oscilan entre 7 y 5.5 M. a. Y el SIAPA (2002), define dos secuencias del grupo (mapa 2-2):

Grupo Guadalajara Inferior: Se trata de una serie de flujos, domos y brechas de composición riolítica, y en menor proporción ignimbrítica, que se exponen al norte de la Cuenca Volcánica de Atemajac. Tienen un rango de edad de entre los 7 a 5 M. a. que sobreyacen, en discordancia a las rocas del grupo Río Santiago, y se extienden en una superficie mayor a 750 km². Representan un volumen estimado de 212 km³ de magma y están cubiertas localmente y en discordancia por la Ignimbrita San Gaspar. Rossotti (2002) la identificó y señala que es una ignimbrita de 2 a 8 m de espesor, con una edad de aproximadamente 10.2 M. a.

Grupo Guadalajara Superior: En los estudios del SIAPA refieren que es una secuencia volcánica de ignimbrita, basalto y domos riolíticos, así como material piroclástico y *lapilli*. Esta unidad estratigráfica incluye a la Ignimbrita San Gaspar (4.71 M. a.), el basalto alcalino Guadalajara, basalto Mirador de Ixcatán (4.7 a 3.7 M. a.), Ignimbrita Guadalajara (3.44 -3.23 M. a.) y los domos riolíticos del grupo Chicharrón y Jacal de Piedra (3.07-1.39 M. a.).

Ignimbrita San Gaspar: Fue descrita originalmente por Gilbert (1985:169-191), quien reportó una edad radiométrica K/Ar de 4.71 M. a. Aflora al norte, noreste y noroeste de la cuenca de Atemajac, sobre el borde de la barranca del Santiago, la sierra de Tesistán, y Monticello. Se trata de un horizonte importante, desde el punto de vista estratigráfico. Se presenta soldada, de color gris oscuro con abundantes xenolitos algunos de hasta 20 cm de diámetro, se les conoce como

fiammes. El centro de emisión de esta ignimbrita corresponde con una de las estructuras caldéricas que se han identificado en la sierra de Tesistán (mapa 2-2).

Ignimbrita Guadalajara: También fue definida y documentada por Gilbert (1985:171-173), quien la nombró así, porque se utilizó en la construcción de edificios públicos, iglesias y viviendas del centro histórico de la ciudad. Esta unidad aflora al norte y noroeste de la ciudad, particularmente en las localidades conocidas como La Experiencia, La Mesita (Sierra de Tesistán) y Arroyo Hondo. Es una ignimbrita fuertemente soldada y devitrificada, de color café claro a gris claro, caracterizada por contener abundantes fiamme de dos composiciones distintas. Gilbert fechó los afloramientos encontrados en las localidades Río Blanco y La Experiencia, obteniendo edades radiométricas por el método K/Ar de 3.23 ± 0.08 MA y 3.44 ± 0.1 M. a., respectivamente (mapa 2-1).

Basalto Guadalajara: Conjunto de derrames de basalto de olivino color gris oscuro a rojizo, con notables megacristales de plagioclasa de hasta 3 cm de diámetro. Moore et al. (1994) lo definió por primera vez, aunque Gilbert (1985) ya había reportado una edad radiométrica K/Ar de entre 4.7 ± 0.1 y 3.7 ± 0.1 M. a. para esta misma unidad. El basalto Guadalajara cubre en discordancia a la Ignimbrita San Gaspar al norte y oriente de la ciudad y presenta intercalaciones de material volcanoclástico, así también se han identificado en la estratigrafía de los pozos del SIAPA, a una profundidad de entre 50 a 80 m al centro del Valle de Tesistán (mapa 2-2).

Conos cineríticos de lavas máficas: Esta unidad está representada por conos cineríticos y forma la Cadena Volcánica al Sur de Guadalajara (CVSG). Se compone por conos y flujos de lava, diques, brechas y escoria de composición predominantemente basáltica. Estos materiales están expuestos en una serie de estrato-volcanes que se disponen hacia la margen sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara: cerros El Gachupín, Santa María, El Cuatro, El Tapatío, Escondido,

San Martín y Papantón de Juanacatlán. Los conos presentan una dirección NO-SE desde el río Grande de Santiago (Juanacatlán) hasta el cerro El Gachupín. Esta cadena de volcanes es la frontera entre la Cuenca Volcánica de Atemajac y la Planicie de Toluquilla. El nombre del Cinturón Volcánico fue asignado por Luhr y Lazaar (1985: 691-700) como "Southern Guadalajara Volcanic Chain". No existen dataciones radiométricas de estas rocas pero, de acuerdo con Ferrari et al. (1999) y con base en observaciones estratigráficas de campo, estimó que este evento volcánico podría haber ocurrido durante el Pleistoceno, entre 1.5 a 0.5 M. a. (mapa 2-2).

Toba Tala: Este paquete está relacionado con el colapso de la caldera La Primavera. El nombre asignado es por la amplia distribución del material encontrado en las inmediaciones al poniente en el poblado de Tala. Está formada por materiales piroclásticos poco consolidados, y se encuentra en un área aproximada de 1,200 km² alrededor de la caldera de La Primavera; por tanto, cubre la mayor parte de las depresiones topográficas y valles circundantes a la sierra. Estos depósitos están compuestos por tobas de caída libre, lapilli y flujos de ceniza con abundantes fragmentos de pumicita; y en menor cantidad por vidrio volcánico (obsidiana) y fragmentos y bloques mayores de basalto, andesita y riolita. El material fue emitido durante las violentas e intermitentes actividades explosivas de la caldera La Primavera, hace aproximadamente 0.095 M. a. El paquete es de color blanco, gris y crema, dispuesto en capas bien estratificadas con algunas evidencias de estratificación cruzada. En algunos puntos la porción media del flujo se ha reportado bien soldada. El espesor de la Toba Tala generalmente es superior a 100 m en un radio de 3 a 5 km alrededor del Complejo Volcánico La Primavera; y en la zona del Valle de Tesistán se han registrado espesores que van desde los 50 a más de 150 m al centro del valle (mapa 2-2).

Depósitos aluviales: Los depósitos aluviales se han formado durante el proceso de erosión de las estructuras volcánicas circundantes a las cuencas de Atemajac

y Toluquilla. Incluyen depósitos aluviales, fluviales, residuales, proluviales, gravitatorios y lacustres. Normalmente descansan en discordancia erosiva sobre materiales de la Toba Tala, en general son de poco espesor, con excepción en la cuenca Toluquilla y la parte central de Valle de Tesistán, en donde sus espesores son mayores.

Sedimentación de tipo continental: Está formada por depósitos aluviales y fluvio-aluviales, está representada por gravas y arenas gruesas formando abanicos aluviales, piedemontes, o depósitos sobre los lechos de los cauces.

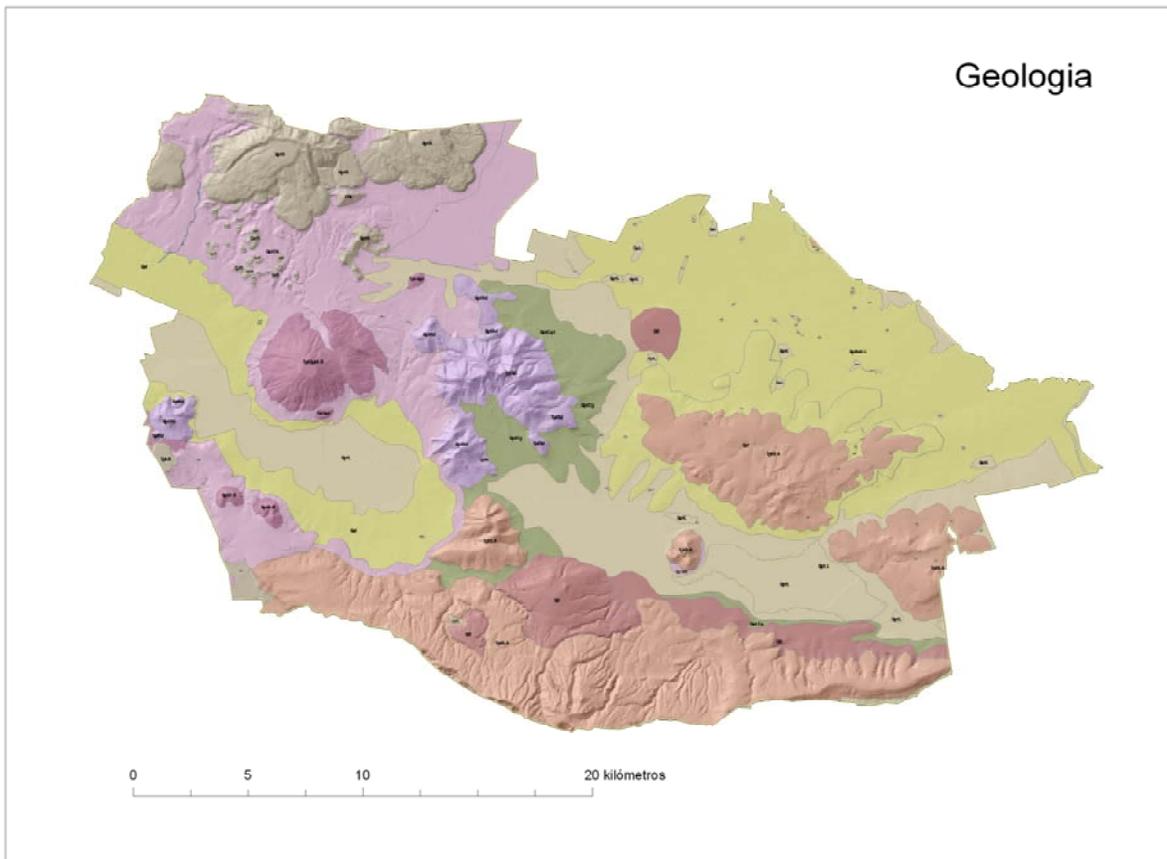
Depósitos lacustres: Son acumulaciones de material de baja energía acumulado en depresiones topográficas naturales o artificiales, y en pequeñas presas, zonas lagunares o pantanosas. En estos depósitos los procesos de sedimentación continental han propiciado la acumulación de espesores de limo-arcillas y, en proporciones menores, de arena fina.

En síntesis podemos observar una gran diversidad de productos volcánicos relacionados con distintas condiciones tectónicas, así como de la evolución de la corteza continental y la naturaleza de la placa subducida, que se han expuesto a lo largo de este apartado y que influyen en los rasgos morfogenéticos del relieve del área de estudio.

B. GEOLOGÍA DEL MUNICIPIO

Por ser un relieve en donde se alternan zonas serranas asociadas al levantamiento de grandes bloques tectónicos así como de actividad volcánica cuaternaria y procesos de acumulación lacustre y fluvial, el municipio presenta una gran diversidad de productos litológicos. Se identificaron las siguientes secuencias superficiales:

Mapa 2-3
Unidades litológicas superficiales en Tlajomulco de Zúñiga



Secuencia litológicas en zonas serranas: Las zonas serranas se han formado principalmente de actividad volcánica terciaria y Cuaternaria. La actividad volcánica terciaria es de naturaleza andesítica corresponde con las zonas serranas del Maderoño (Cerro Viejo), la secuencia riolítica terciaria forma los cerros de Las Latiillas, y alguna lomas en la zona periférica a La Primavera como son el cerro El Rincón y La Cuchilla.

Las secuencias cuaternarias corresponden son conos monogénicos tipo basáltico emplazados en la depresión de Cajititlan, en la zona del piedemonte de la sierra de La Primavera, y el borde de la depresión entre San Martín de Las Flores y Acatlan de Juárez, los domos riolíticos forman un campo volcánico que

separa la depresión de San Marcos de la planicie fluvio-lacustre de Santa Cruz de Las Flores.

La actividad volcánica riolítica reciente ha formado un conjunto de domos con diversas características, como amplias planicies de piroclastos que constituyen todo un sistema de serranías. La actividad pleistocénica ha impactado principalmente en las condiciones del ciclo de agua generando amplios sistemas de acuíferos y redes hidrográficas incipientes y poco densas.



Foto 2-1. Sierra El Madroño. Angosta y con fuertes contrastes altitudinales sitúa al Cerro Viejo como la cuarta elevación del estado.

Secuencias fluvio-lacustres: Las riolitas formando un conjunto de domos serranos los cuales constituyen la serranía de La Primavera, siendo los cerros más importantes El Tajo y Planillas, este último representa la estructura más importante de la sierra.

Secuencias que aforan en el valle de El Ahogado: El valle del ahogado por ser una zona en contacto entre vulcanismo cuaternario al oeste y proceso de sedimentación y lacustre al centro oriente. El valle presenta una gran diversidad geológica. Existe un cambio gradual en sentido oeste-esta; el valle pasa de estar constituido de material piroclástico y tobas poco consolidadas a un piedemonte volcánicos

acumulativos de tipo fluviales, y la parte más baja este material es parcialmente cubierto de una capas de arcillas heredadas a material arcillo-limosos de origen lacustre.



Foto 2-2. Ladera del Cerro El Tajo. Forma parte del sistema denominado Anillo Sur de La Primavera.



Foto 2-3. Secuencia superficial en la zona Valle del Ahogado. Se identifican los siguientes paquetes: a) Paquete de arenas y limos fluviales; b) Paquete de arcillas café oscuro.

Existe una zona que por estar en proceso de urbanización y tener registros de viviendas con serios daños, se ha detallado su geología, corresponde con las laderas del cerro Las Latillas y el Cerro de la Cruz. Geológicamente el cerro esta constituido de rocas de naturaleza riodacitica, pero en las laderas medias y bajas geológicamente son complejas se identifica una capa de arcilla, la cual cubre parcialmente una secuencia fluvial de conglomerados fluviales y brecha riolitica. Esto hace necesario el estudio detallados geotécnicos de estas unidades ya que tiene importantes implicaciones en los desarrollos urbanos.

Mapa 2-4
Acercamiento a la geología de la zona Las Latillas-Cerro de La Cruz

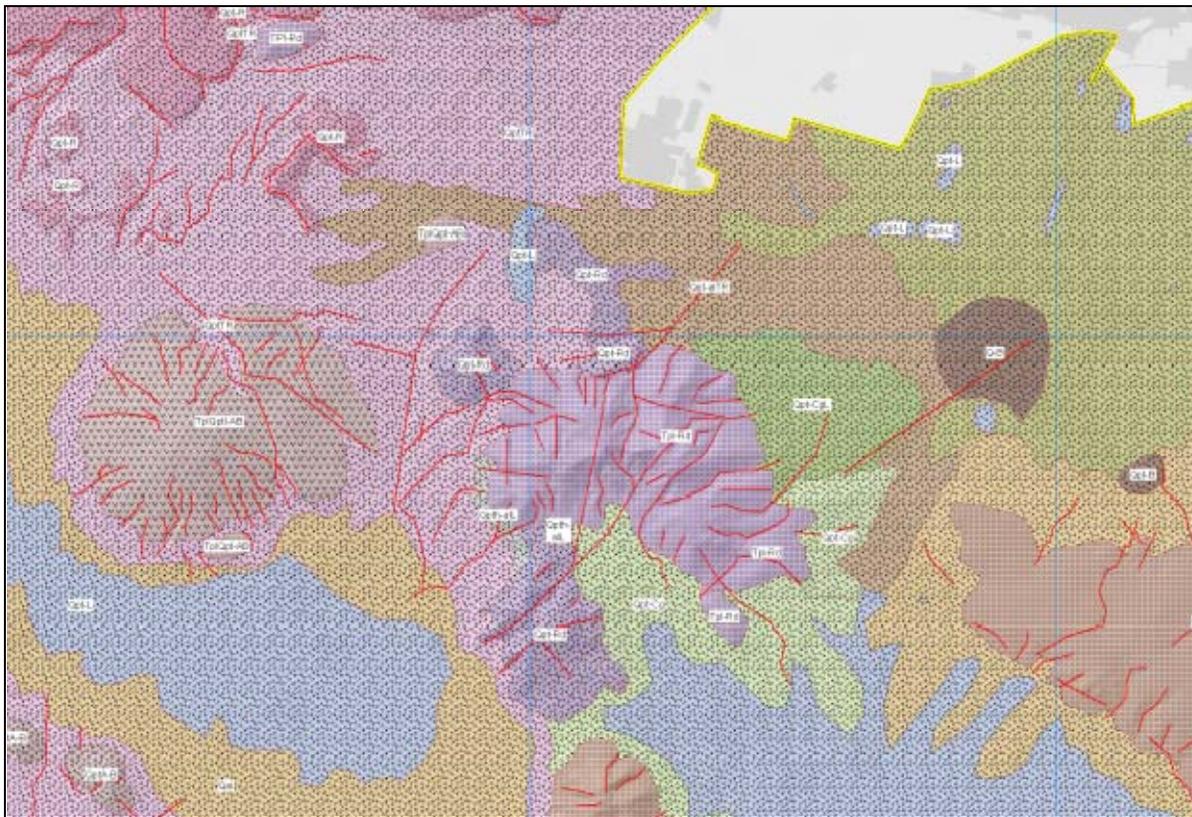




Foto 2-4. Secuencia geológica en el Valle San Isidro Mazatepec: a) Brecha volcánica basáltica (Tolotepec); b) Paleosuelo; c) Material pumicitico (Pómez de caída aérea); d) Limos y arcillas lacustres; e) Suelo.



Foto 2-5. Conglomerados fluviales cementados cubiertos por una capa de sílice de 2 cm. y una capa de limo-arcilla heredada (color oscuro) en la parte media de una ladera.



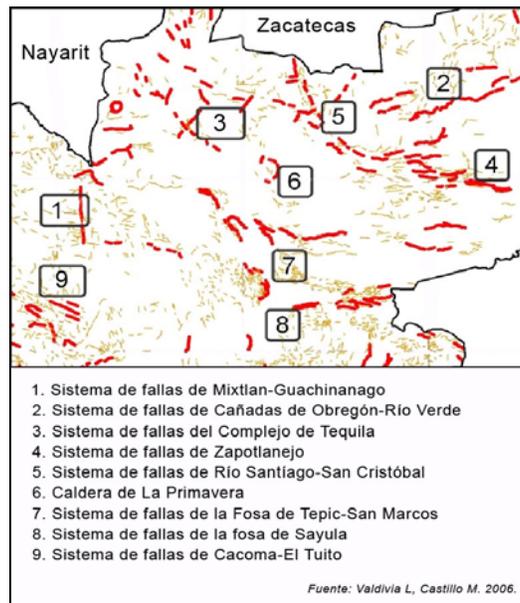
Foto 2-6. Conglomerados fluviales no consolidados cubiertos parcialmente de material limo arcilloso en Santa Fe-Lomas del Sur.

2.2.2. MORFOALINEAMIENTOS Y UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL MUNICIPIO

A. MORFOALINEAMIENTOS

En el municipio confluyen tres sistemas de fracturación tectónica que se interceptan sobre la zona serrana de Cerro Viejo (El madroño). Luhr y Carmichael (1980) denominan a este sistema: "unión triple". La primera tiene una orientación NE-SE (Fosa Tepic), mientras que otra corre en sentido E-W (Fosa Chapala-Mesas de los Altos de Jalisco). Y la última, la de menor representación, tiene una disposición N-S (Fosa Colima).

Mapa 2-5
Sistema de morfoalineamientos del centro de Jalisco

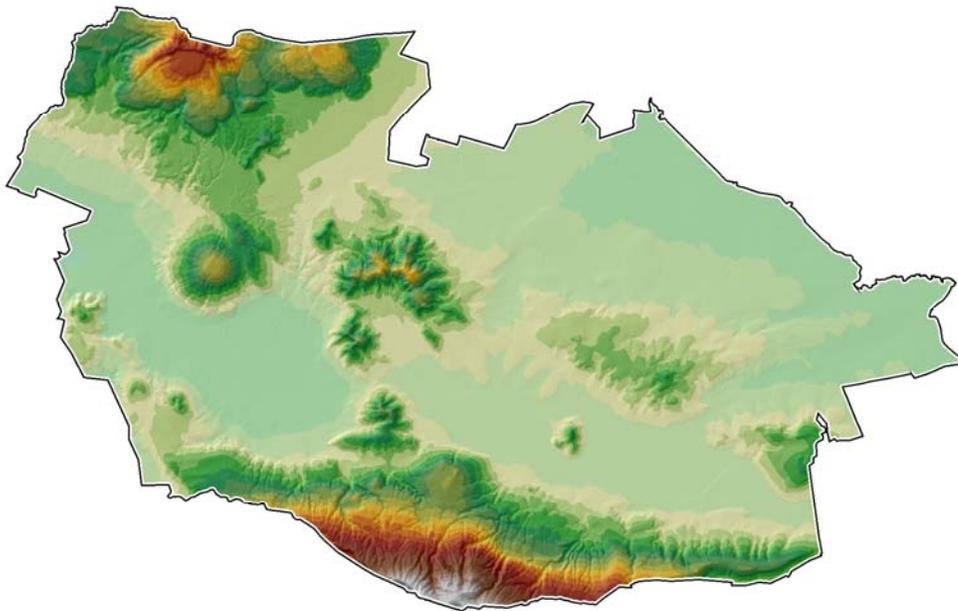


Estos sistemas de fallas están pobremente estudiados, es por ello que los datos de carácter geológico y sismológico arrojan contradicciones en la explicación de los procesos tectónicos que se están generando. Por ejemplo, y de acuerdo con Rossotti *et al.* (2002), el segmento rectilíneo que controla la disposición del Cañón del Santiago, entre Los Camachos y San Cristóbal, es sísmicamente activo, como lo prueba el sismo de San Cristóbal de la Barranca, registrado en 1875 y el sismo de 1575 de Zacoalco de Torres.

Los rasgos estructurales principales como fallas y fracturas fueron documentados a partir de de estudios anteriores y los morfolinamientos se obtuvieron gracias al trabajo que se hizo con el MDE, ello permitió encontrar las siguientes familias de alineaciones N100S, N500W, E-W y N650 E.

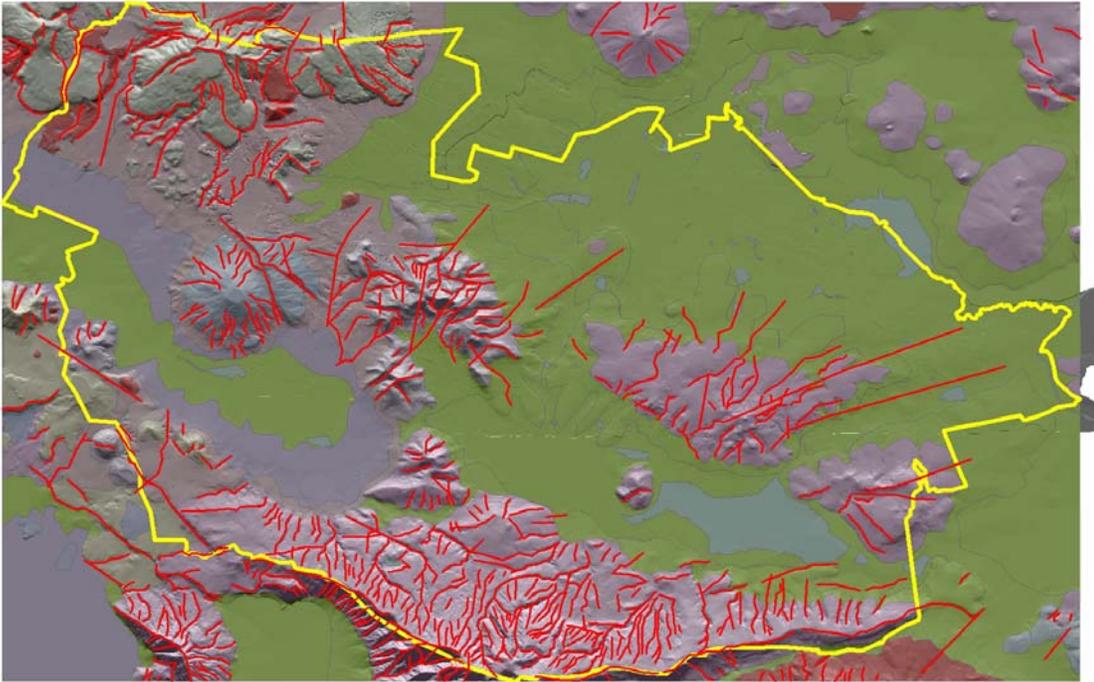
Los sistemas de fracturas N100S y N500W están orientados con las fallas de la Fosa Tepic, se encuentra al poniente de la Sierra de Tesistán. También fueron reconocidas una serie de estructuras anulares que probablemente, algunas de ellas, correspondan a calderas y domos emplazados, casi todos colapsados con excepción del Cerro La Col.

Mapa 2-6
Hipsometría del modelo digital de elevación para Tlajomulco de Zúñiga



Grandes rasgos estructurales: los colores claros (fríos) corresponden con las zonas bajas como depresores tectónicas, los colores calidos se distinguen las grandes elevaciones, particularmente Cerro Viejo y La Primavera.

Mapa 2-7
Patrón de alineamientos de fracturas en Tlajomulco de Zúñiga



El sistema principal está dispuesto en sentido NE-SO, afecta al cerro Sacramento y Las Latillas, así como la ladera de la sierra El madroño, el segundo sistema en importancia ya que controlando la disposición de los conos volcánicos y la actividad volcánica de sobre la ladera de la sierra El madroño.

A continuación se describen los sistemas principales de morfolineamientos identificados:

Lineamiento de Ahuiculco-Villa Corona: Corresponde con el sistema de fallas que pertenecen a la Fosa Chapala. Es uno de los sistemas de falla maestra que definen una frontera tectónica de primera importancia en el occidente del país.

Sistema de falla de Chapala: Éste presenta una disposición E-O, ha generado grandes movimientos de la corteza, y por lo tanto fuertes desniveles topográficos, constituye una serie de grabens y bloques levantados, mismos que conforman serranía muy escapada con fuertes contrastes altitudinales.

Sistema San Marcos: Forma parte del patrón regional de Tepic, la influencia de estas estructuras tectónicas en el paisaje es de gran importancia, ya que controla la presencia de sierras con fuertes contrastes altitudinales.

Sistema La Primavera: Sus principales rasgos se asocian con estructuras de carácter anular (caldera), en donde se emplazan un conjunto de domos.

Sistema de fallas de La Sierra El Madroño: e marcan los tres sistemas principales que existen en la zona, así como un rasgo de tipo anular, el cual puede estar asociado a un cuerpo volcánico o a una estructura calderica.

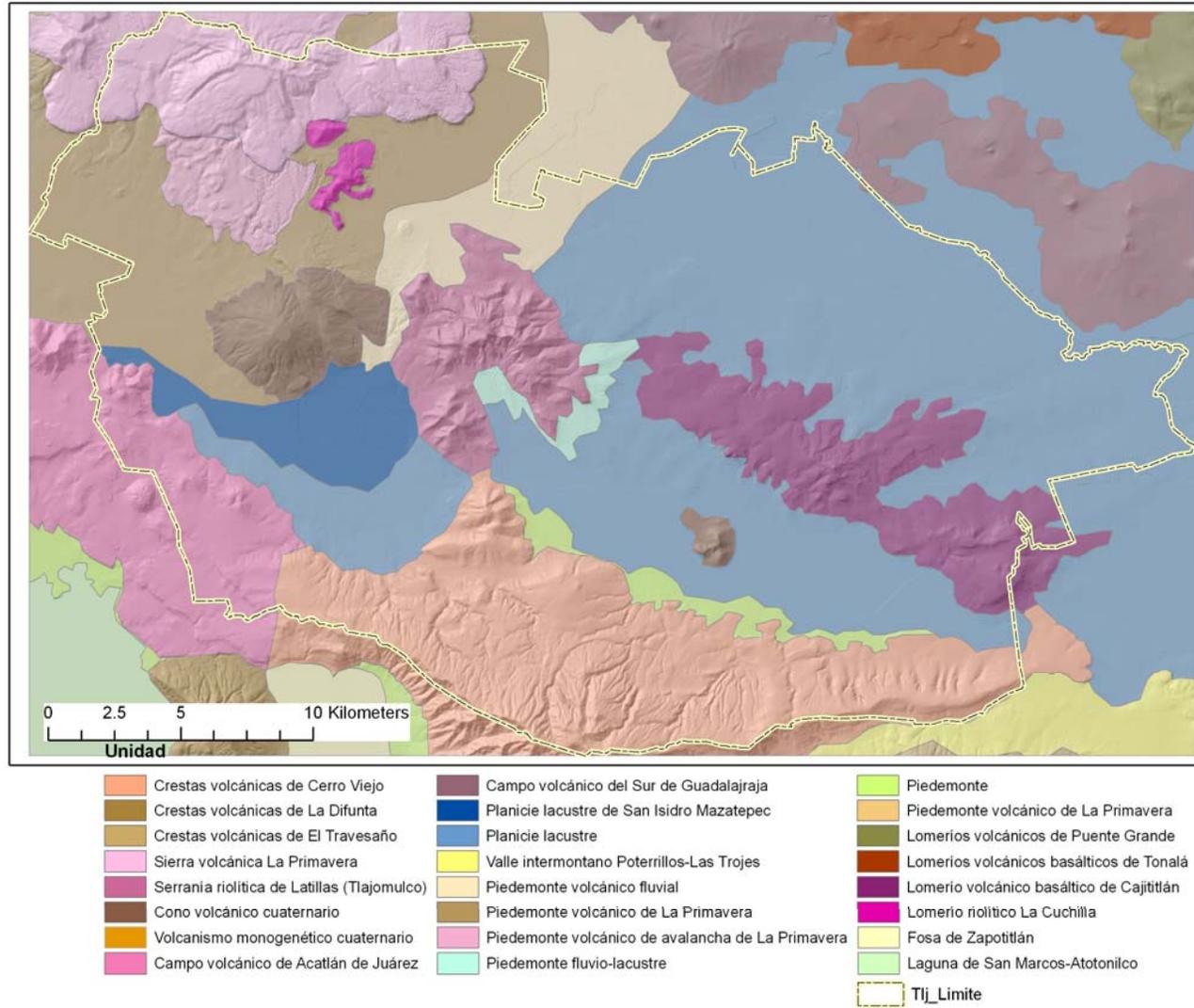
Sistema de fallamiento de Toltepec: Por la secuencia geológica que afecta se reconoce como una de las más jóvenes para la zona de estudio, corta completamente el cuerpo volcánico del cerro.

Sistema de fallas de Las Latillas: Sobre estas estructura riodacítica se identifican una gran cantidad de linamientos siendo los principales NO-SE y NE-SO, forma una serie de rasgos de tipo romboidal.

B. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL MUNICIPIO

Los estudios de regionalización geomorfológica elaborados por Valdivia y Castillo (2001), brindan la posibilidad de contar con un marco de referencia sobre el modelado de las unidades primarias del relieve para el municipio. Los autores referidos elaboraron una tipología de las regiones geomorfológicas, para plantear una aproximación que en el nivel taxonómico de las regiones y subregiones se aplique al municipio. Está tipología toma los criterios propuestos por Lugo Hupb (1992a) aplicados para la regionalización de la República Mexicana. Tal autor elige las categorías de provincia, subprovincia, región y subregión.

Mapa 2-8. Unidades geomorfológicas en Tlajomlco de Zúñiga.



Para el área de estudio se manejó la escala de subregión. Los criterios para delimitar las unidades fueron: litológico, altitudinal y morfo-edafológico. A continuación se describen las unidades a partir de los estudios de Valdivia y Castillo 2002:

Serranía Volcánica de La Primavera: Es una sierra extensa, compuesta por una serie de lomeríos, barrancas y planicies montañosas.

Serranía volcánica de Las Vigas El Tecuán: Forma el límite norte de la Fosa de Chapala, es una sierra con fuertes contrastes altitudinales y pendientes inclinadas.

Piedemonte volcánico de la Sierra de La Primavera: Unidad extensa, que se prolonga en dirección oeste hacia San Isidro Mazatepec. Está constituida por una secuencia de material pumicítico que han sido erosionada parcialmente por la red de drenaje proveniente de La Primavera.

Depresión Tectónica de Villa Corona: Forma parte del rift denominado Tepic-Zacoalco.

Valle Fluvio Lacustre de San Isidro: Representa una estructura tipo rift en donde se han emplazado procesos fluvio-lacustres.

Cerro Riolicos Las Latillas: Corresponde con una estructura que es delimitada por una serie de lomeríos: es un cuerpo complejo afectado por un conjunto de fallas que han ocasionado su segmentación. Presenta fuertes pendientes y un conjunto de pequeñas cimas.

Cerro El Madroño: Representa una de las estructuras más importantes de la zona de estudio, es un bloque volcánico afallado levantado diferencialmente y bascu-

lado al norte, por lo que, la cara que da al sur es la que presenta los mayores desniveles por erosión. La cara norte registra una menor pendiente, pero es muy dilatada, formándose una serie de importantes microcuencas las que han labrado profundas barrancas.

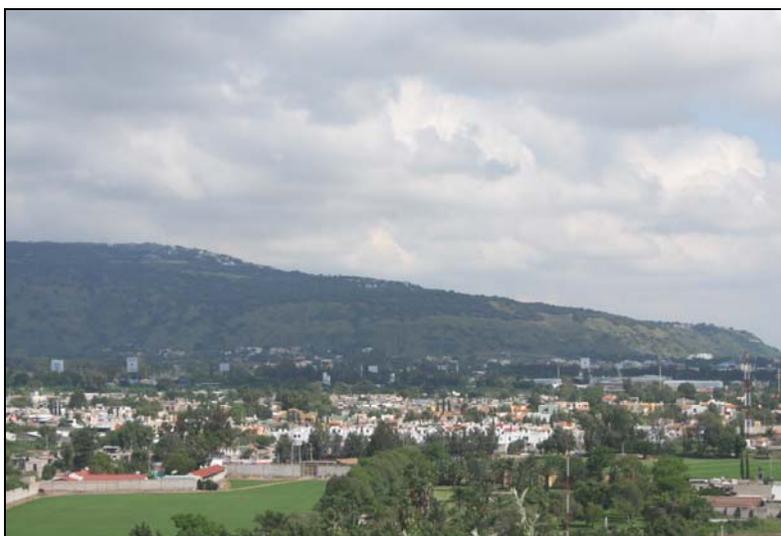


Foto 2-7. Urbanización al margen de la Sierra de La Primavera.

Campo Volcánico de Acatlán de Juárez: Corresponde con un conjunto de formas volcánicas diversas; emplazadas en la margen izquierda del sistema de fallas que limita el Graben de Tepic-San Marcos. La tipología de formas van desde lomeríos compuestos por flujos de ignimbritas, conos monogenéticos y de tefra, hasta domos y coladas riolíticas. Algunas formas están parcialmente desmanteladas por procesos erosivos o actividad volcánica secundaria.

Depresión Tectónica de Zapotitlán: Corresponde con el tren estructural del Graben de Tepic San Marcos. Representa una fosa rellena de materiales lacustres y volcánicos. Se conecta parcialmente con la cuenca de San Marcos mediante el cauce denominado El Molino.

Depresión Tectónica de Cajititlán: Forma parte del sistema de fallas de La Fosa de Tepic, representa una de las zonas con fuerte actividad volcánica y tectónica, existen registros de manifestaciones termales importantes.



Foto 2-8. Depresión tectónica de Cajititlan emplazada por el vulcanismo.



Foto 2-9. Fosa de Chapala vista desde las márgenes las sierras volcánicas.

Llanos Fluvio-Lacustres del Santiago: Son llanos formados entre las estructuras serranas que bordean Chapala y los Altos de Jalisco. Corresponde con sedimentos fluvio-lacustres, cuyos espesores pueden alcanzar los 300 m.

Cerros Volcánicos Monogenéticos Basálticos: De esta tipología de paisajes se encuentran pocas estructuras en la región, los principales son “El Cerro Cuexcomatlán, y otros lomas.

Planicie Compleja de Toluquilla: Esta unidad representa una de las de mayor superficie en la zona de estudio, es una unidad que bordea la Sierra de La Primavera, y termina en el cauce del Río Grande de Santiago. Al norte se separa del Valle de Atemajac por el Cordón Volcánico del Sur de Guadalajara, mientras que al sur por los lomeríos de Las Latillas y las lomas que limitan a la cuenca endorreica de Cajititlán. Esta dividida en tres secciones la parte poniente presenta rasgos de naturaleza volcánica pumítica, debido a la actividad de los domos El Tajo y Las Planillas, en la parte media se intercala secuencia volcánicas con lentes de material fluvial, y en la parte baja se intercalan sedimentos fluviales y materiales limo arcillosos.



Foto 2-10. Cerro Las Latillas.

Cerro Las Latillas: Esta unidad corresponde con lomas erosionadas asociadas con estructuras riolíticas que geológicamente pertenecen a la parte final de la Sierra Madre Occidental..

2.3. HIDROLOGÍA

La zona de estudio de acuerdo con los criterios de regionalización de CNA, forma parte de la región hidrológica del Lerma, este sistema nace en las inmediaciones de Almoloya Estado de México. La cuenca abarca parcialmente los Estados de México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato y Jalisco y Nayarit, incluye las cuencas cerradas de Pátzcuaro, Cuitzeo, Sayula y San Marcos. Con una extensión de 132, 724 km² representa el 7% del Territorio Nacional.

La subregion a las que pertenece el municipio son El Bajo Lerma Rh 12e y la subregion hidrológica de lago de Chapala Rh 12. A partir del proceso de identificación de las condiciones hidrográficas hidrológicas y urbanas tenemos que se ha regionalizado el municipio en las siguientes unidades hidrológicas-urbanas:

RH 12 C: Microcuencas del Toluquilla-El Ahogado y Microcuencas de Tlajomulco-Cajititlan.

RH 12 D: Microcuencas del Valle de Santa Cruz-San Isidro Mazatepec

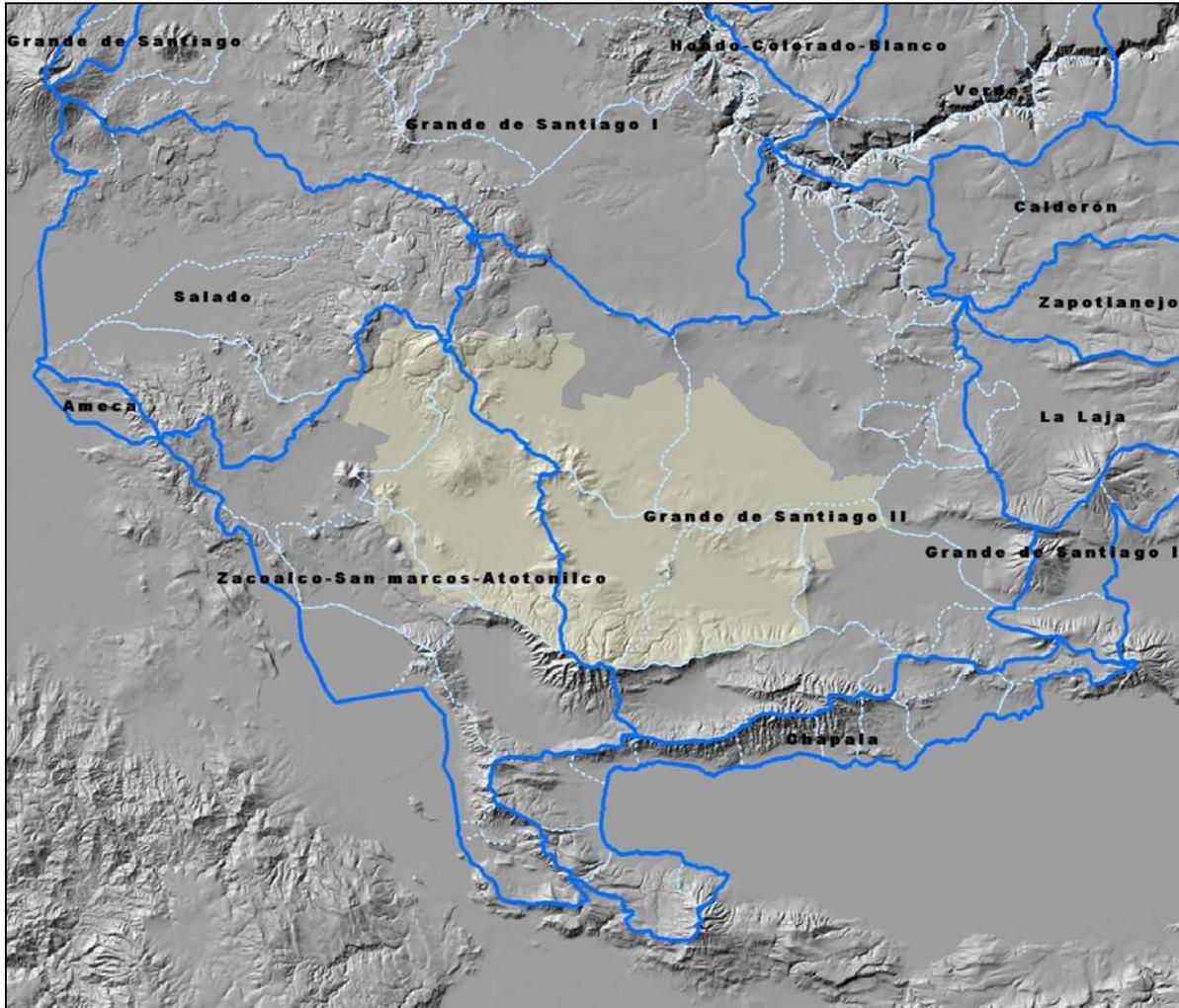
2.3.1. SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS EN EL MUNICIPIO

La regionalización hidrográfica distinguen las siguientes subcuencas:

Subcuenca de Canal de Las Pintas-Aeropuerto: Corresponde con un sistema de canales y vallados que organiza el agua. Por ser una zona baja presentaba problemas naturales de desagüe principalmente en las inmediaciones del aeropuerto, formándose cuerpos de agua efímeros y semipermanente poco profundos y amplios, a manera de zonas cenagosas y pantanosas. La actividad agrícola re-

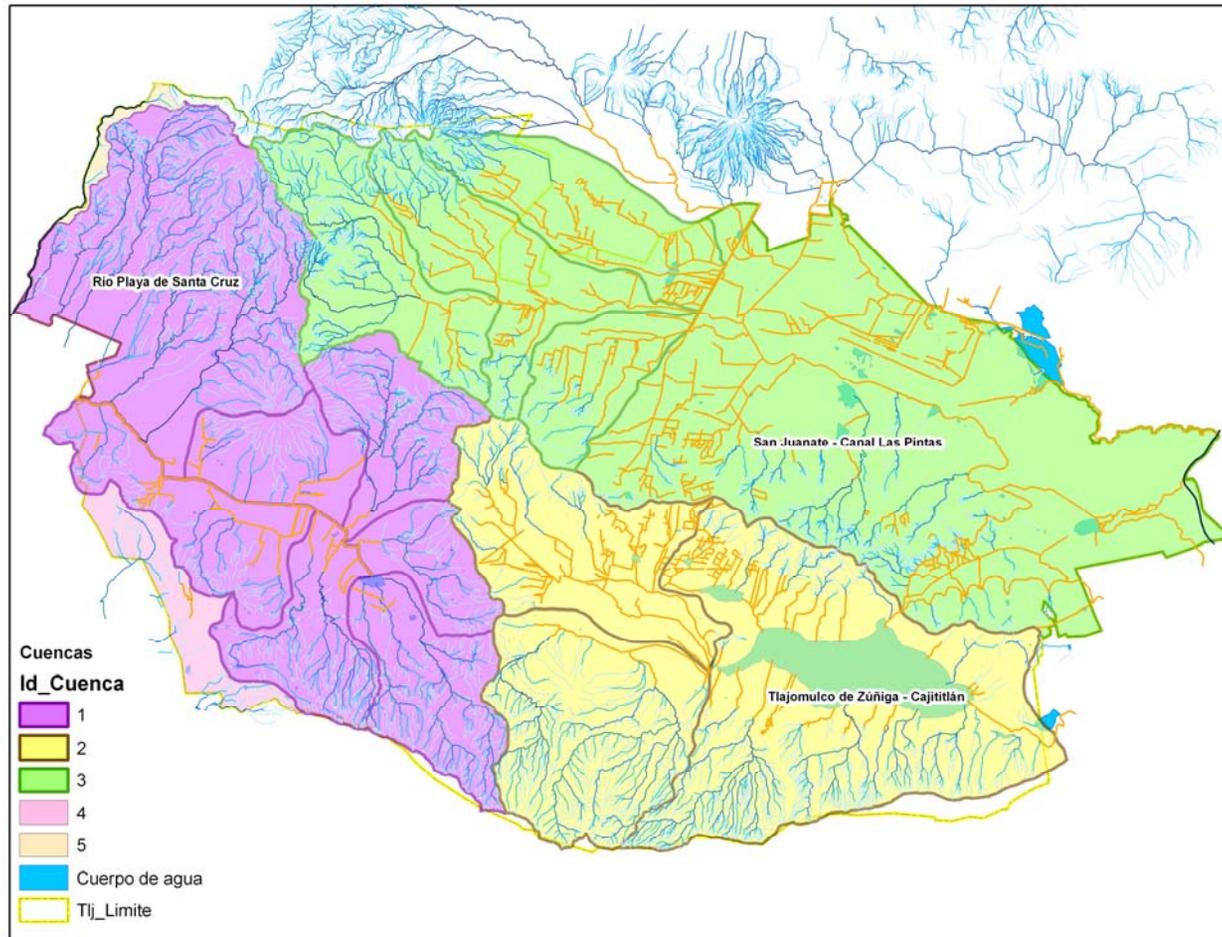
configuro todo el comportamiento superficial del agua siendo el canal de Las Pintas el único colector del agua que envía el agua hacia la zona del Ahogado.

Mapa 2-9
Principales cuencas hidrológicas en Tlajomulco de Zúñiga



En café claro la superficie del municipio y en azul los trazos de las subcuencas de la CNA.

Mapa 2-10. Subcuencas hidrológicas en Tlajomlco de Zúñiga.



Subcuenca Tlajomulco- Cajititlan: Representa una cuenca cerrada de naturaleza endorreica, en el sector oriente se ha formado un cuerpo de agua permanente se denomina Laguna de Cajititlan. Existe una comunicaron artificial con la mirocuenca denominada Arroyo Los Sabinos mediante el canal de Cedros, proviene del valle intermontano de Potrerillos.

Subcuenca Playas de Santa Cruz: Se forma sobre las laderas de los cerros de Tolutepec, El Patomo, La Cruz, y la sierra de La Primavera (Las Planillas y San Gregorio), forma una planicie amplia en la parte baja del valle, generando extensas zonas de inundación, se comunica con el sistema de Cuenca del Río Ameca.

Existen una zona al surponiente del municipio que forma parte de la subcuenca endorreica de San Marcos-Zacoalco, la red se forma sobre la laderas sur de los conos volcánicos de campo de Acatlan.

2.3.2. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El territorio municipal de Tlajomulco de Zúñiga, presenta características físicas particulares en cuanto a la presencia y disponibilidad de recursos hídricos, ya que sus constitución geológica y sus características topográficas y morfológicas, por un lado no permiten la presencia de escurrimientos perenes y por otro, los procesos de formación han favorecido la existencia de áreas con materiales permeables (toba, jal y arenas), que constituye unidades geohidrológicas, siendo estas la principal vía de recarga de varios acuíferos que inciden en la región donde se enclava.

Desde esta perspectiva, la mayor parte del territorio está constituido por valles y planicies que comparten un mismo origen junto con las estructuras y aparatos volcánicos que inciden en dicho espacio y las escasa manifestaciones de cuerpos de aguas superficiales (arroyos), en la actualidad se han convertido en drenajes a cielo abierto que conducen las aguas residuales de poblaciones y

núcleos habitacionales, estos últimos que de manera desordenada han proliferado en el municipio en los últimos 20 años.

Situación similar presentan las aguas subterráneas, los principales acuíferos ubicados en su jurisdicción (Toluquilla y Cajititlán) se encuentran sobreexplotados y las áreas de cultivo que hasta hace escasos 20 años existían en el municipio y que contribuían a su recarga han cedido su territorio a la construcción de nuevos fraccionamientos.

En este sentido, el balance entre los aportes (infiltración) y los aprovechamientos (extracciones) ha cambiado de manera drástica, siendo la demanda cada vez más alta y menor la recarga, ocasionando el abatimiento de los niveles estáticos y dinámicos de los referidos acuíferos.

De igual forma, el incremento la extracción de volúmenes de agua para satisfacer la demanda para uso urbano, implica una mayor generación de aguas residuales y pese a que se cuenta con alguna infraestructura e instalaciones para su tratamiento, esta es insuficiente y en la mayoría de los casos su capacidad ha sido rebasada además de que las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) que se encuentran en funcionamiento son operadas de manera deficiente.

A. AGUAS SUPERFICIALES

Considerando la clasificación establecida por la desaparecida Secretaria de Recursos Hidráulicos en la década de 1970, mediante la cual se dividió al territorio nacional en unidades hidrográficas (cuencas), agrupadas en grandes regiones y que actualmente diversas dependencias (INEGI, INE, CNA) han asumido como base para la propuesta de una nueva división (aún en proceso de validación), el territorio municipal de Tlajomulco de Zúñiga, se enclava dentro de la Región Hidrológica número 12 (RH12), denominada Lerma-Santiago, específicamente dentro de la cuenca E (Río Santiago-Guadalajara), siendo dividido por dos subcuencas: Corona-Río Verde (b) y Río Verde-Presa Santa Rosa (c) (INEGI, 2000 a).

Estas últimas unidades (subcuencas), se subdividen a su vez en áreas mas pequeñas denominadas microcuencas, que corresponden a áreas específicas para cada uno de los escurrimientos superficiales identificados antes de converger en un colector principal o cuerpo de agua.

Principales escurrimientos

Dado su origen geológico y sus actuales características topográficas y morfológicas como ya se ha hecho referencia, el territorio municipal de Tlajomulco de Zúñiga carece de condiciones naturales que favorezcan la presencia de escurrimientos perenes (ríos o arroyos), en consecuencia, la presencia de estructuras geológicas de origen volcánico como la sierra La Primavera al noroeste o el cordón montañoso que lo limita al sur, así como diversos aparatos volcánicos diseminados por el territorio municipal (cerros Totoltepec, Latillas, etc.) dan origen a escurrimientos temporales que fluyen por gravedad hacia la base de dichas estructuras, desapareciendo por efecto de la infiltración al entrar en contacto con los valles y planicies que los rodean, mismos que constituyen depósitos aluviales y de materiales piroclásticos de caída libre que subyacen sobre paquetes de derrames lávicos producto de la intensa actividad volcánica suscitada durante el cuaternario en la región, aportados en su mayoría por el colapso de una caldera volcánica que dio origen a las estructuras cerriles de La Primavera.

En este sentido, los principales escurrimientos son de origen temporal ya que solo se manifiestan durante el periodo de lluvias (que en la región es de junio a septiembre), como consecuencia de escorrentías sobre las estructuras y laderas constituidas por estratos someros de unidades edafológicas poco desarrolladas con grosores máximos de 30 centímetros, las cuales una vez saturadas permiten el flujo por gravedad hacia las partes bajas que en algunos casos abastecen cuerpos de agua.

Los escurrimientos referidos se agrupan como ya se indico, en unidades denominadas microcuencas, ya que estas se integran a unidades mayores como las

Cuencas de El Ahogado y Cajititlán, que convergen en el territorio municipal. En el mapa 2-11 se representa el territorio municipal dividido en 15 microcuencas, de las cuales 11 se encuentran de manera íntegra dentro del municipio, mientras que las 4 restantes comparten su área imbrífera con los municipios colindantes de Zapopan, Tlaquepaque, Ixtlahuacán de los Membrillos y Acatlán de Juárez.

La mayor parte de escurrimientos que se generan, se presentan en la parte sur del territorio como los arroyos: La Tamina, Grande de San Lucas, Colorado, Las Cruces y Ojo de Venado, pertenecientes a las microcuencas directas que aportan sus caudales a la Laguna de Cajititlán, otros como: El Monte, El Tecolote, Hondo, El Membrileño, Los Zapotes y Hondo, fluyen del sur hacia en noroeste donde son captados por cuerpos de agua temporales como: Mesa del Tepehuaje, San Cayetano y la Presa de Santa Cruz, este último, también recibe aportaciones de escurrimientos originados en la parte sureste de La Primavera y de estructuras aisladas como el cerro Totoltepec, siendo los más importantes: El Tecolote, Zarco y Hondo.

Cuadro 2-6
Superficies de las principales microcuencas en Tlajomulco de Zúñiga

Microcuenca	Superficie (Km ²)
Los Zapotes - El monte	28.08
Agua caliente - El nopal	88.58
Al conejo – Cofradía	29.09
Totoltepec - Santa Cruz	19.93
El Arenal – Zarco	25.81
La Cruz – Patomo	14.85
La culebra – Colorado	39.58
Canal Las Pintas – Aeropuerto	195.43
Los sauces – Juanate	52.03
Tlajomulco de Zúñiga	46.79
Grande San Lucas - La Tamina	111.48
Aan Miguel del Valle	20.36
Arroyo Seco - San Juanate	35.97
La Calerilla	32.71
Los Venados - El Membrileño	24.16

Fuente: Elaboración propia a partir de la cuantificación de los polígonos definidos por los parteaguas de cada una de las microcuencas.

Una estructura importante que contribuye a la generación de escorrentías es sin duda La Primavera, localizada en la porción noroeste del municipio, aporta flujos y escorrentías hacia la sección oeste del Valle de Toluquilla que forma parte de su territorio, siendo estos: La Culebra, Los Gavilanes, San Juanate y Colorado.

Otra sección de La Primavera genera escorrentías que van hacia la zona de San Isidro Mazatepec, donde se identifica el arroyo La Villita cuyo cauce principal representa el límite municipal con Tala, además de los denominados El Agua Caliente, El Pachón, El Nopal y El Salvial, mismos que desaparecen al entrar en contacto con áreas planas debido a la presencia de depósitos aluviales compuestos por materiales geológicos de arrastre como arena de río y granzón, los cuales son explotados en dicha sección del territorio municipal. Otros arroyos como El Saucillo y Los Malvastes originados en el Cerro Totoltepec, fluyen hacia esta misma sección, desapareciendo por el mismo mecanismo.

Existen además un número importante de escurrimientos que se originan en lomeríos dispersos sobre el resto del territorio, identificándose algunos como: Presa Reventada o El Capulín, enclavados en la cuenca de la presa El Ahogado y otros mas sin nombre que son captados en pequeños bordos diseminados por el municipio o que descargan a alguno de los cuerpos de agua ya referidos.

En base al agrupamiento y cuantificación de la red hidrográfica del municipio se elaboro el cuadro 2-6 en el que se indica la superficie de cada microcuenca.

B. CUERPOS DE AGUAS NATURALES

Los cuerpos de agua están constituidos por reservorios naturales y artificiales en los que se almacena de manera temporal o permanente agua derivada de escurrimientos superficiales, que se destina posteriormente a diversos usos considerando su calidad.

La exposición a factores ambientales hace que definitivamente su uso directo para consumo humano este restringido, sin embargo, las actividades agropecuarias mediante sistemas de riego por gravedad se ven favorecidas por la disponibilidad de este recurso en áreas próximas o lejanas donde estas se desarrollan.

Dentro del municipio, solo se identifica un cuerpo de agua de origen natural:

La Laguna de Cajititlán

Desde el punto de vista hidrológico, el municipio es privilegiado al contar con el segundo embalse natural más importante del estado de Jalisco: la Laguna de Cajititlán (foto 2-11), el cual tiene una longitud de 7.5 km, un ancho promedio de 2.0 km y una profundidad media de 2.5 m, su capacidad de almacenamiento estimada es de 54. 400 millones de metros cúbicos (CONAGUA, 2007), en un área de embalse de 1700 hectareas, a una altitud media de 1551 msnm. y se encuentra en su totalidad dentro del territorio municipal.

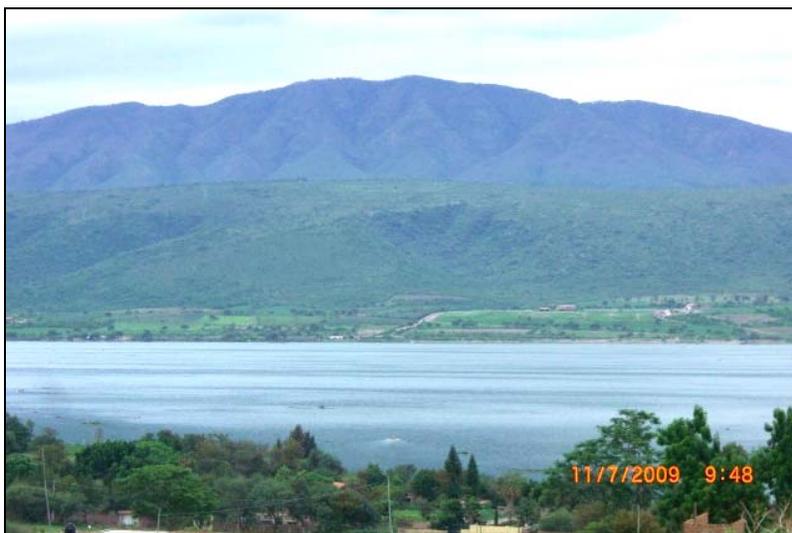


Foto 2-11. Laguna de Cajititlán vista desde la población del mismo nombre. Al fondo se aprecia una de las estructuras pertenecientes a la sierra El Madroño.

Constituye el cuerpo receptor de la mayoría de los escurrimientos generados en la vertiente norte del cordón montañoso identificado como la Sierra “El Madroño”, además de múltiples escurrimientos temporales que se originan en la zona norte de la laguna donde predominan tofoformas de pendientes onduladas y suaves además de algunas estructuras de poca elevación como el cerro La Cruz en cuyas laderas se asienta la localidad de Cuexcomatitlán, los cuales inciden de manera natural hacia este cuerpo receptor.

En su cuenca directa se asientan entre otras, dos de las principales localidades del municipio: Cajititlán y San Miguel Cuyutlán, además de la ya referida Cuexcomatitlán, San Lucas Evangelista y San Juan Evangelista (foto 2-12), así como algunos fraccionamientos adyacentes a la ribera norte (Los Reyes y Las Gaviotas).



Foto 2-12. Imagen satelital de la Laguna de Cajititlán y sus localidades ribereñas.

Para los habitantes del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, este embalse natural, además de su importancia como recurso, representa parte de su cultura y un símbolo de identidad ya que año con año en la localidad de Cajititlán se celebran las fiestas patronales en honor a los Santos Reyes o Reyes Magos, siendo parte importante de la celebración un recorrido en lancha por la laguna con las figuras de estos personajes venerados en la religión católica (foto 2-13).

Dicha tradición, ha prevalecido a través del tiempo desde la fundación de dicha localidad en el año de 1532 hasta la actualidad, así mismo, la laguna representa una potencial fuente de ingresos para las poblaciones ribereñas, ya que de ella depende además del turismo y la recreación, la actividad pesquera que agrupa a 4 organizaciones que suman en total 250 familias, las cuales cuentan con 121 embarcaciones, desarrollando esta actividad en un área de 218 kilómetros cuadrados de agua y 190 kilómetros secos que forman parte del vaso lacustre a los que se suman 300 hectáreas de riego que requieren de 18 metros cúbicos para riego agrícola (2006), motivo por el cual los habitantes de estas localidades han exigido a las autoridades el saneamiento de las aguas que ingresan a dicho cuerpo y una administración racional para asegurar su sobrevivencia.



Foto 2-13. Tradicional celebración del día 6 de enero en la que asisten miles de feligreses del municipio y de la región central del estado. Participan en el tradicional paseo en lancha de las figuras de los Santos Reyes o Reyes Magos.

Problemática de la Laguna de Cajititlán

La laguna de Cajititlán como cualquier cuerpo de agua superficial se encuentra expuesta a varios factores de riesgo que afectan el volumen y la calidad de sus aguas y que de no considerarse en los esquemas de planeación, se corre el riesgo de convertirlo en un foco de contaminación.

Variabilidad en los niveles del embalse

Históricamente, la laguna de Cajititlán ha manifestado situaciones de crisis en las cuales ha llegado al extremo de secarse, lo cual se asocia a condiciones climáticas en las que sobresale la escasez de lluvias de temporal, ya que la principal aportación de agua hacia este cuerpo receptor se deriva de los escurrimientos laminares generados en su cuenca directa, principalmente a partir en las estructuras volcánicas de la sierra “El Madroño”, localizadas al sur del embalse, así como de la incidencia de altas temperaturas que aceleran la evaporación conforme baja su nivel.

En este sentido, se tienen registros de que la laguna de Cajititlán ha pasado por estas crisis en tres ocasiones: La primera, según consta en documentos históricos se manifestó en 1736, año en que se acumularon varios temporales escasos de precipitación, originando que el vaso lacustre se secase completamente.

La segunda ocasión fue en épocas más recientes, cuando en 1950, el lago volvió a quedar completamente seco y la tercera fue en 2001, año en que también se quedó vacía (El Informador, 23/10/2001).

Sin embargo, no solo este riesgo natural hace peligrar la existencia del embalse, ya que a la escasez de líquido, también se han sumado recientemente los impactos derivados de la contaminación aportada por las descargas de aguas residuales de tipo urbano que sin tratamiento alguno van a parar directamente a este cuerpo de agua, situación que se agrava debido a la carencia de una salida

natural que permita un flujo constante, afectando seriamente la vida acuática, a la biodiversidad en general y la salud de la población que habita en localidades ribereñas de este importante ecosistema.

C. CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES

Diseminados en el territorio municipal, existen una serie de pequeños embalses construidos para almacenar agua de lluvia, hidrológicamente, se pueden clasificar de acuerdo a su tamaño o capacidad, así como al tipo de materiales con que fueron construidos y para el aprovechamiento a que son destinados, identificándose de esta manera algunas presas, bordos y canales, la mayoría de los cuales se encuentran en riesgo de desaparecer o dejar de funcionar por efectos de la urbanización y la contaminación.

Actualmente se tienen identificados dentro del polígono municipal un total de 385 cuerpos de agua (sin considerar la laguna de Cajititlán) que cubren una superficie total de 683.76 hectáreas, el cuadro 2-7 muestra su clasificación considerando su dimensión y la superficie total por rango.

Cuadro 2-7
Superficies de los principales embalses en Tlajomulco de Zúñiga

No. de Embalses	Rango	Superficie (Has)
333	> 1 Ha.	54.64
27	De 1 a 2 Ha.	36.83
25	< 2 Ha.	592.28
385		683.76

Fuente: Elaboración propia a partir de la delimitación de embalses manifestados en cartas topográficas e imágenes satelitales.

Los que tienen mayor riesgo de desaparecer son los de dimensiones pequeñas (>de 1 Ha.), ya que algunos prácticamente ha sido alcanzados por la mancha urbana, y otros se encuentran en los límites.

Presas

Dentro del territorio municipal se localizan algunas obras de aprovechamiento de las aguas superficiales clasificadas como Presas (foto 2-14), mismas que cuentan con diferentes capacidades de almacenamiento, las cuales son abastecidas gracias a la captación de escurrimientos temporales y excedentes pluviales que se manifiestan en sus diferentes áreas receptoras.

Algunos de estos embalses, principalmente los que se localizan dentro de propiedades privadas (foto 2-15), se han mantenido en operación gracias al mantenimiento (desasolve y desvío de aguas contaminadas) que se les da, mientras que otros han sido afectados por el crecimiento urbano, la contaminación y la modificación del patrón hídrico en las microcuencas donde se enclavan, perdiéndose de manera irreversible, reduciendo aun más los recursos hídricos del municipio y desaprovechando las precipitaciones pluviales, que ahora son canalizadas hacia el sistema de drenaje.



Foto 2-14. Fotografía aérea mostrando dos de los principales cuerpos de agua del municipio situados al sur del Aeropuerto Internacional "Miguel Hidalgo".



Foto 2-15. Cuerpo de agua La Providencia, uno de los pocos embalses del municipio no afectados por la contaminación y que aún es aprovechado para la actividad pecuaria.

Cuadro 2-8
Situación y superficies de los principales embalses en Tlajomulco de Zúñiga

Nombre del embalse	Superficie (Has)	Estado actual
Playa de Santa Cruz	418.49	Desaparecido
La Arena	20.28	Desaparecido
El Ahogado	638.63	En operación
El Maleno (Magdalena)	42.20	En operación
La Providencia	19.87	En operación
El Guayabo	25.05	Desaparecido
El Cuervo	63.15	En operación
El Molino	29.38	Desaparecido
Cruz Blanca	59.39	En operación
Superficie Inicial	1 316.44	---
Superficie Perdida	493.20	---
Superficie Actual	823.24	---

Fuente: Elaboración propia en base a la delimitación del perímetro y cuantificación de la superficie inundable de los diferentes cuerpos de agua reportados en cartografía de los años 1970, contrastados con imagen satelital Google Earth© 2009.

El resultado de esta dinámica se refleja en el cuadro 2-8, donde se observa que algunos de los principales embalses que se construyeron en décadas pasadas han desaparecido completamente, mientras que en otros como la Presa El Ahogado o

Presa Playa Santa Cruz, su área de inundación se ha visto reducida considerablemente perdiendo la mayor parte su superficie debido a obras de rectificación de sus cauces principales.

Los 9 principales embalses del municipio identificados hasta el año 2000, contaban en conjunto con una superficie estimada de 1 316.44 hectáreas, en la actualidad, 4 de ellos han desaparecido por diversas causas, con lo que se han perdido 493.20 hectáreas, lo que equivale al 37.5 % de dicha superficie.

Desde el punto de vista hidrológico este fenómeno representa un riesgo, ya que de seguirse manifestando como ya se ha hecho referencia, pudiera generar la desaparición de la totalidad de los embalses del municipio, por lo que es necesario establecer políticas para su conservación y mantenimiento.

Cuadro 2-9
Situación y volúmenes de los principales embalses construidos en Tlajomulco de Zúñiga

Nombre del embalse	Capacidad (millones m3)	Estado actual
Playa de Santa Cruz	11.0	Desaparecido
La Arena	1.2	Desaparecido
El Ahogado*	5.0	En operación
El Maleno (Magdalena)	2.5	En operación
La Providencia	2.0	En operación
El Guayabo	1.8	Desaparecido
El Cuervo	0.8	En operación
El Molino	1.8	Desaparecido
Cruz Blanca	1.8	En operación
Superficie Inicial	26.3	---
Superficie Perdida	14.2	---
Superficie Actual	12.0	---

Fuente: CONAGUA. Subgerencia Regional Lerma Santiago Pacífico.

* Actualmente se realizan actividades de encausamiento del cauce debido al inicio del proyecto de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

En cuanto a los volúmenes de agua contenidos en este tipo de embalses registrados en el municipio, los 9 analizados contaban en conjunto con una capacidad de almacenamiento de 26.3 millones de metros cúbicos, perdiéndose paulatinamen-

te alrededor de 14.2 millones de metros cúbicos que representan el 54 %, quedando tan solo 12.0 millones de metros cúbicos, cifra que puede reducirse aun más si se afecta el área de inundación de la presa El Ahogado debido a las obras por la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales proyectada en dicho sitio (cuadro 2-9).

Bordos

Constituyen obras de infraestructura de menor envergadura que las presas y generalmente son construidas con la finalidad de aprovechar los escurrimientos laminares temporales de pequeñas microcuencas, su almacenamiento es temporal y el uso del agua captada en estos reservorios se destina principalmente a actividades pecuarias y en ocasiones a la agricultura. Algunas de estas obras tienen una capacidad suficiente que les permite a los usuarios disponer de este recurso durante todo el año, sin embargo, por lo general se agotan durante el temporal de estiaje la mayoría de ellos.

Cuadro 2-10
Situación y superficies de los principales bordos en Tlajomulco de Zúñiga

Nombre del embalse	Superficie (Has)	Estado actual
La Cofradía	7.26	En operación
San Cayetano	30.18	En operación
La Teja	23.30	En riesgo
El Caracol	4.50	En operación
Malvaste	2.46	En operación
Bordo Grande	4.52	En riesgo
El Gato	1.43	En riesgo
El Copal	1.86	En riesgo
Pozo de Arena	20.28	En riesgo
Bordo Nuevo	6.00	En riesgo

Fuente: Datos estimados a partir de la condición actual que presentan, complementados con mediciones cartográficas y verificación de campo.

Este tipo de infraestructura padece la misma problemática que las presas, ya que la contaminación y el proceso expansivo de urbanización los ha afectado, reduciendo sus áreas de captación, colocándolos en situación de riesgo, siendo muy pocos los que actualmente se encuentran en operación (cuadro 2-10).

Canales y Acueductos

Una parte del territorio municipal es cruzado por diversas obras de infraestructura utilizadas tanto para la conducción de agua hacia el área urbana de Guadalajara, operadas por el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), organismo que se encarga de la gestión integral del agua en la Zona Metropolitana de Guadalajara, como para el manejo y control de escorrentías, así como con para el riego de diversas áreas agrícolas.

Algunas de estas obras como el canal de San Isidro, o el Guayabo se construyeron para conducir escurrimientos hacia Cajititlán, y otros como el canal de Cedros, para extraer agua del mismo embalse con fines agrícolas, sin embargo, las más importantes que se identifican son dos: una que corre a cielo abierto actualmente en desuso (canal de "Las Pintas") y otra de tipo subterráneo actualmente en operación (acueducto Chapala-Guadalajara), las cuales se describen a continuación:

Canal de Las Pintas

Construido en la década de los años 1940 (SRA, 2008), por la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y que abastecía de agua a los distritos de riego de Atequiza y Las Pintas, posteriormente cedido al SIAPA con la finalidad de suministrar el agua del lago de Chapala a través del río Santiago para abastecimiento de la ciudad de Guadalajara, forma parte de un sistema el cual inicia en Ocotlán, donde se bombea el agua del embalse hacia el cauce del río Santiago por espacio de 20 kilómetros hasta la presa derivadora Corona en el

municipio de Poncitlán, de donde se conecta al canal Atequiza, el cual tiene una longitud de 28 kilómetros hasta la presa “La Calera” de donde surge ya con el nombre de canal “Las Pintas”, recorriendo 24.5 kilómetros hasta la presa del mismo nombre, de donde el agua es conducida hasta la planta de bombeo del SIAPA, ubicada en la colonia “Las Pintas” en Tlaquepaque.

Cuenta con una anchura promedio de 10.0 metros y una profundidad de 3.0 metros en su mayor parte (foto 2-16), contando además con una capacidad máxima de 10.0 m³.

Atraviesa la parte norte del municipio en una longitud de 29.31 kilómetros. Bordea la parte sur del Aeropuerto Internacional Miguel Hidalgo para continuar por el Valle de La Misericordia hasta la referida planta de bombeo, zona que recientemente se ha visto trasformada por la inserción de fraccionamientos.



a)



b)

Fotos 2-16 a y b. Dos aspectos del canal Las Pintas. a) Cruce con el acueducto Chapala-Guadalajara y b) Misma obra de infraestructura a la altura del poblado de Santa Cruz del Valle.

Actualmente, dicha obra de infraestructura ha dejado de funcionar ya que su función principal, que fue la conducción de agua a la Zona Metropolitana de Guadalajara, actualmente la realiza el acueducto Chapala-Guadalajara, operando en mejores condiciones, sin embargo, el hecho de estar a cielo abierto ha sido aprovechado para recibir las descargas de las aguas pluviales y residuales de los desarrollos habitacionales localizados en el Valle de la Misericordia (foto 2-17), constituyéndose en un elemento de riesgo, un foco de infección, fuente de vecto-

res y ecosistema de fauna nociva, afectando la calidad de vida y salud de los residentes de la zona. Esto a pesar de que algunos de estos fraccionamientos cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales que como se vera posteriormente operan con deficiencia.



a)



b)



c)



d)

Foto 2-17 a, b, c y d. Canales pluviales en los nuevos desarrollos urbanos. a) y b) Fraccionamiento Valle Dorado, c) Fraccionamiento Chulavista (calle Santa Fe) y d) Descarga de aguas residuales al canal de Las Pintas proveniente del Fraccionamiento Chulavista.

Acueducto Chapala-Guadalajara

Es una obra de infraestructura que atraviesa el municipio de sureste a norte, fue construida entre 1984 y 1990 para sustituir la función del antiguo canal de “Las Pintas”, se trata de un acueducto de tubería de concreto preesforzado de 2.10 metros de diámetro que conduce 7.5 metros cúbicos por segundo al Área Metropolitana de Guadalajara (SIAPA, 1994), a través del cual se conduce un agua de mejor calidad ya que constituye su sistema cerrado que reduce las perdidas por infiltración y evaporación, así como la recepción de descargas de aguas conta-

minadas (urbanas y agrícolas), restringiendo además la extracción de agua para agricultura de riego que anteriormente se hacía sobre el antiguo canal de “Las Pintas”. Su trayecto inicia en la vertiente Norte del Lago de Chapala en las inmediaciones de la localidad de San Nicolás de Ibarra y recorre 42.4 kilómetros hasta el tanque de recepción y distribución ubicado en el Cerro del Cuatro en Tlaquepaque, atraviesa 22.7 kilómetros del territorio de Tlajomulco, lo que representa el 52.5% de su longitud total.

Paralelo al mismo se habilito un camino de terracería exclusivamente para el mantenimiento del mismo a través de las Válvulas Admisoras y Expulsoras de Aire (V.A.E.A) y el tanque regulador de flujo o Caja de distribución localizada igualmente en el territorio municipal (foto 2-18).



1



2



3



4

Foto 2-18 a, b, c y d. Infraestructura hídrica en el acueducto Chapala-Guadalajara. a) y b) válvulas admisoras y expulsoras de aire (V.A.E.A). c) y d) instalaciones correspondientes al tanque regulador de flujo.

D. CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

La calidad del agua es un parámetro que determina no solo su pureza o equilibrio de sus elementos químicos sino también es un indicador que define el probable uso que esta puede tener sin que represente riesgos sanitarios o limitantes para su aprovechamiento, desde esta perspectiva, en conocimiento de las características físicas, químicas y bacteriológicas que el agua presenta tanto en cuerpos de agua de tipo superficial como en depósitos subterráneos requiere de vigilancia y monitoreos constantes.

Para definir la calidad que en la actualidad tiene un cuerpo de agua, se toman como referencia los parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales. Antes de su entrada en vigor, generalmente solo se realizaban muestreos esporádicos en los embalses para tener un control en indicadores básicos que pudieran afectar sus usos, la cuadro 2-11 muestra algunos análisis practicados en tres de ellos durante la década de 1980, los cuales demuestran que la calidad del agua era considerada como buena ya que las concentraciones de elementos químicos no manifestaban valores excesivos, lo que permitía una diversidad de usos.

Las condiciones han cambiado significativamente y a raíz del fenómeno expansivo de urbanización manifestado en el territorio municipal, existe una constante inquietud por parte de la población sobre el deterioro de la calidad de agua en los cuerpos de agua producto de la contaminación por descargas de aguas residuales, principalmente en aquellos que tienen un uso definido (embalses y bordos), entre ellos la laguna de Cajititlán por ser el cuerpo de agua más importante para el municipio y receptor de las descargas directas de 6 de las principales localidades del municipio, entre ellas la cabecera municipal y su área de influencia donde se desarrollan diversas actividades productivas, siendo la fuente para el sostén de actividades primarias (pesca y agricultura) y terciarias (turismo y recreación), de las cuales depende un importante sector de la población económicamente activa del municipio. En este sentido, las denuncias de la contaminación en el embalse trascienden el ámbito local y obliga a las autorida-

des a intervenir para determinar el probable origen del problema, la denuncia mas reciente (agosto de 2009) se dio debido a la aparición de una cantidad importante de peces muertos flotando, ante lo cual, la Comisión Estatal de Agua (CEA), realizo un muestreo en 5 puntos (cuadro 2-12) del embalse que consideraba tanto al interior como exterior del cuerpo, el cual arrojó los resultados presentados en la cuadro 2-13.

Cuadro 2-11
Calidad del agua en tres diferentes embalses de Tlajomulco de Zúñiga

Cuerpo de Agua	Ca	Mg	Na	K	pH	Dureza (CaCo3)	So4	Co3	No3	Co3	Cl	Usos
Presa El Ahogado	30	23.5	68.1	77.2	6.8	77.2	25.4	298.9	8.7	---	104.7	Riego y Pecuario
Presa El Cuervo	10	8.6	32.9	40.9	7.1	61.0	---	146.4	8.7	---	35.2	Riego
Laguna Cajititlán	60	56.0	166.5	72.9	7.6	383.5	25.4	634.4	3.7	---	60.3	Riego, Pecuario y Domestico

Fuente: Datos reportados en la carta de aguas superficiales F13-12, versión 1981. SPP.

Cuadro 2-12
Localización de los puntos del muestreo realizado por la CEA en agosto de 2009

Punto	Referencia del punto o Cuerpo de Agua	Referencias Geográficas de Ubicación	
		Latitud N	Longitud W
1	Interior de la Laguna	20° 25.750	103° 18.855
2	Exterior de la Laguna	20° 25.843	103° 18.734
3	Interior de la Laguna (Cuexcomatitlán)	20° 25.624	103° 21.907
4	Canal Agua Residual (Tlajomulco)	20° 25.325	103° 22.966
5	Exterior de la Laguna (San Juan Evangelista)	20° 24.393	103° 18.769

Fuente: Comisión Estatal de Agua. Dirección de Cuencas y Sustentabilidad. Laboratorio de Calidad de Agua. Informes de Resultados. CEA-422-09. 17/08/2009. Información proporcionada por la dependencia mediante solicitud Portal de Transparencia.

De acuerdo a los resultados de dicho estudio, en solo uno de los puntos (canal de agua residual Tlajomulco) se manifestaron parámetros excedidos por la Norma (DBO, Grasas y Aceites y Nitrógeno Total), mismos que tienen una asociación directa, lo que demuestra que el problema denunciado se debió a una alteración temporal de las condiciones debido al exceso de ingreso de materia orgánica por esta sección del embalse, generando condiciones anóxicas para la vida acuática, cuyo aporte se asocia al ingreso de aguas residuales provenientes de la

cabecera municipal, San Miguel Cuyutlán y las actividades económicas realizadas en esta sección de la cuenca.

Cuadro 2-13
Resultados del muestreo de agua realizado por la CEA en agosto de 2009

Determinación	Unidad	Punto de muestreo					Límites Máximos
		1	2	3	4	5	
Temperatura	°C	27.1	27.3	30.5	27.4	28.8	40
Ph	---	9.14	9.07	8.80	7.77	8.71	5 a 10
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	19.2	19.11	23.97	*111.6	15.9	30
Grasas y Aceites	mg/l	---	---	---	*27.00	---	15
Fósforo total	mg/l	0.62	0.8	0.89	3.51	0.72	5
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	No aplica
Nitrógeno de Nitritos	mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	No aplica
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	7.16	6.56	7.75	21.47	5.37	No aplica
Nitrógeno Total	mg/l	7.16	6.56	7.16	*21.47	5.37	15
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	55	47	65	91	63	40
Sólidos Sedimentables	ml/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	151.23	142.02	170.05	230.12	139.22	No aplica
Arsénico	mg/l	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.10
Cadmio	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.1
Cobre	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	4.00
Cromo Total	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5
Mercurio	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005
Níquel	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	2
Plomo	mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.20
Zinc	mg/l	0.059	0.088	0.051	0.092	< 0.05	10
Coliformes Fecales	NMP/100ml	*2400	---	---	---	---	1000

*Parámetros que exceden de la Norma. Fuente: Comisión Estatal de Agua. Dirección de Cuencas y Sustentabilidad. Laboratorio de Calidad de Agua. Informes de Resultados. CEA-422-09. 17/08/2009. Información proporcionada por la dependencia mediante solicitud Portal de Transparencia.

Canales

Con la finalidad de generar indicadores que nos permitan identificar la problemática sobre la calidad del agua en los diferentes cuerpos de agua existentes en el municipio, en septiembre de 2009 se realizó un nuevo muestreo en 6 diferentes puntos del territorio, incluyendo uno en la laguna de Cajititlán, cabe aclarar dicho muestreo se enfocó únicamente al análisis de la calidad del agua en los dichos cuerpos, para lo cual se tomaron muestras puntuales simples de forma

superficial para contrastar su contenido con los parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

Cuadro 2-14
Localización de los puntos del muestreo realizado en septiembre de 2009

Punto	Referencia del punto o Cuerpo de Agua	Referencias Geográficas de Ubicación		
		Latitud N	Longitud W	Altitud (msnm)
1	Canal camino a Cofradía	20° 28.35	103° 30.57	1485
2	Canal Santa Cruz	20° 28.35	103° 30.55	1493
3	Canal PTARs Tlajomulco Km. 10.0	20° 25.35	103° 22.34	1559
4	Laguna de Cajititlán	20° 25.29	103° 18.15	1559
5	Canal de Cedros	20° 24.18	103° 16.59	1557
6	Confluencia Descarga con Canal Las Pintas	20° 31.18	103° 21.24	1534

Fuente: Informe de Resultados Unidad de Servicios Analíticos y Metrológicos. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. US11761/2009. 05/10/2009.

Cuadro 2-15
Calidad del agua en diferentes canales conforme la NOM-001-SEMARNAT-1996, septiembre de 2009

Determinación	Unidad	Punto de muestreo						Límites Máx.
		1	2	3	4	5	6	
Temperatura	°C	21.5	21.5	23.0	28.0	28.0	27.0	40
pH	U.P	7.02	7.12	7.37	8.42	6.85	6.76	5.5 a 10
Grasas y Aceites	mg/l	17.2	10.5	16.8	9.2	8.6	*147.4	25
Sólidos Sedimentables	ml/l	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	*131.5	*197.5	*131.5	*197.5	*263.0	*263.0	60
Material Flotante	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Suspendidos totales	mg/l	8.0	27.00	*120.0	32.0	26.0	48.0	60
Nitrógeno total	mg/l	*36.15	*32.55	*27.30	7.91	10.64	*36.54	25
Cianuro	mg/l	0.12	0.12	0.26	0.18	0.03	0.20	2.0
Fósforo total	mg/l	9.65	*10.2	6.12	0.598	1.46	6.86	10
Arsénico	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	0.2
Cadmio	mg/l	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025	0.2
Cobre	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	6.0
Mercurio	mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Níquel	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	4
Zinc	mg/l	0.076	0.042	0.020	< 0.01	0.01	0.025	20
Plomo	mg/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	0.4
Cromo	mg/l	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1.0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	*1400	*2600	*6700	20	400	*2600	2000

*Parámetros que exceden de la Norma. Fuente: Informe de Resultados Unidad de Servicios Analíticos y Metrológicos. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. US11761/2009. 05/10/2009.

El cuadro 2-14 se indican las referencias geográficas de los puntos muestreados y el cuadro 2-15 se reportan los resultados de los análisis practicados.

E. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La temperatura de los cuerpos de agua depende de varios factores y su variación se da principalmente en función de su profundidad, del flujo que manifiesta, e incluso la hora del día, el rango manifestado al momento del muestreo se encuentra dentro de parámetro establecido por la Norma, por lo que no representa una limitante para el uso del agua en cualquier tipo de actividad.

El pH se encuentra dentro del rango establecido por la Norma, sobresaliendo el de la laguna (Punto No. 4) con 8.42 U.P, lo cual indica que existe una probable aportación extraordinaria de sustancias alcalinas de origen antrópico.

El contenido de grasas y aceites solo se rebasa en el punto No. 6 correspondiente al a la confluencia de la descarga de aguas residuales proveniente de los fraccionamientos con el canal de Las Pintas, situación normal considerando el origen domestico del efluente.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), constituye un indicador de la concentración de oxígeno en el agua, de acuerdo a los valores reportados, todos los puntos registraron valores por encima de la norma, lo que indica la presencia de materia orgánica en exceso, cuyo probable origen son las descargas urbanas.

Los sólidos suspendidos totales solo se exceden en el punto No 3 (Canal Planta de Tratamiento), situación normal considerando que es un punto relativamente cercano a las áreas urbanas de la cabecera municipal y San Miguel Cuyutlán en cuya zona de transición, se desarrollan además algunas actividades de tipo agropecuario.

Por lo que respecta al Nitrógeno Total, con excepción de los puntos No. 4 y 5 (laguna de Cajititlán y canal de Cedros respectivamente), los contenidos en el resto de los puntos rebasan el limite máximo establecido por la Norma manifestando una aportación de origen tanto inorgánico como orgánico con una relación

de 5 a 1, lo se interpreta como derivados de fertilizantes y en menor proporción aguas domesticas. El bajo contenido en los puntos No. 4 y 5 puede deberse al efecto de dilución por el volumen de agua contenido en el embalse.

Los Metales Pesados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, lo que denota ausencia de descargas de origen industrial considerando que solo se muestreo agua y no sedimentos, los cuales podrían evidenciar la presencia de estos por efecto de acumulación.

Los Coliformes Fecales manifiestan rangos por arriba de la norma en 4 de los 6 puntos de muestreo (excepto la Laguna y canal de Cedros), lo cual es un indicador del aporte por descargas de origen domestico y actividades pecuarias principalmente.

Conclusiones

De acuerdo a los datos que arrojaron ambos estudios, en base a los análisis practicados a las diferentes muestras, se concluye que la calidad del agua desde el punto fisicoquímico y bacteriológico se encuentra fuera de las especificaciones de la norma. La parámetros DBO, Nitrógeno Total y Coliformes Fecales mantienen una interrelación debido a un origen común (descargas de aguas residuales de origen domestico), ya que la presencia de materia orgánica se evidencia por la presencia de maleza acuática como el Lirio (*Eichhornia crassipes*) en todos los cuerpos de agua analizados, contribuyendo a reducir el flujo, fomentando la sedimentación o asolvamiento además de la proliferación de algunos vectores, de aquí que el sitio para la construcción de aquí que una de principales Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales se este construyendo precisamente antes de la descarga de canales a la laguna de Cajititlán.

2.3.3. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

La formación y presencia de depósitos de aguas subterráneas (acuíferos) en un territorio requiere de ciertas condiciones naturales que abarcan diferentes aspectos, entre ellos el origen y constitución de los materiales geológicos que lo conforman, su estratificación, granulometría, etc., las cuales definen áreas identificadas como unidades geohidrológicas.

En este sentido, el origen volcánico de la mayor parte del territorio del municipio, ha contribuido a la formación de amplios espacios receptores de materiales piroclásticos y sedimentarios que han favorecido la presencia de valles intermontanos que captan tanto escurrimientos como excedentes pluviales generados en diferentes áreas del mismo.

Partiendo de este escenario, se podría decir como una primera aproximación, que geológicamente, el municipio cuenta con un elevado potencial de recarga de aguas subterráneas, sin embargo, los recientes procesos urbanos manifestados han reducido las áreas de recarga contribuyendo al abatimiento de los niveles piezométricos.

Pese a que en la actualidad la apertura de nuevas obras de perforación para explotación de aguas subterráneas en la mayor parte del territorio municipal se encuentra restringida, los derechos de las concesiones que históricamente se otorgaron para uso agrícola a ejidatarios y pequeños productores, han sido transferidas a fraccionadores, los cuales han solicitado la modificación de modalidad además de la cuota de extracción para ser destinada al abastecimiento de los nuevos fraccionamientos.

A. DISTRIBUCIÓN DE ACUÍFEROS

Las unidades geohidrológicas como se ha citado, representan áreas específicas a través de las cuales se lleva a cabo la recarga de acuíferos, están compuestas por materiales geológicos de diversos orígenes (volcánicos, de arrastre, sedimentación), y de acuerdo al grado de consolidación que manifiestan es su potencial de

recarga, en este sentido, a menor consolidación mayor potencial de recarga y viceversa.

En el territorio municipal se identifican tres principales tipos de unidades geohidrológicas compuestas por diferentes tipos de materiales (INEGI, 2000 b):

Materiales no consolidados identificados como (a), con rendimiento alto (> 40 L/seg.), localizados principalmente en los llanos, planicies y valles agrícolas del municipio, en esta clasificación se encuentran las áreas del valle de Toluquilla y la zona de Santa Cruz de la Loma (Tepetates), al noroeste del municipio.

Material consolidado con posibilidades medias (PM) cuya distribución se limita a las zonas de lomerío, principalmente al norte de la laguna de Cajititlán, pie de monte de la Sierra El Madroño, específicamente en al área de influencia de la localidad de San Lucas Evangelista, de igual manera este tipo de unidad se localiza sobre la ladera poniente del Cerro Totoltepec.

Material consolidado con posibilidades bajas (PB), que se localizan cubriendo las estructuras geológicas y prominencias orográficas como la vertiente norte de la Sierra El Madroño y las laderas sureste de la caldera Volcánica La Primavera.

Emplazamiento de acuíferos y sus características

En el territorio municipal confluyen tres acuíferos: Toluquilla, Cajititlán y San Isidro (CEA, 2008).

Acuífero Toluquilla

Se ubica en la región central del estado, al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, es considerado como uno de los más importantes de la zona y constituyó por muchos años uno de los principales abastecedores de agua para la ciudad de Guadalajara, comprende parte de los municipios de Zapopan, Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga.

Corresponde a un relleno granular formado por arena pumítica, así como rocas volcánicas fracturadas, existiendo en la parte superior un acuífero libre y semiconfinado en ciertas zonas; le subyace un acuífero en fracturas. La recarga es por infiltración de agua de lluvia proveniente del valle del mismo nombre, así como de la sierra de La Primavera. La descarga natural se da en algunos manantiales del valle como “El Toluquilla” y el pequeño sistema de manantiales en “La Concha” y “San Sebastián”, y finalmente por la margen izquierda de su colector natural, el Río Santiago (U de G, 2001).

Acuífero Cajititlán

El acuífero denominado Cajititlán, se localiza en la porción centro del estado de Jalisco, a 25.0 Km. de la ciudad de Guadalajara, entre los paralelos 20° 20' y 20° 29' de latitud norte y los meridianos 103° 32' y 103° 10' de longitud oeste. Comprende parcialmente una fracción del territorio municipal de Tlajomulco de Zúñiga, además de los de Ixtlahuacán de los Membrillos, Tlajomulco de Zúñiga, Jocotepec y Juanacatlán.

Tiene una extensión superficial aproximada de 566 km². (CONAGUA, 2007 b). Las localidades más importantes ubicadas dentro del área del acuífero además de las cabeceras municipales de Tlajomulco de Zúñiga e Ixtlahuacán de los Membrillos son: San Miguel Cuyutlán, Potrerillos, Cajititlán y San Lucas Evangelista (Tlajomulco de Zúñiga), La Capilla, Atequiza (Ixtlahuacán de los Membrillos), Atotonilquillo (Chapala).

Acuífero San Isidro

El acuífero San Isidro se localiza al suroeste de la ciudad de Guadalajara, en la cuenca de los ríos Vega y Cocula. La zona del acuífero queda comprendida entre las coordenadas geográficas 20° 22' y 20° 37' de latitud Norte y entre los 103° 27' y 103° 40' de longitud oeste. Las poblaciones de mayor importancia empla-

zadas en la zona son Santa Cruz de las Flores y San Isidro. La zona comprende una cuenca hidrológica superficial, que abarca un área de 357.767 km² y pertenece políticamente a los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Tala, Acatlán de Juárez y Villa Corona (CONAGUA, 2007 c).

B. APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

De acuerdo a la información difundida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA, 2009), actualmente, existe un registro de 1 356 pozos con derechos de extracción, los cuales en conjunto un volumen de 93 033 309.22 m³/año, que equivale a casi 3 m³/seg., lo cual sería suficiente para abastecer a casi 1 millón de habitantes (cuadro 2-16).

Cuadro 2-16
Diversidad de usos del agua de los acuíferos de Tlajomulco de Zúñiga

Tipo de uso	Volúmen m ³ / año	Porcentaje	Pozos	Porcentaje
Doméstico	1042264.0	1.1	16.0	1.2
Agrícola	44978210.6	48.3	920.0	67.8
Industrial	4346930.0	4.7	37.0	2.7
Múltiple	5161680.6	5.5	159.0	11.7
Pecuario	271440.1	0.3	72.0	5.3
Público urbano	18514015.0	19.9	75.0	5.5
Servicios	18718769.0	20.1	77.0	5.7
TOTAL	93033309.2	100.0	1356	100.0

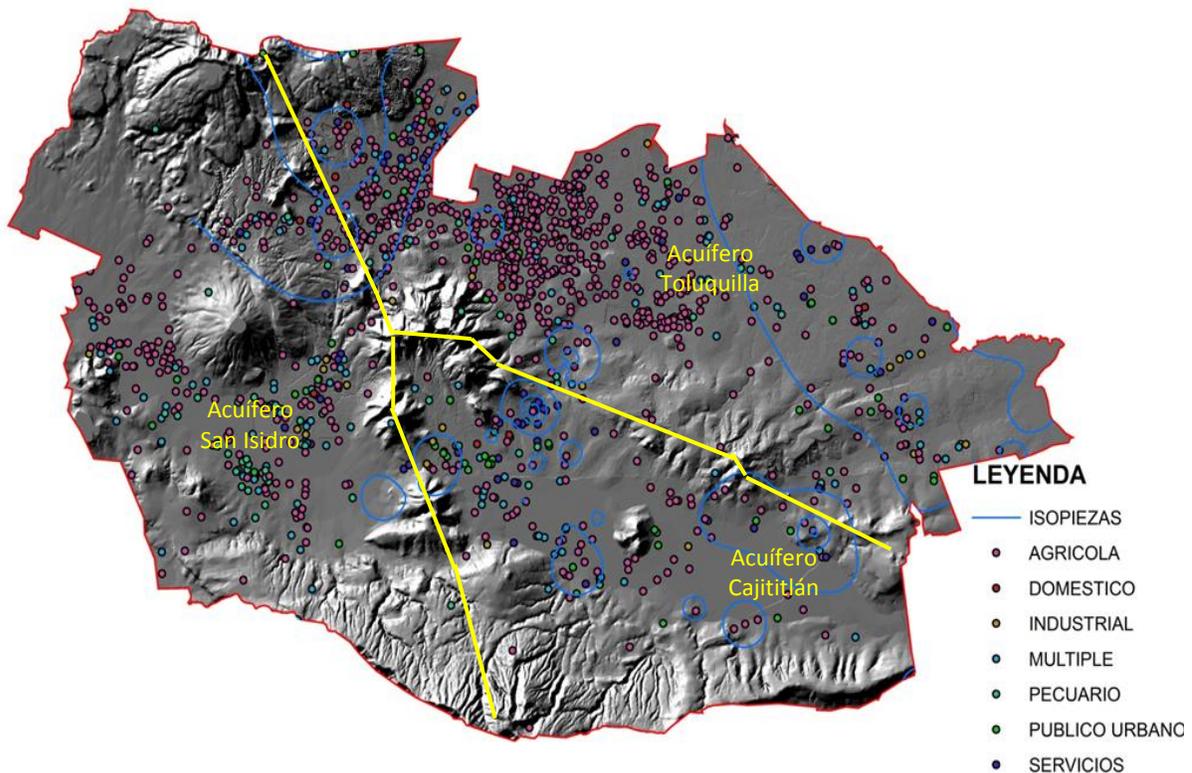
Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) 2009.

La explotación y aprovechamiento de las aguas subterráneas en el territorio municipal es variada, predominando el Uso Agrícola, con 920 pozos, seguido por el Uso de Servicios con 77 pozos y en tercer sitio el Uso Urbano con 72 pozos.

La mayor parte de las explotaciones con fines agrícolas se concentra en el valle de Toluquilla (mapa 10), donde por mucho tiempo el cultivo de hortalizas predominó sobre otros cultivos, sin embargo, en la actualidad ha perdido pre-

dominancia siendo sustituido por el cultivo de pasto en rollo, de cualquier manera, ambos cultivos demandan grandes volúmenes de agua, pese a lo cual se siguen realizando y su rentabilidad se basa en el bajo costo que se paga por el agua.

Mapa 2-12
Distribución de los aprovechamientos de aguas subterráneas en Tlajomulco de Zúñiga



Obsérvese la concentración de pozos en el acuífero de Toluquilla.

En otras áreas del municipio se desarrollan cultivos como el maíz (foto 2-19) o la caña de azúcar (Santa Cruz de la Loma y Santa Cruz de las Flores), además de otros como la floricultura y el jitomate, los cuales se realizan en instalaciones tenificadas (invernaderos) en San Agustín y Tepetates respectivamente, los cuales demandan menos volúmenes de agua gracias a que se aplican riegos por goteo.

Otro de los usos predominantes del agua en el municipio comprende el rubro de actividades de servicios, dentro del cual se identifican entre otros establecimientos dedicados a la recreación (balnearios), restaurantes, instalaciones deportivas (campos de Fútbol), algunos campos de Golf, que demandan grandes cantidades de agua para riego, albercas y sanitarios.



Foto 2-19. La agricultura de riego constituye uno de los principales aprovechamientos que se hace de las aguas subterráneas y el maíz sigue siendo uno de los cultivos predominantes en el municipio.

Mención aparte es la actividad piscícola, ya que se ha venido promoviendo la acuicultura como una alternativa económica rentable a través de la cría de peces en estanques bajo invernadero, la cual demanda igualmente grandes volúmenes de agua que pese a ser aprovechada posteriormente en cultivos, su inducción representa un riesgo para los acuíferos.

Finalmente, el uso que sin lugar a dudas ha manifestado el mayor incremento en los últimos años es público urbano, situación comprensible debido al multiplicado tema de los fraccionamientos y mega desarrollos habitacionales en zonas de recarga y áreas agrícolas.

2.4. SUELOS

Los principales factores que están relacionados con los suelos del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga son el relieve, el material parental y las condiciones micro climáticas relacionadas al primero. De esta manera, los Regosoles y los Feozem están vinculados al material pumicítico relacionado con los eventos geológicos de la Caldera de la Primavera; en esta parte del municipio, los Feozem se encuentran en las partes cóncavas de las vertientes o en las depresiones del terreno, las cuales constituyen zonas de convergencia de la humedad.

Este mismo patrón se repite en las elevaciones de naturaleza Andesítico Basáltico de la porción centro noroeste y centro noreste, donde a la secuencia anterior se le añaden los Cambisoles y los Luvisoles. Como en la zona anterior, los Cambisoles y los Feozem se encuentran en la parte más estable del relieve o en el tercio inferior de las pendientes; sin embargo, los Feozem predominan en la zona de convergencia de la humedad, que son las pendientes cóncavas. Finalmente, los Luvisoles se encuentran en las zonas de convergencia de la humedad más estables todavía, que son las pendientes débiles cóncavas. Debido a la composición mineralógica del material parental de esta parte del municipio, los suelos de esta zona presentan una evolución más marcada.

2.4.1 CLASES DE SUELO EN EL MUNICIPIO

Los Vertisoles se encuentran en la planicies del centro oeste y centro este del municipio y están relacionados con el clima y a los materiales aportados por las estructuras geológicas de naturaleza basáltica o andesítica. Como es natural, los suelos sometidos a inundaciones prolongadas, como los que se encuentran en las inmediaciones de los cuerpos de agua natural, presentan propiedades hidromórficas. En las inmediaciones de estos lagos también son frecuentes las acumulaciones de sales, incluso la acumulación de sodio en el perfil.

Al sur del municipio se presenta un patrón de Feozem Háptico y Luvisoles Crómicos relacionados con estructuras geológicas de naturaleza basáltica. En es-

tas estructuras, los Feozem se encuentran en las partes más accidentadas y los Luvisoles Crómicos en las porciones más estables del relieve.

En el Cerro El Gachupín de tobas basálticas, se localiza una pequeña mancha de Andosoles, los cuales están relacionados a la naturaleza básica de la estructura geológica y a la vegetación que predomina en esta zona. Finalmente, los Fluvisoles se encuentran en las zonas adyacentes a los escurrimientos más importantes.

Como es lógico, la pedregosidad y la magnitud de los afloramientos rocosos son más importantes en las elevaciones, principalmente en las cimas, las salientes convexas y las pendientes con ripios; desaparecen los afloramientos rocosos y baja la magnitud de la pedregosidad en el pie de monte interior. En cambio en el pie de monte exterior y el glacis, es raro encontrar este tipo de cobertura en el suelo.

Los Regosoles se formaron a partir de arenas pumicíticas de caída libre relacionadas con los eventos eruptivos de la Caldera de la Primavera. Estos suelos presentan un horizonte Ócrico superficial de 10 a 20 cm de espesor, el cual se caracteriza por ser de color claro y por tener poca materia orgánica. Su textura es franco arenosa, por lo que son ligeramente plásticos; su estructura varía de granular a bloques subángulares, aunque siempre presenta un desarrollo débil y una resistencia a la ruptura suave o muy friable. Este horizonte descansa sobre una capa de arena pumicítica de textura franco arenosa o areno francosa (horizonte C). Si carece de una costra superficial, este suelo presenta una permeabilidad alta y una buena aireación.

El Feozem son suelos que tienen un horizonte superficial Móllico de aproximadamente 20 cm de espesor, el cual presenta un color oscuro y una densidad aparente baja. Este horizonte tiene una elevada cantidad de materia orgánica y un porcentaje de saturación de bases superior a 50 %; generalmente su estructura es granular con un desarrollo que va de moderado a fuerte y una resistencia a la ruptura que generalmente es ligeramente duro o friable. Este horizonte se encuentra sobre una capa de arena que también tiene un porcentaje de saturación

de bases superior a 50 %. Por estas características, el suelo no sólo presenta un excelente drenaje y una buena aireación, sino también condiciones ideales para el desarrollo de la vegetación, sobre todo, por su contenido de materia orgánica y por la magnitud de los macronutrientes relacionados a los cationes intercambiables del complejo de intercambio.

Los Cambisoles son suelos que presentan un horizonte subsuperficial, que se encuentra entre los 30 y los 50 cm de profundidad, el cual se caracteriza por tener un color más café que el material parental o una estructura diferente a la del material original. Generalmente, la textura del suelo es franco arenoso o incluso franco arcilloso, aunque no tiene las características de un horizonte de acumulación de arcilla. Normalmente, su estructura es de bloques subangulares de tamaño medio y de un desarrollo moderado; por su parte, su resistencia a la ruptura es, por lo común, suave o friable. En la parte superficial se encuentra un horizonte claro con poca materia orgánica o con una cantidad importante de materia orgánica, pero muy delgado; por esta razón, este horizonte se clasifica como Ócrico. Como un todo, estos horizontes se caracterizan por tener un porcentaje de saturación de bases superior a 50 %. Si no presenta una costra superficial, estos suelos presentan un excelente drenaje y una buena aireación.

Los Luvisoles son suelos que presentan una capa de acumulación de arcilla entre los 30 y 50 cm de profundidad, por lo que se clasifica como horizonte Argílico, el cual presenta un color que va de café fuerte a rojo. Este horizonte presenta una capacidad de intercambio de cationes superior a 16 meq/100 g, así como un porcentaje de saturación de bases superior a 50 %. Su textura es franco arcilloso o arcilloso, por lo que son muy plásticos y cohesivos. Su estructura es de bloques angulares o subangulares, con un desarrollo fuerte y una resistencia a la ruptura alta en seco y firme en húmedo. Este horizonte se encuentra debajo de un horizonte superficial de color claro con poca materia orgánica o con un horizonte oscuro con una cantidad importante de materia orgánica, pero muy delgado para ser considerado como un horizonte Móllico. Este horizonte se caracteriza por tener una textura franca o franca arenosa, por lo que tiene menos

arcilla que el horizonte subyacente. Si no tiene una costra superficial, este perfil puede tener una buena aireación y una permeabilidad moderada.

Los Vertisoles son suelos que tienen más de 30 % de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 50 cm como mínimo. Estos suelos están formados por arcilla expandible la cual ocasiona que se formen grietas de por lo menos 1 cm de ancho en la superficie; pero durante la época húmeda se expanden ocasionando problemas a la infraestructura. Estos cambios de volumen propician que se formen superficies pulidas en la superficie de los agregados, los cuales reciben el nombre de *slickensides*. En todo el perfil la textura es arcillosa, por lo que el suelo es muy plástico y pegajoso; sus agregados presentan forma de cuña. El desarrollo de la estructura es fuerte y la resistencia a la ruptura de los agregados puede ser extremadamente duro en seco o extremadamente firme en húmedo. En las partes bien drenadas, los vertisoles presentan un valor en húmedo inferior a 3.5 y un croma en húmedo inferior a 1.5; en tanto que en porciones donde el perfil está sometido a inundaciones durante una parte importante del año, el perfil presenta una capa de 25 m o más con rasgos de reducción. Por estas características, el suelo presenta una permeabilidad lenta y una aireación pobre, aunque en la época seca las grietas propician una permeabilidad rápida.

Los Fluvisoles son perfiles jóvenes que se renuevan de una manera periódica por depósitos aluviales y, en menor proporción por depósitos lacustres. Estos suelos presentan una estratificación, aunque con una débil diferenciación de horizontes. Como es natural, en las partes inferiores del perfil pueden encontrarse rasgos de oxidación y reducción. En la superficie pueden presentar un horizonte claro con poca materia orgánica (Ócrico) o un horizonte con una importante acumulación de materia orgánica y un elevado porcentaje de saturación de bases (Mollico). Su textura es franco arenosa o areno francosa, por lo que son ligeramente plásticos o no plásticos. Su estructura está poco desarrollada y los agregados presentan una resistencia a la ruptura puede ser suave (en seco) o

muy friable (en húmedo). Otra característica importante de estos suelos es la distribución irregular de la materia orgánica con la profundidad.

Los Andosoles son suelos oscuros, se caracterizan por tener propiedades ándicas o vítricas, en una capa de por lo menos un espesor de 30 cm dentro de los primeros 100 cm de profundidad. Esta capa tiene una densidad aparente inferior a 0.9 g/cm³ y puede presentar tixotropía. El contenido de materia orgánica es muy elevado, sin embargo, el Fósforo se encuentra formando compuestos insolubles, por lo que no está disponible para la vegetación y los microorganismos.

2.5. FENÓMENOS PELIGROSOS

Existen dos aproximaciones una de carácter cuantitativo como cualitativo, las dos no establecen una diferencia de los conceptos de peligro y vulnerabilidad, se supone que los métodos cuantitativos reportan una información más objetiva, pero debido a la falta de información que se tiene en general, se utilizarán los métodos cualitativos, particularmente esta situación se presenta zonas urbanas que han alterado de forma radical las cuencas hidrográficas.

Para los estudios de carácter cuantitativo se utilizan métodos estadísticos y probabilísticos, el método a aplicar depende principalmente de la recurrencia del fenómeno y de la variación espacial.

La aplicación del método cualitativo implica el conocimiento preciso de la amenaza, pero expresado a partir de la experiencia y observación de campo. La probabilidad de los eventos peligrosos son estimaciones realizadas dependiendo del punto de vista de los especialistas.

El marco metodológico del estudio se basa en una combinación de métodos cualitativos con algunas aproximaciones de carácter cuantitativo (cuali-cuantitativo), todo de acuerdo con la escala de trabajo utilizada la que fue de 1:15,000, plasmado a escala 1: 25 000.

Se identificaron dos grandes grupos de variables que se denominaron: Indicadores antecedentes e Indicadores potenciales.

2.5.1. INUNDACIONES

A. EVALUACIÓN DE LAS INUNDACIONES

Factores antecedentes: Este método se detallo para aquellas microcuencas en donde ha sido borrado el canal natural, por lo que el patrón de inundación en estas zonas responde a rasgos micro-morfológicos y a la disposición de la retícula urbana. Para poder identificar las zonas más peligrosas por inundación en donde no se presenta un canal natural se hicieron recorridos de campo para obtener la siguiente información:

- Dirección del escurrimiento:
 - La altura del encharcamiento o inundación.
 - La velocidad del agua.
 - El proceso.
- Las veces que se ha presentado la inundación, y datos complementarios.

Factores potenciales: Los factores potenciales tienen que ver con el comportamiento del agua en el sistema. Las Metodologías utilizadas para identificar este patrón se aplica para cada una de las microcuencas identificadas, se partió de la aproximación hecha por Barros y Vallejo se discrimina el agua que corre por las calles definido como microflujo y el agua que es conducida por los canales se denomina macroflujo. Aplicada al macroflujo, consiste en lo siguiente:

- Identificación de los tramos de los canales naturales o antropicos, con objeto de identificar aquellos que se consideran críticos o de atención (según la evaluación de problemas ambientales actuales en las corrientes), los que tienen registro de inundación (según la información histórica) y los que tienen incapacidad para un periodo de retorno definido (según la evaluación hidráulica):
- Cruzando la información de los dos criterios, se identifican las situaciones de los tramos más críticos en cuanto amenaza por inundación, así como priorizar las acciones en función de los segmentos con menos capacidad para evacuar volumen de acuerdo con los periodos de retorno considerados y los registros históricos.

Mediante la evaluación de cada tramo según los criterios, se identifican los de mayor amenaza de inundación para la población, bajo las siguientes consideraciones de la *Identificación y evaluación del patrón del Microflujo para cada microcuenca evaluada*:

$$Ic_{\text{corriente}}_{\text{según tramos}} = \frac{\text{Número de tramos críticos}}{\text{Número de tramos totales de la corriente}} \times 100 \quad (1)$$

$$Ic_{\text{corriente}}_{\text{según longitudes}} = \frac{\text{Longitud de los tramos críticos}}{\text{Longitud total de la corriente}} \times 100 \quad (2)$$

$$Ic_{\text{ponderado}} = \frac{\sum (Ic \cdot \text{longitud})_{\text{corriente}}}{(\text{longitud total de las corrientes})_{\text{microcuenca}}} \times 100 \quad (3)$$

De acuerdo con Nania 1999 las calles no se diseñan para conducir el agua de lluvia en grandes cantidades, sino que se diseñan para la circulación de personas en vehículos. Sin embargo suelen estar preparadas para conducir una pequeña cantidad de agua, principalmente la que se genera en la propia calle y con el propósito de que se interceptada en el transcurso de un corto trayecto por una boca de tormenta o un imbornal.

De acuerdo con Nania 1999 del punto de vista hidráulico una red de calles se distingue dos tipos de elementos, las calles por un lado y los cruces por el otro. De acuerdo con Nania 1999 el flujo que se identifica en las calles es de tipo no permanente, gradualmente variable en el tiempo y el espacio.

Criterios de evaluación:

- Criterios antecedentes:
 - Calado.
 - Velocidad.
 - Estabilidad de las tres personas.
- Criterios potenciales.
 - Periodo de retorno

- Comportamiento del microdrenaje sobre el cruce de calles:
 - Control de la dirección mediante el diseño urbanístico.
 - Condiciones de flujo supercrítico.
 - Condiciones de flujo subcrítico.

B. ZONAS DE PELIGRO

Condiciones en las subcuencas del Toluquilla-El Ahogado: Actualmente son las microcuencas que están registrando el mayor impacto en la distribución de los porcentajes de los componentes del ciclo del agua, debido fundamentalmente a la intensa urbanización que se está registrando. En la mayoría de los desarrollos cada uno ha establecido su propia política de manejo del agua.

Se han identificado los siguientes impactos:

- Se está incrementando notablemente la impermeabilización de la zona.
- No se amplió la red de colectores principales, se están utilizando los preexistentes.
- Se desarticuló parcialmente los vallados.
- Existe una anarquía en el comportamiento del microflujo.
- El agua que escurre se descarga a pocos canales, incrementándose notablemente los caudales pico y disminuyendo los tiempos de concentración.
- Ante el incremento de los caudales en algunos vallados principales se están presentando intensos procesos geomorfológicos; como erosión en sus márgenes.
- Se está registrando una pérdida paulatina del funcionamiento de los vallados.
- Mal funcionamiento de los vallados debido a que han sido impactados con distintos criterios generándose diversos tramos lo que repercute en comportamientos hidrológicos diversos.
- Actuaciones que están comprometiendo la capacidad hidráulica de los vallados existentes.
- Perdió la capacidad de regular los caudales picos debido a la pérdida de los bordos (El Cuatro, Real del Valle, El Mulato, El Cuervo, La Teja) producto de la urbanización.
- En la mayoría de los fraccionamientos no existe una red de captación de agua pluvial.
- Las calles han substituido la red de drenaje pluvial, lo que determina la orientación del microflujo (zonas de concentración).
- Vallados se han convertido en canales de flujo permanente.
- El canal de Las Pintas se está convirtiendo en el único captado de aguas de todas las microcuencas.
- El agua que es drenada al canal de Las Pintas ocasiona por los secundarios ante un mayor nivel en Las Pintas, esta no pueda ser desfogada y se acumule agua arriba a lo

largo del canal acentuando el problema de desborde.

- Urbanización en las márgenes del canal Las Pintas (Atequiza), representa una zona más baja que el lecho del canal.
- Urbanización de zonas bajas (antiguos cuerpos de agua y ladrilleras).



Foto 2-20. Crecimiento urbano sobre el valle agrícola de Tlajomulco mediante manchas aisladas que complican el flujo del agua.

Condiciones en las microcuencas de Tlajomulco-Cajititlan: Es una microcuenca de tipo endorreico³ (sistemas de drenaje interno) se encuentra limitada por un conjunto de lomas y cerros que la separan de la subcuenca del Ahogado y del Río Santiago, así como de San Isidro Mazatepec. El emplazamiento del Volcán Cuexcomatitlan ha dividido en dos a esta cuenca cerrada, en el sector oriente se ha formado un cuerpo de agua permanente, mientras que la parte oriente se ha formado una planicie.

Se han identificado los siguientes impactos:

- Cambio de uso del suelo en las laderas de los cerros que circundan la cuenca.
- Incremento de los procesos erosivos y acumulativos.
- Incremento de la escorrentía superficial.
- Cambios constantes en las características de los canales en la zona urbana lo que modi-

³ Es un área en la que el agua no tiene salida superficial por escurrimientos. El término proviene de las raíces griegas *endo* interior *rehin* fluir.

fica y comprometa la capacidad hidráulica.

- Incremento del caudal pico sobre el canal principal que conduce al poblado de Tlajomulco hacia Cajititlan, incrementandose el problema de desborde.
- Problemas de inundación sobre el margen derecho de la vía Tlajomulco Cajititlan, el terraplén se ha convertido en un dique para las aguas superficiales.
- Pérdida de la superficie del vaso lacustre por elaboración de terraplenes.

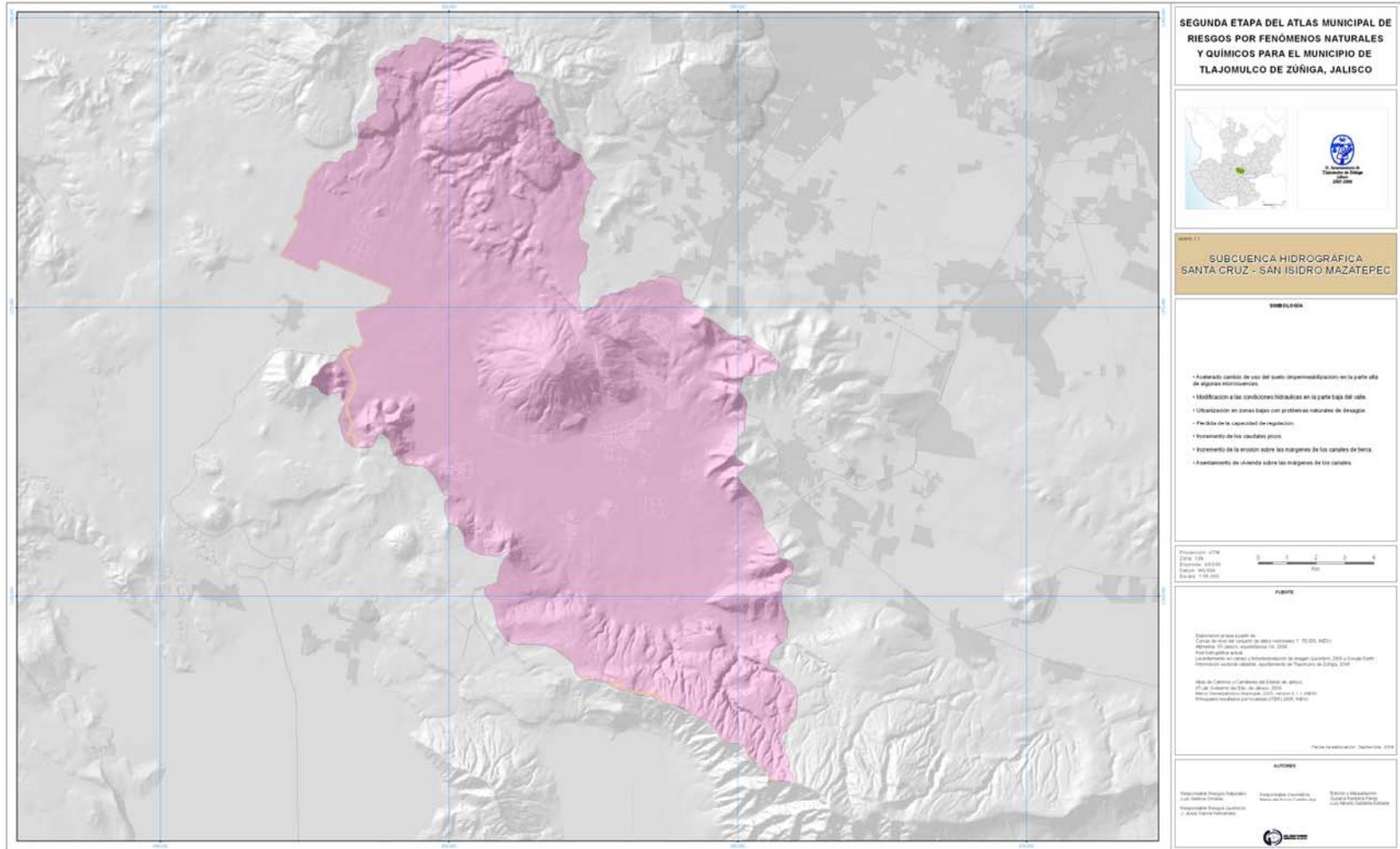


Foto 2-21. Lago de Cajititlán bordeado por lomeríos basálticos.

Condiciones de las microcuencas Valle de Santa Cruz y San Isidro Mazatepec: El Valle de San Isidro Mazatepec, está dispuesto sobre una estructura tectónica hundida tipo graben, en sentido NO-SE, está limitado por un conjunto de conos volcánicos al sur y el piedemonte de la sierra la Primavera al norte. El sistema drena hacia la subcuenca del Río Ameca. La microcuenca se forma sobre secuencias cuaternarias volcánicas formadas por los domos riolíticos y piedemonte de piroclastos, así como conos monogénéticos de naturaleza volcánica. En su parte central se formaba un cuerpo de agua permanente denominado Playas de San Isidro.

Se han identificado los siguientes impactos a las condiciones del escurrimiento del agua:

Mapa 2-15. Subcuenca hidrográfica Santa Cruz-San Isidro Mazatepec.



- Acelerado cambio de uso del suelo (impermeabilización) en la parte alta de algunas microcuencas.
- Modificación a las condiciones hidráulicas en la parte baja del valle.
- Urbanización en zonas bajas con problemas naturales de desagüe.
- Pérdida de la capacidad de regulación.
- Incremento de los caudales picos.
- Incremento de la erosión sobre las márgenes de los canales de tierra.
- Asentamiento de vivienda sobre las márgenes de los canales.
- Habilitación del cauce natural como calle del poblado.



Foto 2-22. Planicie de Santa Cruz de La Flores. Limitada al fondo con un conjunto de cerros de naturaleza volcánica.

C. EVENTOS HISTÓRICOS Y RECIENTES

Factores antecedentes: La información histórica tiene como principales objetivos aportar información en la medida de lo posible sobre los siguientes aspectos:

- Tipología de los procesos históricos de inundación.
- Localización y delimitación de zonas históricamente inundables.
- Niveles alcanzadas de crecidas históricas.
- Reconstrucción de los eventos históricos.

Por otro lado la mejor manera de incrementar la cantidad de información en el proceso de estimación de parámetros para calibrar los modelos de susceptibilidad es incluir la información histórica.

UGaceta
UNIVERSITARIA

SOCIEDAD

9 de mayo de 2005 | 9

Mariana González
marianag26@hotmail.com

En las últimas dos administraciones, el cabildo de Tlajomulco aprobó la construcción de al menos 107 nuevos fraccionamientos, más otros cuatro que ya cuentan con aval del presidente municipal.

La expansión citadina ha propiciado un mayor deterioro ambiental y el cambio de uso de suelo en diversos puntos de esta demarcación. Inundaciones, hundimientos y deslaves son frecuentes en colonias como Las Pintas, Del Valle, Santa Anita, Unión del Cuatro y Toluquilla.

El interés de las autoridades por dotar de mayor infraestructura a ese municipio impacta de manera negativa en el ambiente y la calidad de vida de sus pobladores, quienes están en riesgo constante.

Contaminación en la laguna de Cajititlán
El macrolibramiento que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes pretende construir este año, y que uniría la autopista de cuota de Zapotlanejo con la parte sur de Tlajomulco, agudizaría las condiciones de las colonias cercanas a la laguna de Cajititlán, afirmó el investigador del Departamento de Geografía, de la UdeG, Luis Valdivia Ornelas.

Esta nueva vialidad, que de acuerdo con el proyecto pasaría cerca de la laguna, aumentará la urbanización y generará mayor contaminación del agua, pérdida de la cubierta vegetal, disminución de áreas agrícolas, mayor necesidad del vital líquido para abastecer a los habitantes y más perforación de pozos.

En palabras de Valdivia Ornelas, el punto de mayor gravedad radica en la cuenca de Cajititlán, por ser de carácter endorreica, es decir, carece de "salidas" hacia el río Santiago o a San Isidro Mazatepec, de manera que los desechos urbanos quedarán estancados en la laguna.

Con las posibles nuevas urbanizaciones "habrá mayor necesidad de recursos naturales, en particular de agua, así como un incremento en el manejo de desechos urbanos. Muchos canales, que por tradición han sido utilizados para la agricultura, ahora sirven para descargar aguas negras. Esto propicia contaminación de parcelas, cuyos remanentes van a dar al vaso lacustre".

El académico, quien encabeza un grupo de trabajo que elabora el mapa de riesgo de esta localidad, considera que los efectos de las urbanizaciones masivas están apareciendo en los fraccionamientos de interés social y campestres, mismos que en los últimos cinco años fueron construidos a lo largo de la carretera Tlajomulco-Cajititlán.

El macrolibramiento agravaría la situación, ya que esta es un área con enorme concentración de agua, aspecto que generará inundaciones y polución, "a corto plazo, quizá en dos años".

Pese al riesgo latente en que viven miles de personas, el ayuntamiento no ha previsto las posibles consecuencias derivadas del aumento de casas habitación de los últimos cinco años. Ni siquiera ha pedido asesoría a especialistas para conocer la situación geográfica y ambiental del lugar.

De agrícola a urbana
Las colonias Toluquilla y Las Pintas, consideradas entre las más susceptibles de sufrir inundaciones en Tlajomulco, pasaron de ser áreas agrícolas a zonas urbanas, aseveró Valdivia Ornelas.

"Hubo una modificación drástica en las condiciones hidráulicas del valle de Toluquilla. Cuando construyeron los espacios habitacionales, las autoridades debieron adaptar dichas condiciones a las características urbanas, algo que no han hecho".

El canal de Las Pintas, que era una tubería abastecedora de agua, ahora sirve para recolectar lluvia y aguas negras, tarea para la que no fue diseñado, pues el ritmo de descenso es suave, de manera que no puede conducir grandes volúmenes de líquido. Por esto, cuando llueve mucho, el canal se desborda.

Incluso existen urbanizaciones con elevadas concentraciones de población, sobre todo de bajos recursos económicos, en los márgenes del canal, circunstancia que modifica la dinámica natural y aumenta el nivel de daños que pueda provocar una inundación.

"También están urbanizando áreas donde antes había agua. En dichos lugares rellenan con basura para construir, situación que propicia anegaciones y hundimientos".

Estos ocurren porque las autoridades no realizaron estudios del suelo, mismo que es bastante deformable por la presencia de arcillas contráctiles o dilatables con el agua.

Si a lo anterior agregamos que las viviendas son de mala calidad, obtenemos como resultado una zona bastante susceptible a fracturas. ■



Fueron rellenados con basura canales de agua, con el objetivo de urbanizar zonas del lugar. FOTO: MIGUEL SANCHEZ | GACETA UNIVERSITARIA

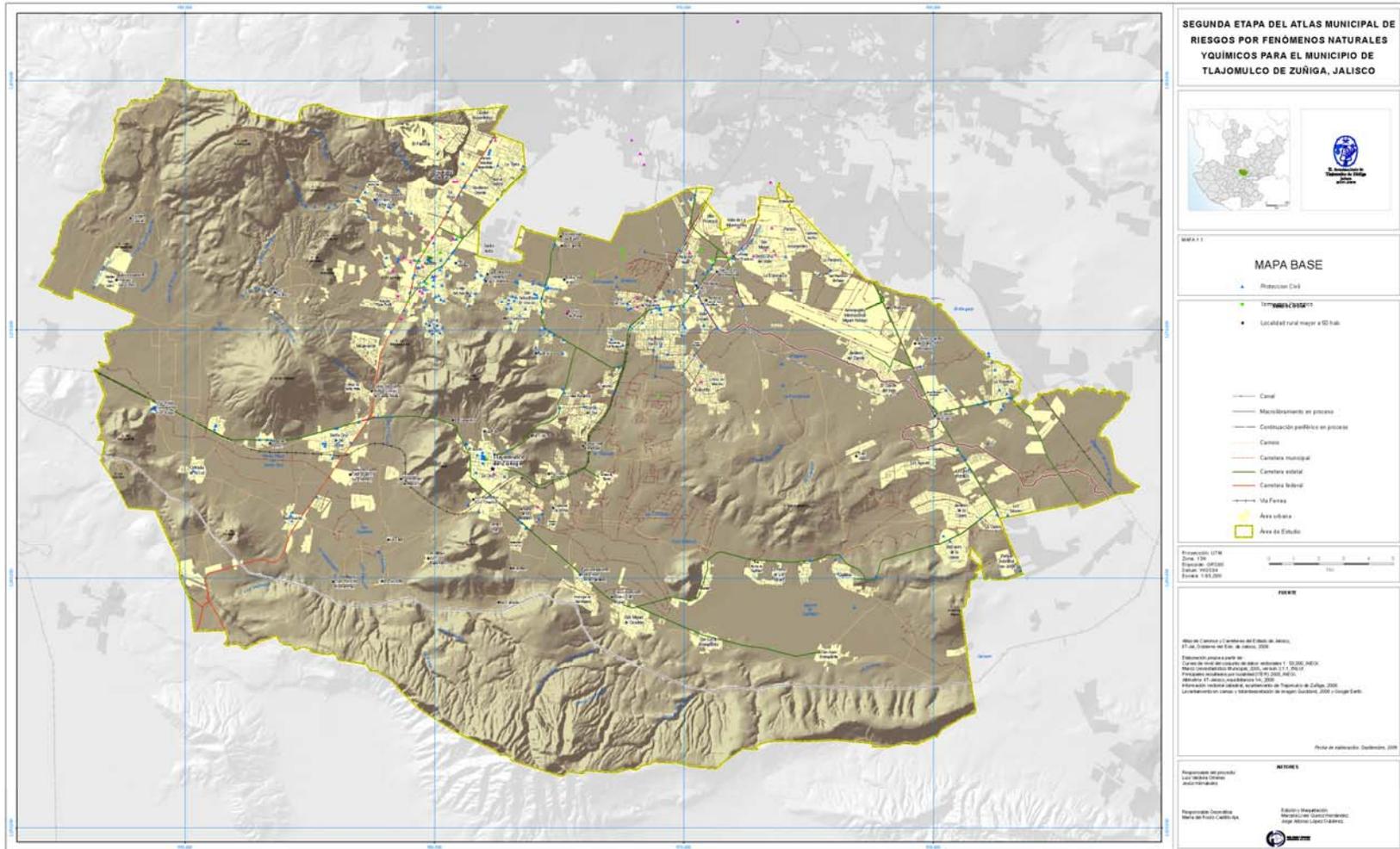
PRONOSTICAN INUNDACIONES Y HUNDIMIENTOS

En riesgo pobladores de Tlajomulco

A pesar de que la urbanización masiva en este municipio ya ocasiona estragos a la población, el ayuntamiento no ha puesto freno a la construcción de nuevos fraccionamientos en zonas que no son las adecuadas para esto.

Foto 2-23. La consulta hemerográfica de la ZMG como una de las principales fuentes de información.

Mapa 2-16. Mapa base de los riesgos por fenómenos naturales.



Par la evaluación de los factores antecedentes se recurrió a las siguientes fuentes de información, la hemeroteca de los periódicos El Informador, El Occidental, etc., de recorridos de campo, y de la base de datos del Atlas estatal de Riegos Naturales, la unidad municipal de Protección Civil Evaluación histórica y reciente.

De acuerdo con la información existente solo el año pasado se vieron afectadas ocho empresas, dos escuelas y 174 vehículos directamente por los diversos puntos donde quedaron varados; también alrededor de 83 árboles caídos en los cinco municipios.

Se reconocen las siguientes zonas como críticas:

- Fraccionamiento Bosques de Santa Anita-Avenida López Mateos.
- Avenida López Mateos desde Bugambillas hasta san Agustín (paso de desnivel de San Agustín).
- Cerro Colorado- San Agustín.
- Lomas de San Agustín.
- La Lagunita.
- La Loma.
- San Sebastián-El Tempisque.
- La Roca.
- Hacienda Los Fresnos.
- Villas de la Hacienda.
- Valle de la Misericordia-Colonia Los Sauces.
- Santa Cruz del Valle.
- La Avenida Concepción.
- La Arbolada Plus-Jardines del Eden.
- Haciendas Sana Fe-Chulavista.
- Lomas del Sur.
- Cabecera Municipal.
- Hacienda de los Eucaliptos.
- Fraccionamiento San Diego.
- La Alameda.
- El Capulín
- El Zapote
- Balcones de La Cantera
- Santa Cruz del Valle
- Buenavista
- Villa de Las Flores
- La Cofradía
- Ribera de la laguna de Cajititlan

Inundaciones en Cajititlan: En la zona de la Ribera de Cajititlán se presentan periódicamente inundaciones debido al aumento del nivel del lago y a la urbaniza-

ción, cada vez más baja de sus márgenes, y al cambio del uso del suelo, lo que incrementa la impermeabilización en una cuenca cerrada. Uno de los problemas que tiene el lago, particularmente se presenta en la ribera sur, es que se esta perdieron superficie debido al crecimiento de las tierras mediante la elaboración de terraplenes. De acuerdo con la foto-identificación multitemporal con imágenes para 1970, 2003 y 2008 se estima la pérdida de poco más del 1% de su superficie.

D. MITIGACIONES, CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Mitigaciones

En la estrategia de mitigación se definen 4 posibilidades:

- Establecer una política de antipeligrosidad (Pj) una presa de laminación de avenidas
- Antiexposición, la ordenación del territorio como forma de reducción permanente de la exposición; la evacuación tras la alerta como formula de reducción temporal.
- Anti vulnerabilidad (diseño de calidad).
- Y estrategias integradas que son la combinación de los elementos anteriores.



a)



b)



c)

Fotos 2-24 a, b y c. Mitigaciones intentadas contra los daños por inundaciones.

De estas se tienen documentadas únicamente las siguientes en el municipio:

- Costales para tratar de controlar los daños en las viviendas por microflujo.
- Levanta márgenes de los canales donde se esta incrementando el macroflujo de manera considerable.
- Desazolve parcial de canales.

Conclusiones

Debido su condicione topográfica y geológicas del municipio, posee tres tipos específicos de patrones superficiales de movimiento del agua (hidrográficas-hidrológicas), por un lado tiene rasgos del valle de Atemajac, se caracteriza por redes incipientes poco organizadas y someras, por el otro existen características de redes naturales formadas en laderas de cerros en donde tenemos cauces de fuertes desniveles, con rupturas de pendiente y tercero zona bajas con problemas naturales de desagüe (zonas pantanosas).

Los arroyos y la ciudad comenzaron a construir la relación de peligro a partir de los años de 1990-2000 bajo un clima de mayor aceptabilidad social del riesgo y con una sociedad menos vulnerable que la actual, es decir el proceso de ocupación de este territorio ha ido desarrollando y consolidando un modelo que ha supuesto la potenciación paulatina del riesgo natural. De esta forma, la red de drenaje (natural y antropica) esta recibiendo sin renovarse, los cambios habidos en los usos del suelo.

Se trata de una red encajonada en sus tramos medios y finales por la urbanización, estrangulada por una serie de infraestructuras urbanas interceptoras, no mejorada o renovada para afrontar las escorrentías inducidas por las nuevas extensiones urbanas, y presionada por unos caudales más críticos que los originales vinculados a las transformaciones de usos en sus cuencas. Además son múltiples las interferencias de las infraestructuras urbanas con la red drenaje que limitan su funcionalidad.

La funcionalidad y características físicas de los arroyos en su transcurso urbano, muy ajustadas y limitadas, fueron establecidas ya en los años noventa bajo un marco de escasa consideración de los riesgos de inundación. Desde entonces apenas se han realizado operaciones de mejora de los puntos críticos de la red de drenaje. Esto ha repercutido en que los arroyos no tienen capacidad para evacuar en muchos casos avenidas ordinarias y muchos menos avenidas extraordinarias.

Las intervenciones en cuencas y cauces han tenido un carácter puntual, generándose de forma independiente entre sí, y sin contemplar los posibles efectos acumulativos sobre las avenidas.

La falta de una definición y consideración unitaria del cauce se produce una fragmentación de hecho del mismo y de sus condiciones funcionales de forma que las distintas intervenciones infraestructurales y transformaciones urbanísticas no garantizan la conservación de su capacidad de evacuación. Entre las situaciones de riesgo más frecuentes se destacan:

- La distorsión de las corrientes propiciada por la sucesión longitudinal de tramos fluviales con distinto tratamiento funcional (a cielo abierto o soterrado, urbanizado o natural).
- La potenciación de efectos sobre las zonas no defendidas derivada de la ejecución de defensas exclusivamente para una de las márgenes o para un sector de suelo urbanizable.
- Discrepancias en el diseño y dimensionamiento de los tramos embovedados o a cielo abierto alternos.
- Del estudio realizado se desprende que ninguno de los cauces de arroyos canalizados tienen capacidad suficiente para desaguar la avenida con períodos de retorno de 50 años mucho menos de 100 años de periodo de retorno, por lo que se considera.
- Existe una relación directa entre superficie revestida y volumen máximos esperados.

Propuestas

De acuerdo con los criterios de la ONU se define en conjunto de acciones de carácter estructural y no estructural para establecer una política de anti peligro, anti vulnerabilidad en un marco de mitigación y gestión del riesgo.

Propuestas estructurales: Por ser una zona en donde se esta incrementando considerablemente la urbanización, y esta modificándose drásticamente el componente de la infiltración dentro del ciclo del agua se considera fundamental establecer una estrategia de reducir el caudal del agua pluvial que se transforma en esorrentía, aumentando la infiltración y la detención inicial en el lugar en donde llueve. Es necesario establecer una política aguas abajo de laminación del agua.

Así también se han registrado fenómenos de inundación debido al incremento de la altura de la laguna en la zona de Cajititla, particularmente este evento se presentó en el año de 1997, aumentando el nivel más de 2 m en menos de 15 días. Es necesario establecer una política de mitigación de los daños, por lo que se necesita una política de manejo del peligro a través de:

- Disminuir la magnitud y recurrencia de las inundaciones.
- Disminuir la velocidad de respuesta de las cuencas.
- Disminuir la peligrosidad del microflujo. (arrastre de personas y vehículos).
- Establecer criterios de transitabilidad de las calles.
- Establecer criterios claros del manejo del macroflujo. (laminación, retención establecer un programa de depósitos de retención).
- Cada microcuenca tiene su propia funcionalidad, por lo que deberán de hacerse estudios específicos para no impactar de manera significativa este proceso y que después se tengan repercusiones negativas.
- Establecer criterios de impermeabilización máximos por cada microcuenca.
- Inundar aéreas para proteger a otras.
- Restaurar cauces (recuperar la continuidad y desazolvar para no generar lo que se llama el golpe de agua).
- Recuperar las condiciones ecológicas de las riberas.
- Estabilización de los bordes activos (controlar los procesos de erosión).
- La comunicación que tienen los afluentes con el canal Las Pintas es necesario rediseñar la conexión ya que descaran de manera perpendicular, eso genera varios problemas, uno de ellos tiene que ver cuando la pared del agua es mayor en el cana Las Pintas, no puede el agua incorporarse por lo que se acumula agua arriba por el canal lo que puede desbordarse. y segunda ante la súbita disminución de la velocidad del agua que viene de los canales afluentes al incorporarse a Las Pintas se genera importantes proceso de sedimentación, que con el tiempo se presentan fenómenos de taponamiento o disminución de la capacidad de evacuación.
- Rehabilitar bordos y represas (proteger las que todavía existen).
- Rehabilitar sus infraestructuras (bordos y compuertas).
- Generalmente el diseño y cálculo de los encauzamientos se viene realizando en hipótesis de avenidas de aguas limpias.
- Es necesario que los desarrollos urbanos garanticen la continuidad en la capacidad hidráulica de los cauce principales, no debe haber modificaciones puntuales, el canal se debe considerar de manera integral como un solo elemento.
- Cualquier modificación tiene que estar en función de los diseño para tormentas con alta recurrencia, particularmente en la zona de Toluquilla y Cerro del Cuatro.
- Es necesario establecer criterios como cuenca de amortiguamiento.
- Es necesario en ciertos segmentos establecer medidas de puntuales de carácter estructural.
- En conclusión el riesgo por inundaciones súbitas no estas relacionadas con el descono-

cimiento de la casuística de la ocurrencia que justifique el desconocimiento de la ocurrencia procesos naturales de carácter extremo. O de la falta de previsión ante los cambios originados por el proceso urbano dentro del ciclo hidrológico.

- Analizar el nivel de respuesta actual de la red de drenaje ante los riesgos de avenidas, identificar los problemas y establecer las soluciones pertinentes, especialmente en cuencas donde se prevean nuevos desarrollos urbanísticos, e incorporar las actuaciones necesarias para conseguir su adaptación a las características y dimensiones de la nueva ciudad.
- Es necesario recuperación hasta donde se pueda de humedades (presas, bordos, zonas bajas etc.).
- Es necesario crear redes de conducción de agua pluvial.
- Es necesario Optimizar las estructuras de retención y detención de agua.
- Disipación de energía en redes de saneamiento y drenaje.
- Establecer una política diferencial en zona urbana y en zonas de reserva urbana.
- Identificar y detallar los procesos de circulación del agua en zonas urbanas
- El flujo en las calles requiere de una adecuada modelización que los modelos conceptuales no recogen.
- Es necesario estudiar el drenaje urbano de carácter integral, entendiéndose el movimiento en dos planos de drenaje paralelo, uno superficial y otro subterráneo interconectados por medio de las bocas de tormenta o imbornales.
- Es necesario el estudio de las aguas pluviales no solo cuando alcanza la red subterránea de alcantarillado, sino también en superficie, puesto que está comprobado la existencia de problemas de inundación incluso cuando la red de alcantarillado se encuentra a medio llenar

Propuestas no estructurales. Incorporar en el proceso de planificación los condicionantes del medio físico, y en especial los relativos a la red hídrica y sus riesgos naturales. El estudio de la dinámica del medio natural debe considerarse como crítico fundamental en los estudios locales de ordenamiento o planeación, es necesario definir un modelo de desarrollo urbano contrastado con la realidad físico-territorial del municipio. El nuevo crecimiento, basado en criterios de sostenibilidad y racionalidad y cuya viabilidad debe quedar asegurada, debe causar los mínimos efectos posibles sobre la red hidrográfica y el ciclo del agua. Se tiene que considerar las repercusiones de este nuevo modelo de crecimiento sobre los cauces fluviales y sus riesgos asociados, incorporando las infraestructuras y medidas de corrección y prevención necesarias.

Se requiere establecer las siguientes acciones:

- La formación de comités por barrio para mantener en constante alimentación, permite construir en un grupo de alerta ante inundaciones y de apoyo para identificación de puntos críticos.
- Educación a la población ya que existe muchos canales en donde las personas pueden caer o ser arrastradas por el macroflujo y el microflujo (identificar las zonas de peligrosidad).
- Los proyectos deberán de considerar los impactos tanto aguas abajo de las descargas como aguas arriba.
- Introducir determinaciones para el planeamiento de desarrollo y, específicamente, para los proyectos de urbanización, que garanticen una transformación del medio respetuoso con el dominio público hidráulico y un funcionamiento eficaz de la red de drenaje natural.
- Se considera fundamental establecer una política de mitigación de los daños, por lo que se necesita establecer una política de manejo del peligro a través de:
 - Reducir la exposición de la población a las inundaciones.
 - Establecer una política diferencial en zona urbana y en zonas de reserva urbana.
 - Cada microcuenca tiene su propia funcionalidad, por lo que deberán de hacerse estudios específicos para no impactar de manera significativa este proceso y que después se tengan repercusiones negativas.
 - Establecer criterios de impermeabilización máximos por cada microcuenca
 - Establecer un marco normativo general en zonas en donde existe áreas de reservas urbanas.
- Evaluación y monitoreo continuo del balance hidrológico a partir de cambio de uso del suelo.

Es decir incorporar los principios básicos para el manejo del drenaje pluvial (gestión de la escorrentía urbana):

- Reducir el caudal del agua pluvial que se transforma en escorrentía, aumentando la infiltración y la detención inicial en el lugar en donde llueve.
- Laminar el agua en los sistemas unitarios.
- Tratar el agua.
- Los sitios de regulación de avenidas máximas deben de preservarse de manera prioritaria, ya que son elementos fundamentales para que no se generen impactos negativos en áreas extensas urbanizadas.
- Se necesitan proyectos de seguridad hidráulica en zonas bajas en microcuencas que se están viendo severamente impactadas en su parte alta.

2.5.2. HUNDIMIENTOS

Los hundimientos en el municipio se deben a una serie de variables como:

- a. Movimientos diferenciales (producto de compactación, geotecnia, antropicos),
- b. Agrietamiento (por subsidencia, condiciones geotécnicas, rellenos),
- c. A la combinación.
- d. Factores antropicos. (fugas en redes, etc)

A. TIPOS DE HUNDIMIENTOS

Hundimientos diferenciales: Estos están relacionados con:

- a. Dinámica natural del subsuelo. (arcillosos conglomerados no compactados).
- b. Presencia de zonas rellenadas. (basura, escombros o nivelados no compactados)

Para analizar cada uno de ellos se requiere de procedimientos particulares. De acuerdo con la información histórica y actual zona de Lomas del Sur presenta un proceso de hundimiento asociado con un deslizamiento (creep), de sedimentos con consolidados el cual está afectando alrededor del 70% de las viviendas, con daños que se pueden considerar severos.

Hundimientos asociados con agrietamientos: Se considera que se relacionan con:

- a. Pérdida del volumen debido a el Impacto de la extracción del agua en el paquete de sedimentos (modificación de los niveles piezométricos).
- b. Presencia de rasgos tectónicos preexistentes.
- c. Condiciones geomecánicas distintas de las capas geológicas relacionadas con la evolución.
- d. Geológicos-geomorfológicos (zonas bajas acumulan arcilla).
- e. Antiguos rellenos
- f. Características geomorfológicas.
- g. Galerías de sufosión/Quanats.
- h. Fallas activas/sismos/fallas-creeping.



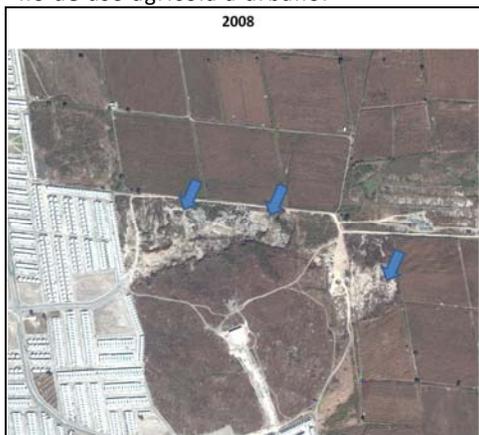
Foto 2-25. Vivienda severamente dañada en Lomas del Sur.



a) Secuencia de la transformación de un terreno de uso agrícola a urbano.



b) De uso agrícola pasa a de extracción de arena.



c) Posteriormente se niveló o rellenó para dar paso a la urbanización.



d) Zona ya rellenada y urbanizada.

Fotos 2-26 a, b, c y d. Imagen multitemporal de una zona impactada por la extracción y remoción de materiales. La extracción genera depresiones topográficas, posteriormente rellenas para urbanizar.

Se han registrado por lo menos dos eventos de agrietamiento en la zona. Estos se localizaron en la zona conocida como El Rinconcito y en San José del Valle, el primer evento de aparentemente tiene que ver con rellenos de vallados. El registro del agrietamiento se debió a una inundación de la zona la cual compactó parte del material, haciéndose más notorio en las zonas de relleno, el segundo caso tiene que ver con agrietamientos de suelos que tenían condiciones palustres y lacustre.

Hundimientos asociados con infraestructura: Este tipo de hundimientos es más puntual y se debe principalmente a fugas en la red principalmente de agua potable y drenaje, esto aumenta el lavado de los materiales finos (piping), y disminuye la capacidad al esfuerzo cortante del material. Las zonas de mayor fuga se asocian a: infraestructura en mal estado, antigua, poco mantenimiento, y sentada en zonas de relleno zonas en donde la red es insuficiente por incremento de la superficie revestidas.

Hundimientos asociados con rellenos: Por las condiciones de pendiente y morfológicas del valle de Toluquilla y por ser una zona de extracción de materia⁴ para la construcción se ha generado una amplia zonas rellenas de diverso material va desde basura, pasando a escombros rellenos con criterios geotécnicos.

B. PRONÓSTICOS

Por las características geológico-geomorfológicas del municipio la zona registra área con fuerte inestabilidad, ya sea por la presencia de conglomerados no consolidados o arcillas expandibles, situación que se está viendo ya reflejada en zonas como Lomas del Sur, en donde las viviendas están registrando severos hundimientos y desplazamientos diferenciales.

⁴ Se identificaron 216 antiguas de extracción de material, con diverso tamaño que suman alrededor de 1,200 Ha.

Esta condición natural que tiene el municipio producto de la evolución geológico-geomorfológico del municipio se suma el incremento de superficies problemáticas debido al relleno que se ha hecho de amplias superficies; alrededor de 1,100 Ha para la nivelación de terrenos, así como urbanización de suelos lacustres.

Dentro de los proceso de remoción en masa se tiene uno peligroso en particular producto de las condiciones topográficas del municipio (fuertes desniveles e importantes microcuencas) son los aludes, se tiene documentado eventos grandes en la ladera de La Sierra El Madroño, pero también se ha observado canales de deslizamiento sobre las laderas del cerro de Las Latilla y Tolotepec, así como registro constante de fuerte sedimentación (piedras y lodo) en cauces que baja y cruzan asentamientos humanos, como en la zona de Vista del Valle, Santa Cruz de la Loma principalmente.

Así también se tiene registrado evento de formación de grietas, tema que es necesario estudiarlo de manera puntual por lo que puede impactar las políticas de urbanización.

2.5.3. PROCESOS DE REMOSIÓN EN MASA

En este rubro encontramos una gran variedad de procesos geológico-geomorfológicos, los agentes más importantes son el agua y la gravedad, se han identificado los siguientes procesos:

- Desprendimiento y caída.
- Flujos (aludes).
- Erosión en cárcava (lateral, fondo y sedimentación).

Desprendimiento y caída: Existen varios tipos de métodos, los que calculan la susceptibilidad de ocurrencia de eventos peligrosos, usando modelos de variabilidad de las pendientes, suelo y roca, para determinar la probabilidad es necesario definir el tiempo de exposición. Para abordar el tiempo de exposición se puede utilizar información de carácter histórico, es decir, el registro de eventos

ocurridos en el pasado, en un área determinada, durante un período de tiempo determinado.

Estimación cualitativa (susceptibilidad): Esta aproximación se base es caracterizar los atributos geotécnicos, geológico y geomorfológicos que indican la probabilidad de un desprendimiento. El primer paso es realizar un inventario del evento sucedidos en el pasado para poder identificar las zonas que históricamente han registrado eventos. El segundo paso consistió en establecer una serie de criterios de campo para identificar deslizamientos que dejado marca “cicatrices” de deslizamiento. Criterios:

1. Geología,
2. Identificación de sistemas de fractura (planos cinemáticos).
3. Mapeo de las trayectorias de los bloques caídos.

Flujos de escombros (aludes): Los aludes son un evento importante en zonas donde existen fuertes desniveles topográficos, y se conjugan alteraciones a las condiciones de estabilidad de la vertiente por las pérdidas de la cubierta vegetal. En el municipio se han registrado en la ladera norte de la sierra El Madroño entre San Lucas Evangelista y San Miguel Cuyutlan, estuvieron asociado a la intensa precipitación que se dejos entre en octubre de 1956 por la presencia de un Huracán en las costas de Colima. Así también se pueden observar rasgos de canales de deslizamiento sobre las laderas altas de cerro de Las Latillas, en las microcuencas que drenan hacia la cabecera municipal y en la zona del Tempisque.

Criterios generales para la identificación de las zonas peligrosas:

- Identificación de las zonas donde históricamente se han presentado los eventos.
- Caracterización del patrón de precipitaciones previo a los deslizamientos que se han registrado (condiciones pretormenta).
- Realización de mapas morfométricos, de pendientes, hipsométrico, orientación de la vertiente, con el objeto de discriminar zonas con diferentes valores, las cuales son más propicias tanto al desprendimiento y flujos, como a erosión.
- Realización del mapa geológico y de estructuras tectónicas.
- Identificación de la morfología del cauce (identificación de zonas activas y de depósito).

Las zonas que han registrado este tipo de eventos corresponden a las siguientes unidades geológico-geomorfológicas:

- Los sistema de cauce del Sierra El Madroño (San Juan San Lucas Evangelista y San Miguel Cuyutlan).
- La cara norte y sur de la Sierra de Las Latillas.
- Cerro Tolotepec.
- Parte de La sierra de La Primavera.



Foto 2-27. Erosión lateral sobre un vallado donde se ha incrementado los caudales picos y han colapsado las viviendas en Jardines de Santa Anita.



Foto 2-28. Transecto de un canal modificando anárquicamente que alterará el patrón superficial del agua: 1) Zonas nuevas de escurrimientos y depositacion; 2) Cara activa con mayor erosión; 3) Viviendas afectadas por la erosión lateral.

Erosión tipo cárcava en vallados: Los cambios del patrón del escurrimiento aguas arriba por impactos derivados de la urbanización ha generado cambios en el comportamiento del agua, se esta reflejando en el incrementando los caudales particularmente en los pico del caudal sobre los canales presionando la morfología y generando nuevos y más intensos proceso geomorfológicos como erosión lateral, mayores porcentaje de arrastre de sedimentos, lo que esta afectando severamente las construcciones que se han asentando en sus márgenes, particularmente entre San Agustín y Jardines de Santa Anita.

2.6. VEGÉTACIÓN

2.6.1 CLASES DE VEGETACIÓN Y USOS DE SUELO

Con el propósitos de identificar y ordenar los ecosistemas del municipio de Tlajomulco quedó aceptada una clasificación por sus grados de alteraciones y disturbios, expresado como tipo de hábitat (Begon et al., 2006; Wiedma et al., 2001). Además, como propósitos ilustrativos, fueron utilizados esquemas de clasificación cualitativa para los sistemas ecológicos de Heijungs et al. (1992). De acuerdo con la clasificación de los tipos de hábitat utilizada se reconocen los ecosistemas de *hábitat natural*, de *hábitat inducido* y de *hábitat artificial*. De acuerdo con la clasificación cualitativa de Heijungs et al. se distinguen 5 tipos de ecosistemas o paisajes: I *naturales*, II *modificados*, III *cultivados*, IV *construidos*, V *degradados*.

Las mayores fuentes de alteración a los ecosistemas de la región en la cual se inscribe el municipio de Tlajomulco de Zúñiga son los disturbios antropogénicos, tanto a corto como a mediano plazo. En otra arista, no pueden ser descartados los efectos de corto, mediano y largo plazo de los disturbios naturales: cambios climáticos, deslaves, inundaciones, incendios forestales, etc. Los disturbios naturales causan alteraciones a los ecosistemas, que varia desde la aparición de

claros en los bosques hasta la eliminación completa de vegetación y suelo en una determinada zona. Estos disturbios forman parte de la dinámica natural de los ecosistemas en la región, causando sucesiones de diferentes tipos: alogénicas, autogénicas primarias y autogénicas secundarias.

Los disturbios antropogénicos consisten, en buena parte, en la eliminación parcial o completa de la vegetación en un ecosistema sin la eliminación del suelo y del banco de semillas/esporas, esto permite reconocerlos como causas de sucesiones autogénicas secundarias. Un factor importante a considerar es la permanencia e intensidad del disturbio. Cuando la fuente de disturbio permanece en el sitio o el disturbio antropogénico es repetitivo el estado del ecosistema presenta una sucesión desviada (Challenger, 1998), esto incluye a la formación de un ecosistema de hábitat artificial. Cuando desaparece la fuente de disturbio, en la mayoría de los casos, inicia una sucesión autogénica secundaria.

Considerando los anteriores aspectos quedaron reconocidos para este estudio ecosistemas de *hábitat natural*, definidos por la presencia de vegetación natural en fase clímax climático o edáfico, o bien para las fases tardías de sucesión. Tales ecosistemas no están alterados en forma significativa por disturbios antropogénicos recientes y mantienen su estructura y dinámica naturales características por su tipo de vegetación. Estos son los ecosistemas de mayor valor desde punto de vista de la conservación al medio ambiente y su biodiversidad.

Los ecosistemas de *hábitat inducido* cuentan con su vegetación en fases iniciales y medios de sucesión autogénica secundaria, o en sucesión desviada por presencia de disturbios antropogénicos de baja intensidad. Tales ecosistemas están bajo una permanente presencia de disturbio antropogénico, la vegetación de estos ecosistemas queda compuesta por elementos iniciales de sucesión, elementos cultivados, elementos específicamente asociados con prácticas humanas y por plantas con estrategia ecológica de tolerancia a disturbios. Los ecosistemas de *hábitat artificial* son de menor valor para la conservación de la biodiversidad.

Cuadro 2-17
Tipos de vegetación de Rzedowski (1978) presentes en Tlajomulco:
Hábitats naturales

Bosque tropical caducifolio
Bosque espinoso
Bosque de Quercus
Bosque mixto de Quercus y coníferas (Pinus)
Bosque de coníferas (Pinus)
Bosque de coníferas (Juniperus)
Bosque de Alnus
Bosque mesófilo de montaña
Tular (vegetación acuática y subacuática)
Bosque de galería (vegetación acuática y subacuática)
Pastizal natural (zacatonal)

Los ecosistemas terrestres de *hábitat natural* se clasifican por el tipo de comunidad vegetal predominante en ellos, la vegetación aparece como un elemento constitutivo de un ecosistema. No todos los tipos de vegetación presentes en el Occidente de México se encuentran en el Municipio de Tlajomulco. De acuerdo a la clasificación de vegetación de México de Rzedowski (1978) en el Municipio de Tlajomulco (cuadro 2-17).

Los ecosistemas de *hábitat inducido* están relacionados con la vegetación que precedió a disturbios, representa el tiempo que pasó desde un disturbio de alta intensidad junto con otros de baja intensidad. En términos generales la estructura de sucesión es similar para todos los tipos de vegetación arbórea tropical. En la primera etapa, después de la deforestación, se establece una comunidad de plantas herbáceas, le sigue un desarrollo del estrato arbustivo que mas tarde cambia a una comunidad de arbustos y árboles. Procesos similares suceden en la sucesión de la vegetación templada (Bosque de *Quercus*), con diferencias en importancia en la comunidad arbustiva y por el desarrollo de un bosque abierto en las fases intermedias de la sucesión. Considerando las diferentes etapas de la sucesión y el crecimiento de las plantas predominantes fueron aceptados tres principales comunidades vegetales en el *hábitat inducido* (cuadro 2-18).

En los sitios afectados por la intensa perturbación antropogénica los ecosistemas dependen completamente de la permanencia de dicha perturbación y su clasificación se realiza por el tipo de perturbación permanente. Así, los elementos de vegetación arvense son componentes de la vegetación espontánea relacionada con los cultivos. Dependiendo del tipo de práctica agrícola y de las condiciones climáticas se forman diferentes comunidades. Una vegetación más cercana a las fases iniciales de sucesión desviada esta asociada con las plantaciones de árboles frutales o de otro tipo. En los sitios urbanizados con construcciones, elementos de infraestructura y actividad industrial (entre otros), se forma una comunidad de plantas tolerantes al disturbio conocida como vegetación ruderal. En los asentamientos humanos la vegetación ruderal se combina con las plantas cultivadas. Existen, además, los sitios alterados por la actividad humana o por los efectos naturales a tal grado que en ellos no se observa vegetación aparente. Para propósitos de clasificación de uso de suelo se utilizan categorías para los ecosistemas de *hábitat artificial* (cuadro 2-19).

Cuadro 2-18
Comunidades vegetales en las fases iniciales o intermedias de sucesión:
Hábitats inducidos

Matorral subtropical
Pastizal inducido
Sabana de <i>Pithecellobium</i> o <i>Prosopis</i>

Cuadro 2-19
Usos de suelo con comunidades vegetales artificiales o sin vegetación:
Hábitats artificiales

Agricultura de riego y de humedad (vegetación cultivada y arvense)
Agricultura de temporal (vegetación cultivada y arvense)
Plantaciones de árboles frutales (vegetación cultivada y arvense)
Urbanizado / infraestructura / asentamiento humano (vegetación ruderal y cultivada)
Superficies sin vegetación aparente
Cuerpos de agua (naturales o artificiales, no pertenecen al tipo de hábitat artificial)

Los cuadros 2-19 y 20 presentan un resumen de la clasificación de categorías de uso del suelo y vegetación presentes en el municipio de Tlajomulco con respeto al tipo de hábitat, característica de ecosistema, la presencia de árboles en la cubierta vegetal y su clasificación de uso de suelo con imágenes de satélite Landsat (1973, 1990, 2008).

Cuadro 2-20
Categorías de uso del suelo y tipos de vegetación por hábitat natural

Hábitat (Begon <i>et al.</i> 2006)	Hábitats naturales (vegetación de Rzedowski, 1978)	Ecosistemas característicos (Heijungs <i>et al.</i> , 1992)	Árboles	Consideraciones por clase para la clasificación de uso de suelo con imagen de satélite Landsat
Hábitat natural	Bosque tropical caducifolio	Natural	si	Si
	Bosque espinoso	natural o modificado	si	Si
	Bosque de Quercus denso o abierto	Natural	si	Si
	Bosque mixto de Quercus y coníferas (Pinus)	Natural	si	Si
	Bosque de coníferas (Pinus)	Natural	si	Incluido a clase: Bosque mixto de Quercus y coníferas (Pinus)
	Bosque de coníferas (Juniperus)	Natural	si	Incluido a clase: Bosque mixto de Quercus y coníferas (Pinus)
	Bosque de Alnus	Natural	si	Incluido a clase: Bosque de Quercus denso
	Bosque mesófilo de montaña	Natural	si	Incluido a clase: Bosque de Quercus denso
	Bosque de galería (vegetación acuática y subacuática)	Natural	si	Como clase: Vegetación acuática y subacuática
	Tular (vegetación acuática y subacuática)	natural o modificado	no	Como clase: Vegetación acuática y subacuática
	Pastizal natural (zacatonál)	Natural	no	Incluido a clase: Bosque de Quercus abierto

Las imágenes de satélite Landsat disponibles fueron utilizadas para realizar el estudio comparativo del uso del suelo y vegetación en el municipio, fueron determinantes para la omisión o agrupación de las clases de vegetación. Particularmente, la resolución espacial de los datos fuentes multiespectrales no permitió tratar por separado los siguientes tipos de vegetación: Bosque de coníferas (*Juniperus*), Bosque de *Alnus*, Bosque mesófilo de montaña, Bosque de galería y Tular, Bosque de coníferas (*Pinus*) y Pastizal natural (zacatonál). Lo anterior de-

bido que tales tipos de vegetación se manifiestan en fragmentos con tamaño menor a la resolución de las imágenes fuentes; estas categorías fueron agrupadas entre ellas o incluidos a otros tipos de vegetación afines. Esa misma razón implicó la omisión de categorías de uso del suelo tales como Plantaciones de los árboles frutales.

A. LA VEGETACIÓN DEL MUNICIPIO DE TLAJOMULCO

De acuerdo con las clases de vegetación y uso del suelo utilizados para el municipio de Tlajomulco fueron reconocidos los ecosistemas terrestres en estado de clímax climático o edáfico y los cercanos a estado clímax: de hábitat natural o primarios. Quedaron identificados también los ecosistemas terrestres alterados en fases iniciales o intermedios de sucesión: de hábitat inducido o secundario. Por otro lado se aprecian los ecosistemas terrestres formados en los sitios con constante perturbación antropogénica: de hábitat artificial. Además, tenemos a los ecosistemas acuáticos, determinados por presencia de cuerpos de agua dulce, naturales o artificiales.

La vegetación es un componente fundamental e inalienable de estos ecosistemas que producen biomasa, capturan dióxido de carbono de la atmósfera y almacenan biomasa producida, además de actuar como nivel inferior en las interacciones tróficas de los organismos. Además, la vegetación participa en forma activa en procesos geobioquímicos de la formación de suelos, en la recarga de los mantos acuíferos y altera a otros parámetros del medio ambiente físico. Un importante fracción de la biodiversidad de cada una de los ecosistemas esta relacionada con el componente florístico.

La variabilidad de las condiciones climáticas, edáficas, orográficas e hidrológicas, en diferentes partes del municipio de Tlajomulco, resulta por que los ecosistemas de hábitat natural cuentan con diversos tipos de vegetación. Los tipos de vegetación natural que reconocemos en el municipio, siguiendo clasificación de Rzedowski, esta citada en los cuadros 2-17 y 2-18. Los tipos de vegeta-

ción asociados a los ecosistemas alterados o artificiales están citados en los cuadros 2-18 a 2-20. Los tipos de vegetación difieren por su contribución a la superficie del municipio, su fisonomía, estructura, composición florística, afinidad biogeográfica y biomasa almacenada, entre otros elementos y factores.

Cuadro 2-21
Categorías de uso de suelo y tipos de vegetación por hábitat inducido, artificial y acuático

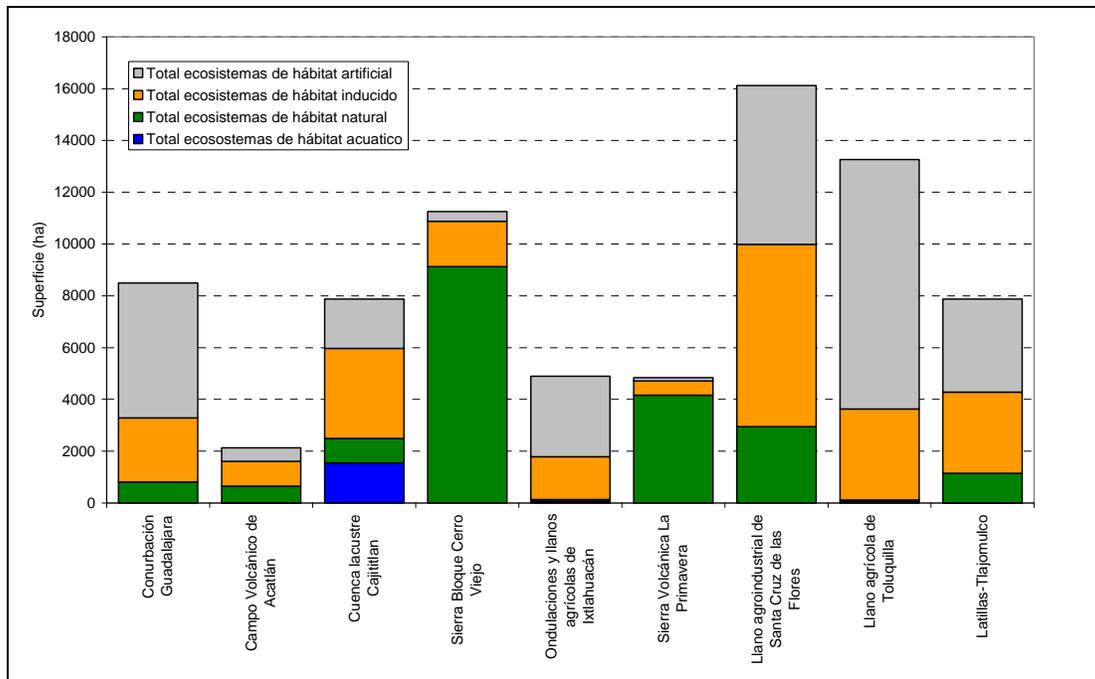
Hábitat (Begon <i>et al.</i> 2006)	Categoría de uso de suelo	Tipo de vegetación	Ecosistemas característicos (Heijungs <i>et al.</i> , 1992)	Árboles	Consideraciones por clase para la clasificación de uso de suelo con imagen de satélite Landsat
Hábitat natural	Bosque tropical caducifolio		Degradado	no	si
	Pastizal inducido		Degradado	no	si
	Vegetación sabanoide	Sabana de <i>Pithecellobium</i> o <i>Prosopis</i> , bosque de <i>Quercus</i> abierto	Modificado o Degradado	si	si
Hábitat inducido	Bosque tropical caducifolio	Cultivada y arvense	Cultivado	no	si
	Agricultura de temporal	Cultivada y arvense	Cultivado	no	si
	Plantaciones de árboles frutales	Cultivada y arvense	Cultivado	si	no
	Urbanizado / infraestructura / asentamiento humano (vegetación ruderal y cultivada)	Ruderal y cultivada	Construido	si	Como clase: Urbanizado y Áreas sin vegetación aparente
	Superficie sin vegetación aparente	n/a	Degradado o Construido	no	Como clase: Áreas sin vegetación aparente
Hábitat acuático (natural o inducido)	Cuerpos de agua (naturales o artificiales, no pertenecen al tipo de hábitat artificial)	Vegetación acuática y subacuática	Natural o modificado	no	si

Superficies con vegetación

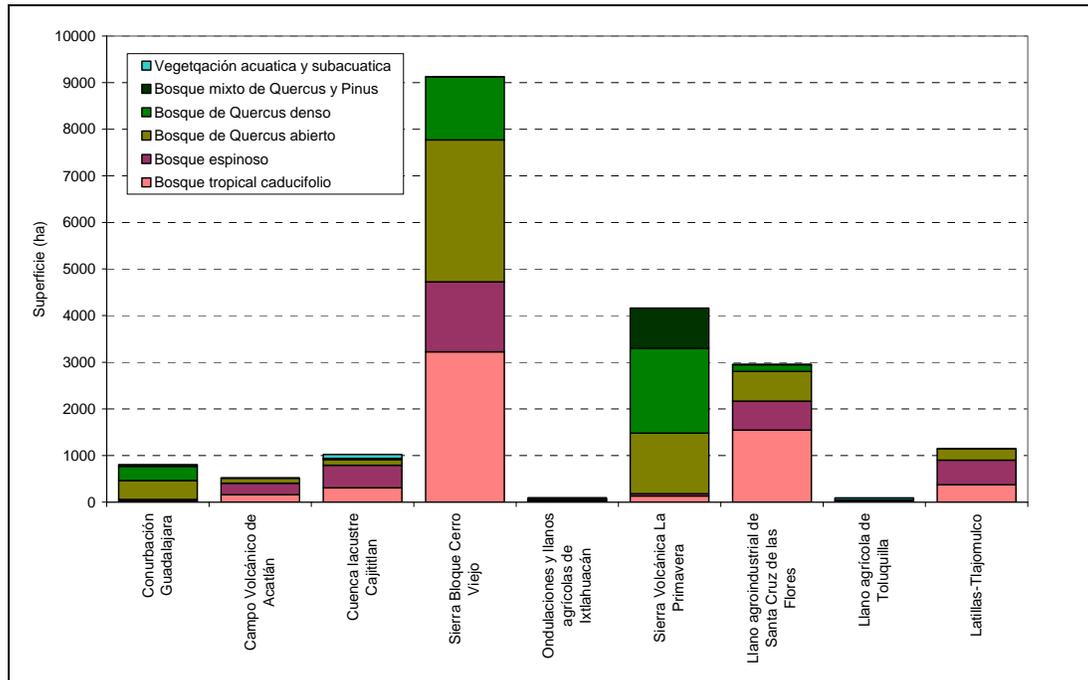
A partir de la clasificación del uso de suelo para el municipio de Tlajomulco, con imagen la imagen de satélite Landsat del año 2008, fue realizado un análisis de presencia de los ecosistemas de diversos tipos de hábitat y de los tipos de vegetación correspondientes (gráficas 2-5 y 2-8).

Los ecosistemas de hábitat acuático están asociados principalmente con el complejo Cuenca lacustre Cajititlan donde llegan a ocupar el 20% de la superficie (2% de la superficie municipal). Por otro lado los ecosistemas terrestres naturales primarios actualmente están presentes por aproximadamente el 26% del superficie del municipio, predominan en los complejos Sierra Volcánica La Primavera (86% del complejo) y Sierra Bloque Cerro Viejo” (80% del complejo); son relativamente extensos en Llano agrícola de Santa Cruz de las Flores (18% del complejo); se muestran como remanentes en Campo Volcánico de Acatlán (30% del complejo), Latillas-Tlajomulco (15% del complejo), Cuenca lacustre Cajititlán (12% del complejo), Conurbación Guadalajara (9% del complejo), están prácticamente ausentes en Ondulación y llanos agrícolas de Ixtlahuacán (1% del complejo) y Llano agrícola de Toluquilla (menos de 1% del complejo).

Gráfica 2-5
Superficies de los ecosistemas por complejo según el hábitat



Gráfica 2-6
Superficies de vegetación por complejos en los ecosistemas de hábitat natural



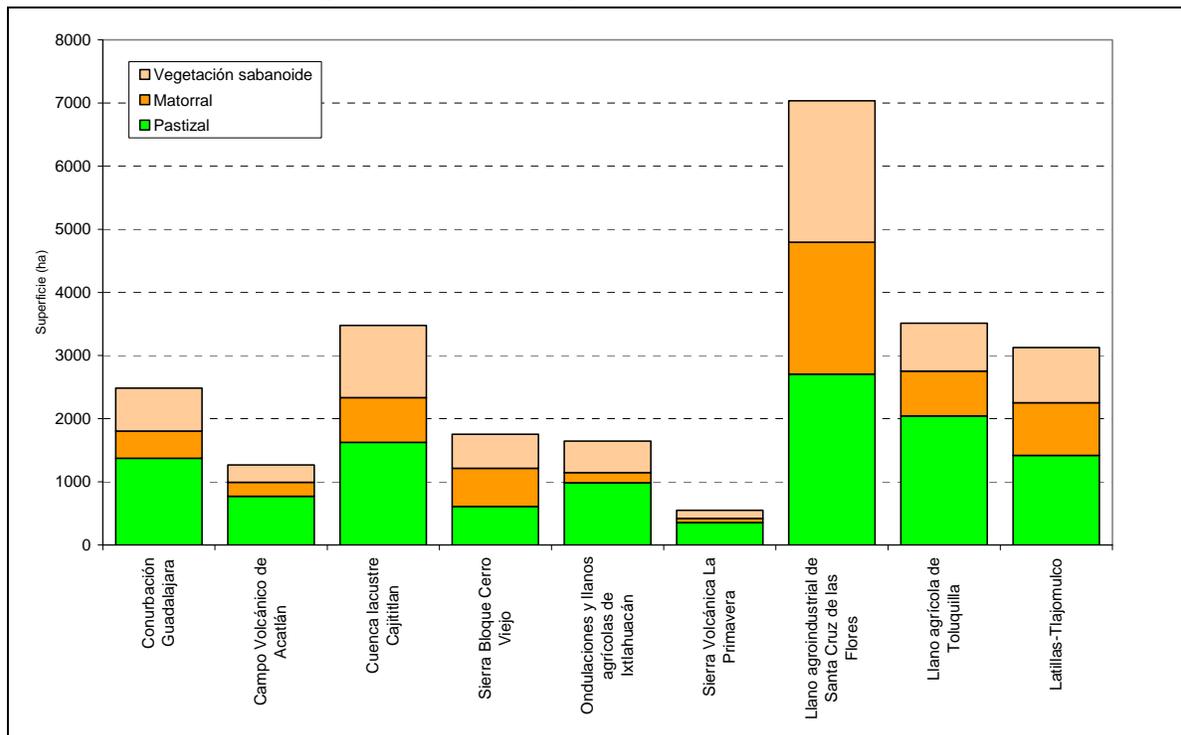
En otro sentido los ecosistemas de hábitat inducido, conocidos frecuentemente como vegetación secundaria, ocupan aproximadamente un tercio de la superficie de municipio, están presentes en todos los complejos. Son muy extensos en el complejo Llano agrícola de Santa Cruz de las Flores, importantes en Cuenca lacustre Cajititlan, Llano agrícola de Toluquilla y Latillas-Tlajomulco. En todos los complejos la vegetación de hábitat inducido está representada por pastizal inducido, este contribuye con un poco menos de la mitad de todos los espacios del mencionado hábitat. La vegetación sabanoide (pastizal con árboles dispersos) llega a ocupar el 10% del superficie de municipio mientras que el matorral subtropical lo hace con un 7% de la superficie.

Entre los tipos de vegetación de afinidad tropical encontramos al Bosque tropical caducifolio y al Bosque espinoso. Los principales tipos de vegetación de afinidad templada incluyen Bosque de *Quercus*, Bosque mixto de *Quercus* y coníferas (*Pinus*). La vegetación templada del complejo Sierra Volcánica La Primavera contiene, además, fragmentos de bosque de *Pinus*. En el complejo Sierra

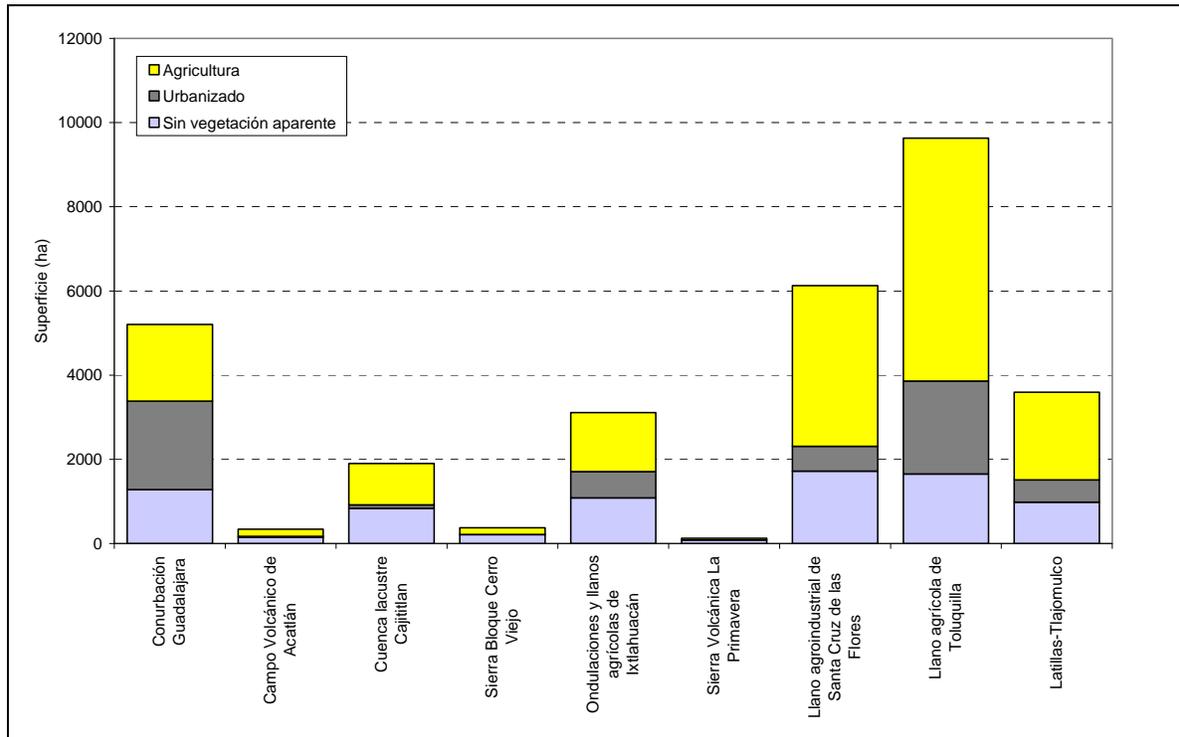
Bloque Cerro Viejo existen fragmentos de vegetación de afinidad templada cercanos al bosque de *Alnus*, haya también cañadas con elementos de Bosque mesófilo de montaña y fragmentos de pastizal natural de altura.

Las últimas formaciones vegetales cuentan con una superficie muy limitada en el municipio y fueron unidos con la clase Bosque de *Quercus* denso en la clasificación de uso del suelo. La vegetación natural que no cuenta con afinidad específica a la zona templada o tropical esta está representada en el municipio por las formaciones asociados a cuerpos de agua dulce, particularmente trata de Bosque de galería y con la vegetación herbácea subacuática y acuática. Estos tipos de vegetación fueron tratados como clase Vegetación acuática y subacuática.

Gráfica 2-7
Superficies de vegetación por complejos en los ecosistemas de hábitat inducido



Gráfica 2-8
Superficies de vegetación por complejos en los ecosistemas de hábitat artificial



2.6.2 VEGETACIÓN NATURAL

A. BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO

Vegetación de afinidad tropical con árboles de baja estatura se conoce como Selva baja caducifolia (Miranda & Hernández, 1963) o Bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978). Es un ecosistema natural presente en el municipio con un rango de altitud entre los 1500 hasta 2000 m s. n. m. en las formas con relieve irregular. Con frecuencia, el Bosque tropical caducifolio se encuentra en las laderas secas, bien drenadas, expuestas a insolación prolongada. Las condiciones climáticas en la parte baja del municipio de Tlajomulco son favorables para desarrollo de este tipo de vegetación ya que cuentan con un clima marcado por un periodo de sequía prolongado de 6-7 meses, con una precipitación media anual en orden de 700 a 900 mm y con temperatura media anual de 19°C a 22°C. El

límite superior de la distribución es definido por la altitud en la cual comienzan ocurrir las heladas.

La superficie de Bosque tropical caducifolio es alrededor de 7%-8% de total del municipio, las zonas con mayor presencia se encuentran en los complejos Sierra Bloque Cerro Viejo y Llano agroindustrial de Santa Cruz de las Flores, los fragmentos de tamaño limitado se encuentran en Latillas-Tlajomulco y en Cuenca lacustre Cajititlan.



Foto 2-29. Bosque tropical caducifolio en el complejo Llano agroindustrial de Santa Cruz de las Flores (UTM 13N: 652992 2265592; 1509 m s. n. m.).

La apariencia de este tipo de bosque en la zona de estudio es variable dependiendo de grado de perturbación que ha sufrido el ecosistema. En la forma mejor conservada se tienen árboles con altura entre 8 y 12 m, con algunos individuos hasta de 15 m que sobresalen del dosel común. En los sitios con evidencia de perturbación reciente la altura de los árboles puede ser menor, de 5-10 m. En la temporada seca los árboles no presentan hojas pero varias especies se encuentran con flores. Muchas de las especies tienen cortezas escamosas, lustrosas o exfoliantes de colores llamativos. Un elevado número de especies de árboles y arbustos presenta exudados resinosos o laticíferos. Durante la temporada de lluvias los árboles desarrollan un follaje predominantemente en tonos claros. Mu-

chas especies tienen hojas compuestas. En este tipo de bosque los estratos no se separan, con excepción del arbóreo y el herbáceo.

La composición florística del Bosque tropical caducifolio en el municipio es bastante compleja. En las partes bajas de la Sierra El Madroño y de Cerro Viejo el estrato arbóreo cuentan con los copales o papelillos *Bursera bipinnata*, *Bursera palmeri*, *Bursera fagaroides*, *Bursera penicillata*, *Bursera copallifera* y *Bursera multijuga*; pueden encontrarse también *Pistacia mexicana*, *Fouquieria formosa*, *Euphorbia tanquahuete* (lechemaría), *Ceiba aescutifolia* (pochote), *Ptelea trifoliata* (palo zorri- llo), *Thevetia ovata* (ayoyote), *Winmeria percisifolia* (palo fierro), *Amphipterigium adstrigens* (cuachalalate), *Leucaena esculenta* (guaje), *Lysiloma acapulcense* (tepe- guaje), *Euphorbia calyculata* (lechoso), *Ipomoea intrapilosa* (ozote), *Thouinia acumi- nata* (palo fierro), *Colubrina triflora*, *Celtis caudata* (granjeno) y *Bocconia arborea* (sangregado).

En el Bosque tropical caducifolio cercano a la Cajititlan predominan los árboles de *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Ceiba aesculifolia* (pochote), *Heliocar- pus terebinthinaceus* (majagua), *Bursera* spp. (papelillos y copales), *Ficus goldmanii* (higuera negra), *Ipomoea intrapilosa* (ozote), *Leucaena esculenta* (guaje) y *Leucaena macrophylla* (guaje). Por otros rumbos, en la Sierra Volcanica La Primavera, se observa a este bosque como fragmentado con predominios de *Ipomoea intrapilosa* (ozote), *Bursera bipinnata* (copal), *Bursera fagaroides* (papelillo), *Bursera penicillata* (copal), *Bursera multijuga* (papelillo), *Leucaena macrophylla* (guaje) y *Lysiloma aca- pulcense* (tepeguaje).

Entre las suculentas representantes del Bosque tropical caducifolio están los géneros de *Opuntia* (nopales). Por otro lado, los arbustos y pequeños árboles están representados por *Guazuma ulmifolia*, *Fouquieria formosa*, *Buddleia sessiliflo- ra*, *Solanum* spp., *Croton ciliato-glandulifera*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Agave angus- tifolia* y *Lantana camara*, entre otros. Entre las plantas herbáceas predominan las familias Asteraceae, Malvaceae y Acanthaceae. Las lianas y bejucos son diversos, los más comunes son de los géneros *Ipomoea* y *Dioscorea*. Las epifitas se presen- nan como *Tillandsia recurvada* (gallitos) y *Tillandsia achyrostachys*, además de las

Orchidaceae. Entre las parasitas se puede mencionar a los muérdagos o mal ojo como *Cladocolea oligantha* y *Psittacanthus palmeri* sobre especies de *Bursera*.

El Bosque tropical caducifolio es un tipo de vegetación muy afectado por la actividad humana ya que en todos los sitios con relieve plano apropiados por la agricultura fue desmontado, en su lugar tenemos ecosistemas de hábitat artificial o inducido. Los espacios mejor conservados se encuentran en las laderas de los cerros inapropiados para agricultura, no obstante haya también elementos de disturbio, especialmente por el pastoreo de ganado y desmontes en las parcelas separadas. Muchos de los sitios abandonados donde el bosque fue desmontado hay pastizales inducidos y matorrales subtropicales en las primeras etapas de sucesión. Donde sucesión se desarrolló fueron formados comunidades vegetales con predominancia de árboles como *Guazuma ulmifolia* (guazima), *Lysiloma microphylla* (tepehuaje), *Tecoma stans* (retama), *Acacia farnesiana* (huizache) y *Helio-
carpus terebinthaceus* (majagua). A mayor altitud la sucesión intermedia presentan *Ipomoea intrapilosa* (ozote), *Acacia pennatula* (tepame) y *Eysenhardtia polystachya* (varaduz). Las comunidades secundarias en fases intermedios de sucesión comúnmente cuentan con árboles de la misma edad, en las condiciones adecuadas y con el paso de tiempo estos bosques secundarios pueden convertirse a un comunidad más compleja y más cercana a Bosque tropical caducifolio en su estado clímax.

B. BOSQUE ESPINOZO

Bajo el nombre de Bosque espinoso de Rzedowski (1978) se entiende un ecosistema natural de afinidad tropical formada por los árboles de baja altura y en una gran parte espinosos. En la clasificación de Miranda y Hernández (1963) corresponde a la Selva baja espinosa caducifolia. El Bosque espinoso es una comunidad cercana a Bosque tropical caducifolio pero distinta desde punto de vista florístico y ecológico. En el municipio de Tlajomulco esta vegetación se encuentra entre los 1600 a 1800 m s. n. m. Se distribuye tanto en el relieve irregular co-

mo en el plano aunque tiende a estar en sitios con poca inclinación. Las condiciones climáticas favorables para este tipo de vegetación son similares al del Bosque tropical caducifolio: precipitación anual de 700 a 1000 mm, periodo de sequía de 6 a 7 meses y ausencia de heladas. De acuerdo con punto de vista de Rzedowski y McVaugh (1966) se trata de una comunidad vegetal de clímax edáfico ya que “cualquier elevación mas o menos conspicua en el terreno que impide la existencia de un suelo somero determina la presencia de otras comunidades vegetales”.



Foto 2-30. Bosque espinoso fragmentado por cultivos de agave y matorral subtropical en Sierra El Madroño, Jototepec (UTM 13N: 675862, 2251767, 1780 m s. n. m.).

La superficie del Bosque espinoso supera el 4% de total del municipio, las zonas con mayor extensión son las mismas que en el caso del Bosque tropical caducifolio. Puede apreciarse principalmente en los complejos Sierra Bloque Cerro Viejo, Llano agroindustrial de Santa Cruz de las Flores, Latillas-Tlajomulco y Cuenca lacustre Cajititlan.

El estrato arbóreo usualmente es dominado por pocas especies caducifolias espinosas. Los arbustos están bien desarrollados pero no separados como un estrato independiente, en buena parte son especies espinosas. La altura del dosel es de 2 a 10 m con algunos árboles aislados que sobresalen a tal altura. La densi-

dad de árboles es variable, frecuentemente aparecen partes donde los árboles son escasos y se observa un abundante estrato herbáceo, cuando esto ocurre tenemos una transición a la Sabana. La transición del Bosque espinoso a Bosque tropical caducifolio no está marcada ya que sus comunidades de árboles caducifolios presentan afinidades taxonómicas. La mayoría de los árboles están sin hojas durante temporada de secas pero algunas especies mantienen follaje todo el año.

La composición florística del Bosque espinoso en el municipio de Tlajomulco es bastante constante. Los principales componentes arbóreos son: *Acacia farnesiana* (huizache), *Acacia pennatula* (tepame), *Prosopis laevigata* (mezquite), *Pithecellobium dulce* (guamúchil), *Celtis pallida* y *Ipomoea intrapilosa*. Entre los arbustos y suculentos aparecen además *Solanum* spp., *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia atropes* y *Opuntia fuliginosa*. Los bejucos mas comunes son *Ipomoea* spp. y *Cissus sicyoides*. Las epifitas están representados por *Tillandsia* spp. En el estrato herbáceo son comunes *Sida acuta*, *Buddleia sessiliflora*, *Asclepias curassavica*, *Cosmos bipinnatus* y *Melampodium perfoliatum*, entre otros.

La vegetación formada por el bosque espinoso es una de las más afectadas por la actividad humana, sobre todo en terrenos de poca pendiente. Las prácticas pecuarias con ganado bovino son los factores principales de perturbación, además de los desmontes y cambio de uso de suelo de las parcelas. La degradación del Bosque espinoso a menudo representa un decremento de la densidad de árboles y como consecuencia se forman las sabanas de *Prosopis* y *Pithecellobium* con presencia de Cactaceae. En su fase secundaria la vegetación puede ser semejante al matorral subtropical. Esta vegetación se caracteriza por su recuperación relativamente rápida después de la deforestación siempre y cuando haya una ausencia de factores de perturbación.

C. BOSQUE DE QUERCUS

El bosque de *Quercus* es un ecosistema natural de afinidad templada. Miranda y Hernández (1963) denominan a esta vegetación como Encinar. Es un ecosistema de estructura compleja con predominancia de árboles del género *Quercus*. El Bosque de *Quercus* se observa en el municipio de Tlajmulco en varios rangos de altitudes aunque es más común en alturas mayores a los 1600 y 1700 m s. n. m. En Cerro Viejo el Bosque de *Quercus* denso se distribuye en una franja altitudinal por arriba de los 2000 m s. n. m. Las condiciones climáticas características del Bosque de *Quercus* en el municipio es la precipitación anual entre 800 y 1000 mm, temperatura media anual menor que 21°C, posible presencia de heladas y un gran rango de cambios de temperatura diaria. La presencia del período de sequía es de menor importancia para los encinares. El Bosques de *Quercus* puede crecer tanto en terreno plano como en laderas con pendientes, a veces muy pronunciadas.

La extensión del Bosques de *Quercus* llega a representar del 12% al 13% de la superficie del municipio, de esas cantidades aproximadamente el 5% corresponde al Bosques de encino denso. Los complejos Sierra Bloque Cerro Viejo y Sierra Volcánica La Primavera cuentan con la mayor presencia de este tipo de bosques.



Foto 2-31. Bosque de *Quercus* en Cerro Viejo, Tlajomulco (UTM 13N: 661483, 2253669, 2627 m s. n. m.).

El Bosque de *Quercus* está compuesto por un estrato de árboles del mismo género que pueden ser caducifolios o perennifolios. En los bosques cerrados por lo general los árboles compiten en altura para alcanzar la luz solar, los encinos pueden crecer hasta los 20 m aunque suelen ser más bajos y en algunas ocasiones el dosel es solo de 10 m. Los troncos de los árboles no suelen ser rectos, las cortezas son ásperas y de una apariencia muy característica. Los arbustos y plantas herbáceas se desarrollan en el sotobosque al igual que en las comunidades mixtas de *Quercus* y confieras.

La composición florística del Bosque de *Quercus* es variable. En el sur de municipio el Bosque de *Quercus* es extenso en Sierra El Madroño y Cerro Viejo, el estrato arbóreo está compuesto por *Quercus obtusata*, *Quercus magnoliifolia*, *Quercus deserticola*, *Quercus castanea*, *Quercus glaucoides*, *Quercus laeta* y *Quercus frutex*. Estos encinos aparecen junto con *Arbutus jalapensis*, *Arbutus glandulosa*, *Comarostaphylis discolor*. En algunas partes de Cerro Viejo el *Quercus* se mezcla con árboles del género *Alnus*, principalmente *Alnus jorulensis*, esta última comunidad puede denominarse Bosque de *Alnus*.

En el Bosque La Primavera de Tlajomulco la composición del estrato arbóreo es distinta, predominan *Quercus candicans*, *Quercus castanea*, *Quercus coccolobifolia*, *Quercus magnoliifolia*, *Quercus resinosa*, *Quercus viminea*, *Cletra rosei*, *Agarista mexicana* var. *mexicana*, *Arbutus glandulosa*, *Arbutus xalapensis*, *Ficus petiolaris*., *Prunus ferruginea*, *Prunus serotina* ssp. *capuli*, *Casimiroa edulis*, *Bursera* spp., *Liatrum glabrum* var. *hypoleucum*, *Acacia angustissima* y *Lippia umbellata*. Los elementos del estrato arbustivo son dispersos y alcanzan alturas de 1 a 3 m. Algunas plantas características para este estrato son *Comarostaphylis glauscescens*, *Vaccinium stenophyllum*, *Opuntia jaliscana*, *Agave guadalajarana* y *Nolina parviflora*, entre otras. En el estrato herbáceo las familias con mejor representación son Asteraceae, Poaceae y Malvaceae. Las epifitas son abundantes en algunas partes de bosque y pertenecen principalmente al género *Tillandsia*, también a la familia Orchidaceae.

El bosque de *Quercus* ha sufrido serias presiones antropogénica por la explotación forestal, principalmente por la producción de carbón vegetal y por la tala industrial de árboles de *Pinus* en el pasado, actualmente ya no se practican estos aprovechamientos. Los principales agentes de perturbación en la actualidad son los incendios forestales y las practicas pecuarias. Las comunidades de Bosque de *Quercus* son cada día fragmentadas y reducidas, esto se observa particularmente en Cerro Viejo. En el pasado la explotación forestal se distribuía en varias altitudes cuando Cerro Viejo contaba exclusivamente con Bosque de *Quercus*, los árboles de *Pinus* prácticamente han desaparecieron y no se observan comunidades mixtas de *Quercus* y *Pinus* en Cerro Viejo. La reducción los bosques templados en el municipio, se restringe a sitios que anteriormente contaban con Bosque de *Quercus*, donde ahora comienza desarrollarse el Bosque espinoso.

D. BOSQUE DE QUERCUS Y CONÍFERAS

El Bosque de *Quercus* mixto con *Pinus* referido por Rzedowski (1978) es una comunidad natural formada en la zona de transición entre dos formaciones vegetales distintas: Bosque de *Quercus* y Bosque de coníferas. En un amplio rango de altitudes presentan las mismas características en cuanto a condiciones climáticas y similitudes ecológicas. Por este motivo *Quercus* y *Pinus* forman un mosaico con relaciones complejas, en muchos casos la presencia de otros árboles dificulta la interpretación precisa de esta vegetación. De acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández (1963) se trata de Encinares y pinares. Es un tipo de vegetación de afinidad templada y esta relacionada con un clima frío y con un mayor variabilidad de temperaturas diarias respecto a otros tipos de vegetación del municipio. En Tlajomulco las condiciones favorables para el Bosque mixto de *Quercus* y *Pinus* se observan por encima de los 1800 m s. n. m. Es un tipo de vegetación perennifolia o caducifolia formado por los árboles de 6 a 15 m de altura, que varia desde bosque completamente abierto hasta cerrado.

Actualmente el Bosque mixto de *Quercus* y confieras puede observarse aproximadamente en 1% de la superficie del municipio, principalmente en el complejo Sierra Volcánica La Primavera. La presencia de *Pinus* actualmente es prácticamente ausente en los cerros prominentes del sur de municipio, incluyendo Cerro Viejo donde quedaron pocos individuos de *Pinus* dispersos, esto debido a que en el pasado casi todos árboles de *Pinus* fueron talados (Gonzalez-Gortazár, 1992).

La composición florística del Bosque mixto es similar al Bosque de *Quercus*. En el rango de alturas entre los 1800 a 1900 m. s. n. m. el estrato arbóreo está asociado con *Quercus castanea*, *Quercus laeta*, *Quercus obtusata* y *Pinus oocarpa*. En altitudes de 1900 a 2000 m. s. n. m hay otras asociaciones de *Quercus coccolobifolia*, *Quercus viminea*, *Pinus oocarpa* y *Clethra rosei* y *Agarista mexicana*. Por encima de los 2000 m se conjugan *Quercus magnoliifolia*, *Pinus douglasiana* y *Prunus serotina* var. *capuli*. En el estrato arbustivo se puede mencionar *Calliandra anomala*, *Diphysa suberosa*, *Comarostaphylis glauscenscens*, *Vaccinium stenophyllum*, *Agave guadalajarana*. Respecto al estrato herbáceo las familias con mejor representación son Asteraceae, Poaceae y Malvaceae.



Foto 2-32. Bosque de *Quercus* y *Pinus* en Bosque La Primavera (UTM 13N: 648344 2282789, 1890 m s. n. m.).

En pocos sitios se tienen comunidades formadas casi exclusivamente por arboles de género *Pinus*, esto permite reconocer al Bosque de *Pinus* como un tipo de vegetación presente en el municipio de Tlajomulco, aunque es muy escaso.

E. BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Es un tipo de vegetación natural de afinidad templada distribuida en las cumbres de las montañas con altos niveles de humedad. A esta formación vegetal se le conoce, además, con el nombre de Bosque de niebla. Los árboles perennifolios y caducifolios por lo general se concentran en los alrededores de las cañadas húmedas y llegan a tener alturas entre los 20 y 25 m. Es un tipo de vegetación escaso en el municipio por sus requisitos microclimáticos: altos niveles de humedad de aire y reducidas temperaturas. Con frecuencia el Bosque mesófilo de montaña presenta interesantes vínculos con la flora templada del norte, este tipo de bosques son de gran importancia pues en México su distribución se restringe a relictos.

En el municipio de Tlajomulco el Bosque mesófilo de montaña existe exclusivamente en la parte sur, en el complejo Sierra Bloque Cerro Viejo, específicamente en las cañadas ubicadas por encima de los 2000 y 2200 m s. n. m. Es muy escaso y fragmentado, la superficie es inferior al 0.3% respecto al total del municipio. En la clasificación de uso del suelo este tipo de vegetación está incluido en el clase bosque de *Quercus* denso.

Los elementos mesófilos de las cañadas húmedas de Cerro Viejo son *Prunus ferruginea* (cortapico), *Xylosma flexuosum* (huscarol), *Clethra hartwegii* (malvaste), *Cestrum lanatum* (huele de noche), *Oreopanax peltatus* (mano de león), *Ilex toluana*, *Meliosma dentata*, *Symplocos citrea*, *Cornus disciflora*, *Citharexylum ligustrinum*, *Bocconia arborea*, *Phymosia rosea* (malvon) y *Tilia mexicana*, entre otras especies. Algunas de estas especies son plantas que cuentan con un régimen de protección nacional. En el estrato herbáceo los helechos son abundantes. Las epifitas comu-

nes en algunas cañadas de mesófilos pertenecen a principalmente a genero *Tillandsia* o al grupo de los helechos.

F. BOSQUE DE GALERÍA

El Bosque de galería es un tipo de vegetación natural con presencia de árboles que se desarrolla en las orillas de los cuerpos de agua dulce y a lo largo de corrientes de agua. Está estrictamente vinculado a condiciones subacuáticas y depende de la permanencia de cuerpos y corrientes de agua a largo plazo. Las afinidades biogeográficas en el municipio son claramente de carácter templado. La franja de árboles por lo general no supera varios metros de ancho.



Foto 2-33. Bosque de galería de *Taxodium* en Sierra Bloque Cerro Viejo, Tlajomulco (UTM 13N: 678178, 2253249, 1670 m s. n. m.).

En el municipio de Tlajomulco el Bosque de galería está representado principalmente por los árboles conocidos como sauces (*Salix bonplandiana* y *Salix humboldtiana*) que alcanzan de 15 a 20 m de alto. En algunas partes puede estar formado exclusivamente por *Taxodium mucronatum* de tallo grueso (sabinos), muchos de ellos con 1 m en diámetro y con alturas de 30 m. Entre otros componentes predominantes se pueden mencionar a *Toxicodendron radicans*, *Cosmos sulphureus*, *As-*

clepias angustifolia, *Heimia salicifolia*. En el complejo Sierra Volcánica La Primavera los elementos comunes son *Phoebe pachypoda* (laurel), *Heimia salicifolia* y *Baccharis salicifolia* (jara).

La superficie del Bosque de galería en el municipio es inferior al 0.2% del total municipal. Su mayor presencia se encuentra los complejos Cuenca lacustre Cajititlan, Ondulación y llanos agrícolas de Ixtlahuacán, Llano agrícola de Toluquilla y Conurbación Guadalajara.

G. VEGETACIÓN HIDRÓFILA Y ANFIBIA

La vegetación hidrófita y anfibia está representada por herbáceas directamente relacionada con los cuerpos y corrientes de agua, quedan incluidas las plantas flotantes, las sumergidas, las emergentes y las anfibias de agua dulce. Estas comunidades de hábitat acuático pueden ser naturales o inducidas, dependiendo de origen del cuerpo de agua donde están presentes.

Está presente en donde existen cuerpos de agua permanentes o intermitentes, la superficie en el municipio no supera el 2%. Cobra una particular importancia en los complejos Cuenca lacustre Cajititlan, Llano agrícola de Toluquilla y Ondulación y llanos agrícolas de Ixtlahuacán.

En el aspecto florístico vegetación acuática es bastante homogénea con presencia de hidrófitas flotantes como *Lemna gibba*, *Lemna aequinoctialis*, *Eichhornia crassipes*, *Nymphaea ampala*, *Ludwigia peploides* y *Pistia stratiotes*. Las hidrófitas sumergidas mas comunes son *Potamogeton angustissimum* y *Ceratophyllum demersum*. Las hidrófilas emergentes son *Typha dominguensis*, *Scirpus americanus*, *Scirpus olneyi*, *Canna indica*, *Cyperus articulatus* y *Phragmites australis*. Las plantas anfibias comunes son *Cyperus spp.*, *Hydrocotyle umbellata*, *Bacopa monnieri*, *Bacopa auriculata*, *Eupatorium betonicifolium*, *Eustoma exaltatum*, *Xanthosoma robustum*, *Heteranthera limosa*, *Eriocaulon spp.*, *Polygonum spp.*, *Rumex spp.*, *Portulaca oleracea*, *Verbena ciliata*, *Cynodon dactylon*, *Eragrostis hypnoides*, *Arundo donax*, *Jussiaea*

bonariensis, *Echinochloa crus-gavonis*, *Olivaea tricuspis* y *Alternanthera repens*, entre otras.

El estado y distribución de la vegetación subacuática y acuática depende de aspectos hidrológicos. Por la naturaleza de esta vegetación y su fenología rara vez existen problemas de recuperación y dispersión, siempre y cuando exista un cuerpo de agua apropiado. Es un tipo de vegetación muy dinámico, se extiende rápidamente a los espacios inundados y retrocede en el mismo sentido que lo hace el cuerpo de agua. Una buena parte de las plantas subacuáticas y acuáticas del municipio está representada por plantas cosmopolitas o introducidas.

2.6.3. VEGETACIÓN INDUCIDA

A. MATORRAL SUBTROPICAL

A diferencia con los ecosistemas de hábitat natural, descritos arriba, el Matorral subtropical es un ecosistema que se forma como respuesta a la perturbación que ha existido o persiste en el sitio donde se desarrolla. De acuerdo con Rzedowski y Calderón (1987) el Matorral subtropical representa una fase sucesional temprana del Bosque tropical caducifolio que se mantiene en estado detenido por presión antropogénica. Challenger (1998) utiliza el término sucesión desviada para este tipo de estado detenido. En el municipio de Tlajomulco el Matorral subtropical se encuentra en una fase de sucesión desviada principalmente por presión del pastoreo del ganado bovino.

El Matorral subtropical es muy común en el municipio, se distribuye en todos los complejos como un elemento de mosaico con otros tipos de uso del suelo, es frecuente la frontera con el Pastizal inducido, especialmente en las faldas de los lomeríos y cerros donde existe poca pendiente sin agricultura. Este tipo de ecosistema ocupa más del 7% de la superficie municipal, es representativo en el complejo Llano agrícola de Santa Cruz de las Flores, se distribuye continuamen-

te también en Cuenca lacustre Cajititlan, Llano agrícola de Toluquilla, Latillas-Tlajomulco, Conurbación Guadalajara y Sierra Bloque Cerro Viejo.

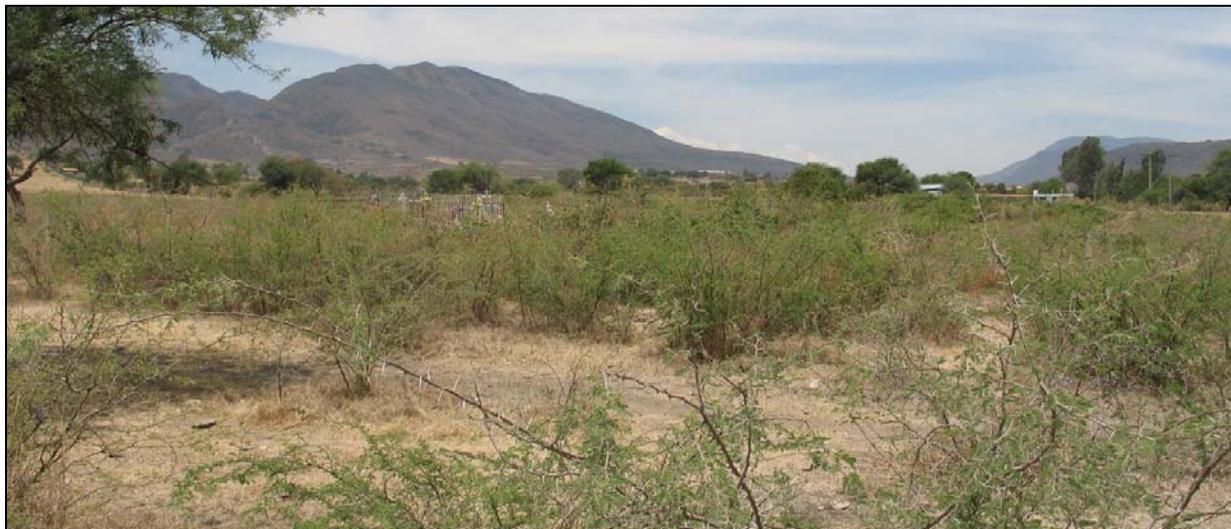


Foto 2-34. Matorral subtropical en los alrededores del poblado Cedros, Ixtlahuacán de Los Membrillos (UTM 13N: 684330, 2254560, 1576 m s. n. m.).

Fisionómicamente este ecosistema es de una comunidad más o menos abierta, predominan arbustos de diferentes estaturas y algunos árboles bajos hasta de 3 m de alto. En ocasiones la comunidad se ve mucho más densa y llena de “maleza” formada por los arbustos espinosos que causa dificultades para el tránsito.

Las especies más comunes son *Acacia farnesiana* (huizache), *Acacia pennatula* (tepame), *Heliocarpus terebinthinaceus* (majagua), *Eysenhardtia polystachya* (varaduz), *Verbesina greenmannii* (capitaneja), *Verbesina sphaerocephala*, *Opuntia atropes*, *Opuntia fuliginosa*, *Croton ciliato-glandulifera*, *Lantana* spp. *Wigandia ureas* (quemadora), ocasionalmente *Tecoma stans* (retama), *Hyptis albida*, *Mimosa albida*, *Guazuma ulmifolia*, *Acacia pennatula* y *Acacia farnesiana*, las cuales indicadores de pastoreo vacuno (Cházaro, 1977), en tanto *Verbesina greenmannii* es indicativa de incendios mientras que *Wigandia urens* sobresale en taludes.

B. PASTIZAL INDUCIDO

El Pastizal inducido es otro ecosistema que se encuentra en fase de sucesión desviada. Aquí las prácticas de pastoreo llegan a ser intensas y se combinan con la periódica quema de pasto que previene el desarrollo de arbustos y árboles. De esta forma la actividad de los pobladores permite un mantenimiento del estrato herbáceo con escasos arbustos. El pastizal secundario comienza crecer en las parcelas agrícolas por los barbechos agrícolas. La sucesión que inicia con pastizal inducido posteriormente puede desarrollarse como Matorral subtropical u otro tipo de vegetación relacionada con determinadas condiciones microclimáticas y edáficas.



Foto 2-35. Pastizal inducido en la parte baja del Cerro El Gachupín, Tala (UTM 13N: 645945, 2268440, 1490 m s. n. m.).

Este ecosistema es muy común en el municipio tanto en terrenos planos como irregulares. La superficie dentro del municipio llega a ocupar del 15% al 17%. Frecuentemente el pastizal inducido colinda con Matorral subtropical y la Vegetación sabanoide, o bien con ecosistemas primarios de hábitat natural, esto causa un efecto de borde. Las distintas especies nativas e introducidas son de la familia Poaceae, otras familias con importante contribución son Asteraceae, Fabaceae y Malvaceae.

C. SABANAS DE *PITHECELLOBIUM* Y *PROSOPIS*

Las Sabanas son las comunidades con presencia de dispersos árboles y predominancia de pastizales. En el municipio de Tlajomulco la Sabana de *Pithecelobium* y *Prosopis* por lo general indican ecosistemas degradados del Bosque tropical caducifolio o del Bosque espinoso. Los árboles dispersos son de la familia Fabaceae, principalmente *Prosopis laevigata* y *Pithecellobium dulce*, ambos crecen en un espacio cubierto por herbáceas. Pueden existir modificaciones de esta imagen con algunos arbustos de *Acacia farnasiana*, *Acacia pennatula*, *Opuntia* spp. y *Agave angustifolia*. El estado de sucesión desviado del Matorral subtropical y el Pastizal inducido actúan en las Sabanas, participando en el mantenimiento de la estructura y apariencia de este ecosistema.

En el municipio de Tlajomulco las Sabanas de *Prosopis* y *Pithecellobium* siguen el mismo patrón de distribución que el Matorral subtropical y llegan a representar hasta el 10% del territorio municipal. Es un tipo de vegetación que no presenta un límite tajante con el Pastizal ni con el Matorral subtropical, por tales razones llega a dificultarse la determinación exacta de su superficie.

2.6.4. VEGETACIÓN ARVENSE

A. VEGETACIÓN DE HÁBITATS ARTIFICIALES

Las plantas silvestres que crecen en los campos agrícolas se conocen como plantas arvenses, comúnmente son conocidas como malezas, brotan por la ausencia de su control y reducen el rendimiento en los cultivos. Es una comunidad vegetal estrictamente asociada con los ambientes antropogénicos y se formaron como resultado de una selección espontánea que ha tenido lugar desde el nacimiento de agricultura (Espinosa-García y Sarukhan, 1997). La vegetación arvense en el municipio de Tlajomulco la tenemos en los cultivos, tanto de temporal como de riego, particularmente en parcelas de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), alfalfa (*Medicago sativa*), garbanzo (*Cicer*

arietinum), frijol (*Phaseolus vulgaris*), camote (*Ipomoea batatas*) y agave azul (*Agave tequilaza*), entre otros. Entre los sitios con elementos de vegetación arvense pueden ser mencionados las parcelas en descanso (transiciones con la vegetación ruderal y con el pastizal), también en parcelas de suelo húmedo o parcialmente inundados cerca de los cultivos (transiciones con la Vegetación subacuática herbácea).

La Vegetación arvense está compuesta casi exclusivamente por plantas herbáceas, tanto anuales como perennes. Su composición florística no es constante ya que depende de muchos factores externos entre los cuales están las prácticas de cultivo, densidad de plantas cultivadas y el uso de herbicidas. En esta vegetación están presentes muchas de las especies que actúan también como ruderales pero en la vegetación arvense son más frecuentes las anuales. Las plantas de uso agrícola que no fueron cosechadas y que crecen de forma silvestre forman una importante parte de flora arvense. Las especies arvenses están vinculadas a las especies silvestres colonizadoras o pioneras de la sucesión secundaria, muchas de las especies se especializaron en los ambientes antropogénicos de cultivos (Espinosa-García y Sarukhan, 1997). No es raro encontrar entre las plantas arvenses algunos componentes de sucesión secundaria de la vegetación natural.

La comunidad arvense en los cultivos del municipio incluyen *Bidens odorata*, *Brassica rapa*, *Cynodon dactylon*, *Eruca vesicaria* ssp. *sativa*, *Galinsoga parviflora*, *Eragrostis mexicana*, *Medicago polymorpha*, *Simsia amplexicaulis*, *Tithonia tubiformis*, *Simsia amplexicaulis*, *Cyperus esculentus*, *Rumex crispus* y *Portulaca oleracea*, entre otras especies.

B. VEGETACIÓN RUDERAL

El ambiente en el cual aparece la Vegetación ruderal, en el municipio de Tlajomulco, incluye todos los sitios urbanizados o con otro tipo de perturbaciones constantes que propician el crecimiento de la vegetación espontánea: orillas de

las vías de comunicación (carreteras, brechas y vías de ferrocarril), grietas y bordes de banquetas, terrenos baldíos y de potreros, solares abandonados, basureros, bancos de material, orillas de zanjas, canales de irrigación (transición con la Vegetación subacuática) y otros sitios similares. Los lugares con presencia potencial de Vegetación ruderal están distribuidos por todo el municipio, llegan a representar el 18% de la superficie y son más extensos en los complejos Conurbación Guadalajara, Llano agrícola de Toluquilla, Llano agrícola de Santa Cruz de las Flores, Ondulaciones y llanos agrícolas de Ixtlahuacán y Latillas-Tlajomulco.

La Vegetación ruderal no presenta una composición florística muy determinada y está formada, en su mayor parte, por las plantas conocidas como malezas. No fue posible reconocer asociaciones determinadas ni tampoco presencia de una estratificación como tal, la mayoría de las malezas que forman la Vegetación ruderal son las plantas herbáceas donde unas cuantas pueden asumir la forma de arbustos o pequeños árboles de 1 ó 3 m de alto. Estas plantas pueden producir un gran número de semillas que conservan su fertilidad por años, las plantas pueden germinar, competir y persistir en el medio ambiente intensamente modificado y perturbado.

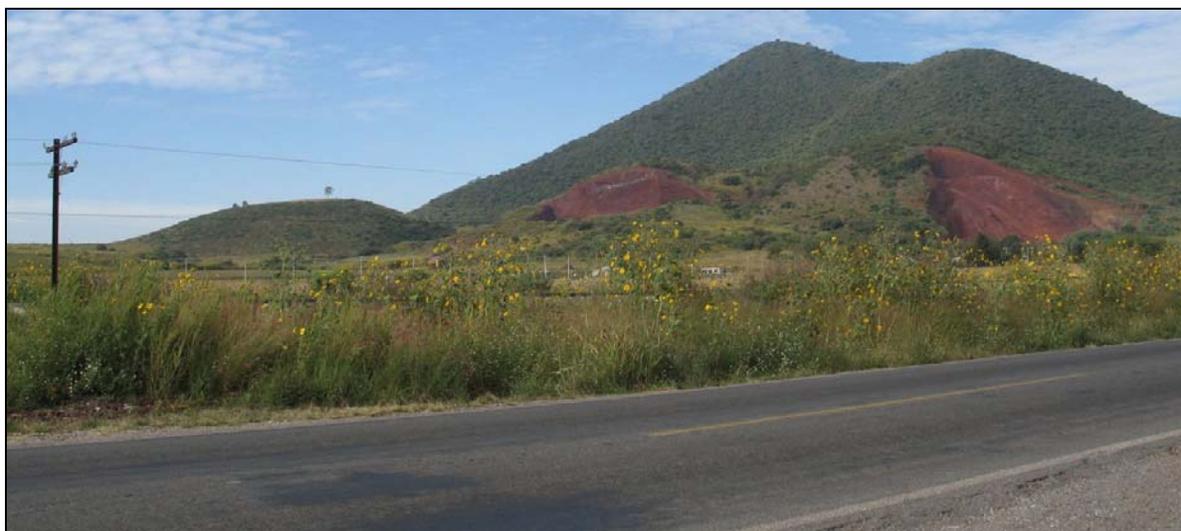


Foto 2-36. Vegetación ruderal en Llano Agroindustrial de Santa Cruz de las Flores, Tlajomulco (UTM 13N: 647288, 2267840, 1494 m s. n. m.).

Las plantas ruderales claramente presentan una estrategia ecológica y evolutiva de tolerancia al disturbio. La abundancia de las especies componentes de esta vegetación puede variar drásticamente de un año a otro, existe una notable dinámica de cambio de las abundancias relativas de diferentes malezas en el región, lo anterior es causado por fenómenos naturales y por la introducción de nuevas especies, entre otros factores (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2004). Muchas de las malezas de la región y del municipio son las plantas que hombre ha transportado involuntariamente o intencionalmente. En el área de estudio existen malezas de origen europeo, muchas son de la región mediterránea, algunas fueron introducidas de América del Sur, de África y de Asia.

Las especies frecuentes el municipio son *Anoda cristata*, *Aster subulatus*, *Bidens odorata*, *Bidens pilosa*, *Bouteloua repens*, *Brassica campestris*, *Cosmos bipinnatus*, *Cosmos sulphureus*, *Lantana camara*, *Lepidium virginicum*, *Oenothera rosea*, *Reseda luteola*, *Ricinus communis*, *Rumex crispus*, *Salvia spp.*, *Sida abutilifolia*, *Simsia amplexicaulis*, *Solanum spp.*, *Tagetes spp.*, *Tithonia tubiformis* e *Ipomoea spp.* Son comunes las plantulas de *Schinus molle* y *Prosopis laevigata* aunque rara vez llegan a crecer como árboles debido a las quemas irregulares y el pastoreo de ganado. Los pastos son abundantes y irreconocibles durante la temporada seca: *Bromus spp.*, *Cynodon dactylon*, *Panicum obtusum*, *Paspalum distichum* y *Sporobolus indicus*, entre otros. Son frecuentes también individuos grandes de *Ricinus communis*, *Nicotiana glauca*, *Datura stramonium*, *Senecio salignus*, *Wigandia urens*, *Verbesina greenmanii* y matorrales de *Acacia farnesiana* y *Acacia pennatula*, característicos de los sitios donde se practica el pastoreo de ganado.

2.6.5. DIVERSIDAD FLORÍSTICA POTENCIAL Y ANÁLISIS DE LA FLORA

A. DIVERSIDAD FLORÍSTICA POTENCIAL

En el municipio de Tlajomulco el carácter de la distribución de los ecosistemas y sus tipos de vegetación se traduce en diferencias en cuanto la diversidad florística. La diversidad de la flora se debe a la presencia de plantas endémicas, raras o amenazadas, y por las introducidas. Dependiendo del tipo de vegetación y de su conservación o alteración podemos encontrar una diversidad florística potencial.

Los ecosistemas primarios con vegetación natural tienen una mayor presencia en los complejos Sierra Volcánica La Primavera y Sierra Bloque Cerro Viejo, ambos presentan una mejor conservación en cuanto a sus recursos florísticos, tienen condiciones donde el medio ambiente físico propicia la presencia de varios tipos de vegetación natural. No es una coincidencia simple que los complejos con mejor conservación de vegetación forman parte de las zonas relacionadas con la protección de flora y fauna (mapa 2-19).

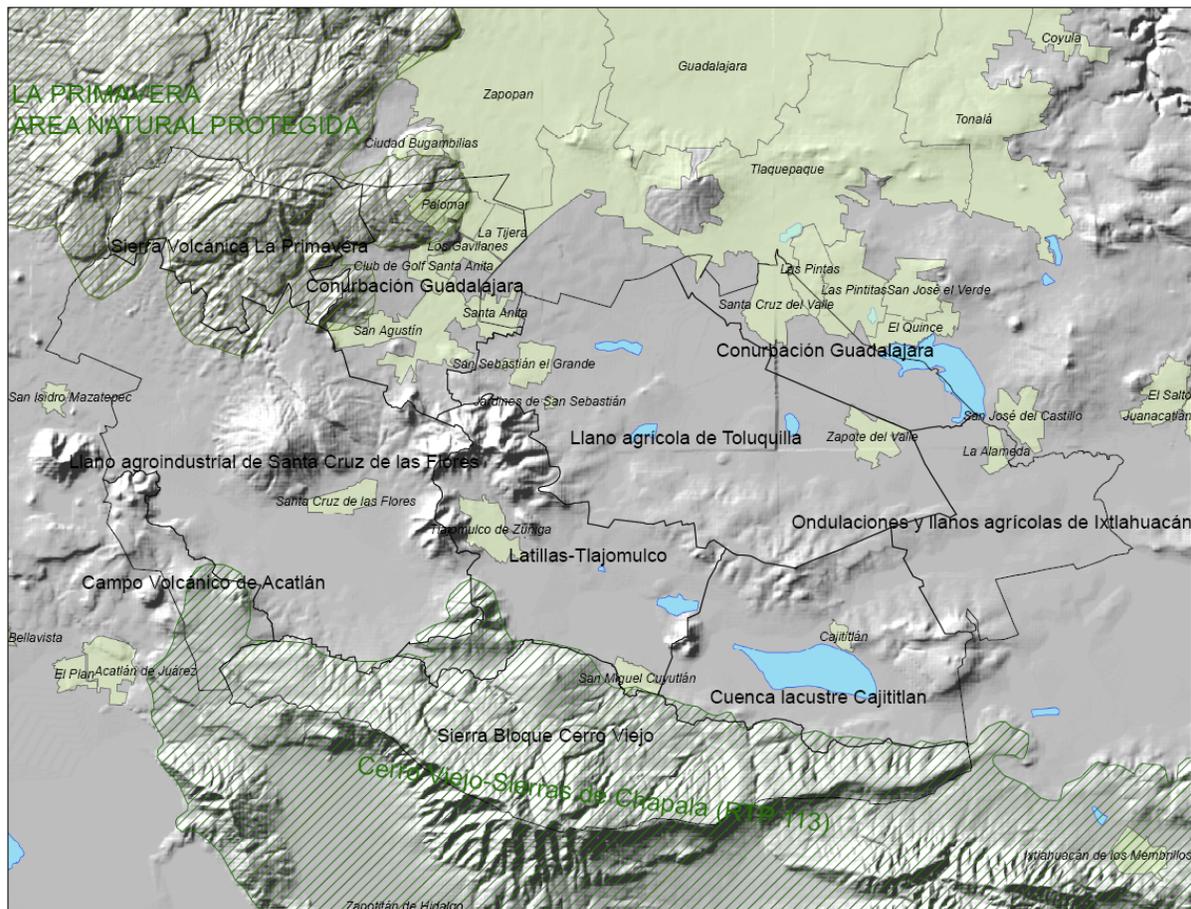
El complejo Sierra Volcánica La Primavera, dentro del municipio, es un fragmento del Área de Protección de la Flora y Fauna La Primavera (APFyF), la cual incluye zonas de recuperación, de uso restringido y de protección. La zona de protección, ubicada en el Cerro Las Planillas, es una parte del APFyF y de alto valor por su alta diversidad biológica. De las 961 especies de las plantas vasculares registrados en los límites del APFyF (SEMARNAT, 2000) la mayoría se distribuyen en Tlajomulco, incluyendo 4 especies con estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2001: *Zinnia violacea* (amenazada), *Litsea glaucescens* (en peligro de extinción), *Cedrela dugesii* (sujeta a protección) y *Cypripedium irapeanym* (amenazada). En la APFyF son comunes algunas plantas endémicas del Occidente de México, como *Mammillaria jaliscana* y *Agave guadalajarana*.

El complejo Sierra Bloque Cerro Viejo no cuenta con un régimen de protección legal aunque forma parte de la Región Terrestre Prioritaria 113 (RTP-113), junto con las Sierras de Chapala, tal categoría fue establecida por la CONABIO (2000). La RTP-113 está definida como una zona de alta diversidad por sus ecosistemas en buen estado de conservación y por la presencia de endemismos de plantas. El análisis preliminar de la diversidad florística en la zona circundante

al Lago Chapala y Cerro Viejo cita un número de 960 especies de plantas vasculares representantes (RTP). La delimitación del RTP se basa en un criterio de vegetación, integrando áreas con Bosque espinoso primario, Bosque de *Quercus*, Bosque mixto y cañadas mesófilas en las partes altas de Cerro Viejo.

Mapa 2-19

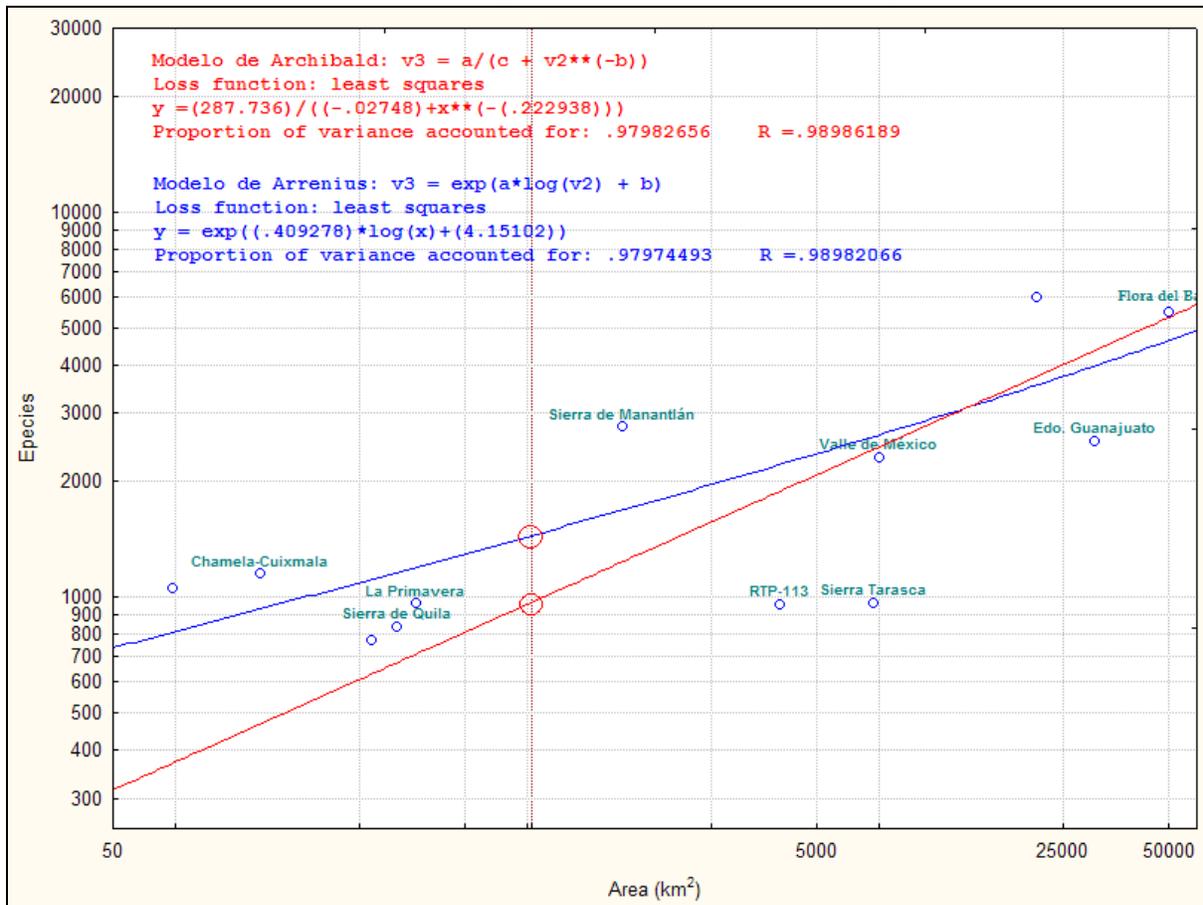
Área Natural Protegida La Primavera y Región Terrestre Prioritario 113 Cerro Viejo–S. de Chapala



Es evidente que la sección de la RTP-113 de Tlajomulco incluye la mayor parte de la diversidad florística, esto porque Cerro Viejo cuenta con un amplio gradiente altitudinal que alberga la mayor diversidad de ecosistemas de la RTP-113. La RTP Cerro Viejo–Sierras de Chapala cuenta con 7 plantas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001: *Comarostaphylis discolor* (sujeta a protección), *Phy-*

mosia rosea (sujeta a protección), *Cantharellus cibarius* (sujeta a protección), *Po-
liantes longiflora* (sujeta a protección), *Mammillaria fittkai* (sujeta a protección),
Zigadenus virescens (sujeta a protección) y *Tilia mexicana* (en peligro de extin-
ción).

Gráfica 2-9
Diversidad florística potencial con énfasis en área-especies



NOTAS: en rojo curva de Arrenius con 964 especies, en azul curva de Archibald con 1440 especies.

B. ANÁLISIS DE LA FLORA

El análisis de flora para el municipio de Tlajomulco tuvo como material principal la consulta de colecciones biológicas (herbarios) que refieren a especímenes botánicos colectados dentro del territorio municipal. Los herbarios cuyas colec-

ciones fueron revisadas son ReBiOMex (Vazquez et al. 2008) y VITEX de la Universidad de Guadalajara (Cházaro, 2008).

Cuadro 2-22
Comparación entre la riqueza florística regional y las posibles plantas vasculares

Región	Superficie (km ²)	Intervalo Altitudinal	Plantas vasculares			Plantas fanerogámicas			Fuente
			Familias	Géneros	Especies	Familias	Géneros	Especies	
México	1959248	0-5747	220		22800			21600	Rzedowski, 1993
México	1959248	0-5747			25000				Villaseñor, 2003 cit. por Martínez-Cruz & Téllez-Valdéz, 2004 (estimado)
Flora de Bajío, Guanajuato	50000	300-3900			5500				Rzedowski, 1997 (estimado)
Guanajuato	30583	1000-3000	166	786	2547				Carranza-González, 2005 (especies conocidas)
Valle de México	7500	2230-5400			2305	126	684	2071	Calderón & Rzedowski, 1979
Cuenca Zirahén, Michoacán	270	2050-3300	113	393	770				Pérez-Calix, 1996
Cuenca Pátzcuaro, Michoacán	1000	2040-3330				110	460	990	Díaz-Barriga & Bello, 1993
Cuenca Río Chiquito, Michoacán	74	1950-2625	117	478	1057	113	449	987	Medina & Socorro-Rodríguez, 1993
Sierra de Quila, Jalisco	320	1300-2560	130	446	840				Guerrero-Nuño & López-Coronado, 1997
Jalisco y zonas adyacentes	77962	0-4240						7000	Rzedowski, 1991 cit. por Guerrero-Nuño & López-Coronado, 1997
Región Chamela-Cuixmala, Jalisco	131	0-300	125	572	1149	120	566	1135	Lott & Atkinson, 2002
Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima	1396	400-2860	181	981	2774	159	924	2599	Vázquez et al., 1995
Bosque de Primavera, Jalisco	362	1400-2200	107	419	961			933	SEMARNAT, 2000
RTP-113 Cerro Viejo–Sierras de Chapala	3900	1510-2848			960				CONABIO, 2000
Sierra Tarasca, Michoacán	7200	1550-3900	115	446	969				Nabat, 1995
Cuenca superior Río Papaloapan (Oaxaca, Puebla, Veracruz)	21000	n/d			6000				Rzedowski et al., 2004 (Zona con mayor concentración de riqueza de las plantas vasculares en el país)
Municipio de Tlajomulco, Jalisco	770	1500-2940			1440				Curva de Archibald
					964				Curva de Arrenius

Cuadro 2-23
Familias de plantas con el mayor número de especies y taxa subespecifica

Familia	Número de especies	Número de taxa subespecifica
Asteraceae (=Compositae)	149	19
Fabaceae (=Leguminosae)	83	10
Poaceae (=Gramineae)	69	0
Solanaceae	39	1
Cyperaceae	30	1
Euphorbiaceae	29	4
Malvaceae	24	3
Lamiaceae	20	0
Orchidaceae	19	0
Liliaceae	17	0
Convolvulaceae	16	0
Rubiaceae	16	0
Verbenaceae	16	1
Adiantaceae	15	0
Fagaceae	14	0
Bromeliaceae	13	0
Scrophulariaceae	13	0
Amaranthaceae	12	0
Asclepiadaceae	12	0
Boraginaceae	12	0

La base de datos ReBiOMex ver 1.3 comprende tanto plantas vasculares como hongos microscópicos del estado de Jalisco, se encuentran almacenados en el herbario IBUG de la Universidad de Guadalajara y en otros relevantes. En este sistema fueron reconocidos 1483 registros que corresponden a 887 especies. Los datos de VITEX cuentan con registros de más de 700 especies de plantas vasculares para el municipio. Los registros extraídos de ambos sistemas fueron verificados y armados en una base común de registros de hongos macroscopicos y de plantas vasculares para Tlajomulco. A partir de este trabajo fue generado el listado florístico general (anexo 6.1.1).

Cuadro 2121-9
Distribución de plantas vasculares y hongos macroscópicos

Grupo taxonómico	Tipo de vegetación en Tlajomulco											
	Bosque tropical caducifolio	Bosque espinoso	Bosque de <i>Quercus</i>	Bosque de <i>Quercus</i> y <i>Pinus</i>	Bosque mesófilo de montaña	Vegetación acuática y subacuática	Bosque de galería	Matorral subtropical	Pastizal inducido	Vegetación ruderal	Vegetación arvense	Vegetación sabanoide
Hongos y líquenes	24	0	63	57	0	0	2	2	1	0	0	1
Hongos y líquenes en NOM-059-SEMARNAT-2001	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Plantas vasculares	485	124	210	147	72	96	107	155	105	58	30	131
Plantas vasculares en NOM-059-SEMARNAT-2001	3	0	5	3	2	0	2	0	1	1	1	1
Total plantas y hongos	509	124	273	204	72	96	109	157	106	58	30	132
Total plantas y hongos en NOM-059-SEMARNAT-2001	3	0	6	4	2	0	2	0	1	1	1	1

El listado florístico general del municipio de Tlajomulco incluye 1057 taxa por género y especie, por otro lado se tienen 48 registros taxa subespecifica y 94 con

una identificación por género. De estos registros 74 especies pertenecen a hongos y líquenes, 983 especies (con 47 taxa infraespecífica) son plantas vasculares. El espectro de las plantas vasculares respecto a sus formas de crecimiento registrado en listado es el siguiente: 121 son arbóreas, 149 arbustivas, 79 de bejucos o trepadoras, 621 herbáceas o epifitas y 8 especies de plantas parasitas. El número de familias registrado es de 164 de los cuales 26 son de hongos y líquenes, 10 de helechos y plantas afines, 2 de coníferas y 126 corresponden a plantas con flor. Las familias con el mayor número de taxa están citados en el cuadro 2-23.

La comparación de los datos estimados del número de especies con los registros de especímenes colectados en el municipio permite evaluar el grado de compleción de listado florístico para el presente estudio. Así, considerando que la estimación con curvas área-especie está basada en las plantas vasculares podemos suponer que el listado florístico potencial abarca más del 68% de la diversidad florística del municipio a decir de la curva de Archibald. Por otro lado la curva de Arrenius es ligeramente inferior al número de especies de plantas vasculares registrado en el listado.

La mayor parte de las especies registradas en el listado florístico cuentan con una asociación por tipo de vegetación. De las 74 especies de hongos y líquenes solo 1 no está asignado a un tipo de vegetación, por otro lado de las 983 especies de plantas vasculares 791 están registradas en uno o más tipos de vegetación. La distribución de plantas vasculares, hongos y líquenes por el municipio por tipos de vegetación está resumida en el cuadro 2-25.

Cuadro 2-24
Evaluación del grado de compleción del listado florístico general

Estimador (curvas área-especies)	Especies en listado florístico	Especies estimadas	Grado de compleción de listado florístico
Curva de Archibald (pronóstico optimista)	983	1440	68.3%
Curva de Arrenius (pronóstico pesimista)	983	964	102.0%

2.7. FAUNA

El conocimiento de la importancia de la diversidad faunística y florística en áreas colindantes a asentamientos humanos y vulnerables a afectaciones de origen antropogénico brindan la oportunidad de promover la educación dentro del tema de la cultura ambiental, además de que el conocimiento es la base para tomar las mejores decisiones en cuanto al manejo que se hace de los recursos naturales en pro de la conservación.

En Jalisco existe una compleja topografía puesto que es una zona de confluencia de regiones fisiográficas como lo son la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre del Sur, el Eje Neovolcánico, la depresión del Balsas y la Mesa Central, a esto se debe la gran heterogeneidad ambiental (Ramos-Vizcaíno *et.al.*, 2007) y por ende una alta diversidad de especies.

Los organismos vivientes y su medio abiótico se relacionan e interactúan mutuamente (Odum, 1986), las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, que son objeto del presente estudio, forman parte importante de los ecosistemas, ya que sin estos no podrían darse procesos importantes dentro de un bosque como son depredación, mutualismo, competencia, dispersión de semillas etc., los cuales son indispensables para el buen funcionamiento de un ecosistema.

2.7.1. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS

El municipio de Tlajomulco de Zúñiga se localiza en las coordenadas extremas al Norte: 20° 37' latitud norte y 103° 35' longitud oeste, al Sur: 20° 21' latitud norte y 103° 25' longitud oeste, por el Este: 20° 30' latitud norte y 103° 12' longitud oeste, y en el Oeste: 20° 32' latitud norte y 103° 37' longitud oeste, y su cabecera municipal se encuentra en las coordenadas 20° 20' latitud Norte y 103° 27' longitud Oeste a una elevación de 1,575 metros sobre el nivel del mar, posee una extensión territorial aproximada de 636 Km², se puede apreciar un rango altitudinal que va de los 1,400 msnm a los 2960 msnm y colinda con los municipios de

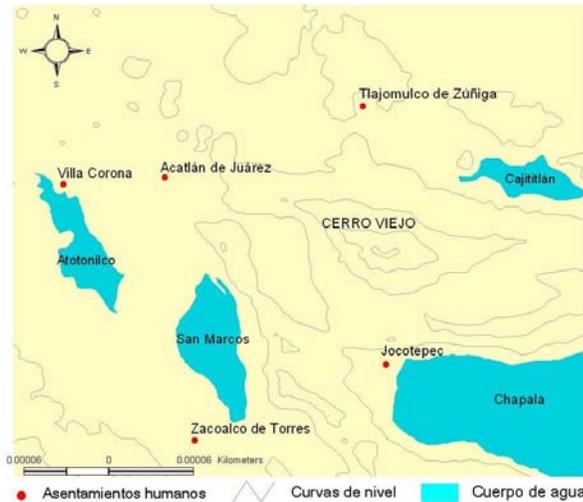
Zapopan, Tlaquepaque y El Salto por el Norte, con Jocotepec al Sur, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos al Este y con Acatlán de Juárez y Tala al Oeste.

A pesar de que una significativa área del municipio se encuentra destinada a la agricultura, actividades pecuarias y asentamientos humanos existen importantes áreas que funcionan como refugios para la fauna silvestre y que tienen un papel importante en el mantenimiento de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas que estas albergan.

Al Noroeste el municipio de Tlajomulco de Zúñiga incluye dentro de sus límites una parte del Área de Protección de Flora y Fauna “La Primavera”, una región que además de su valor hidrológico que alberga una considerable biodiversidad y se encuentra mayormente representada por cuatro tipos de vegetación (de acuerdo con la clasificación de Rzedowski, 2006) bosques de encino, pino-encino, pino y bosque tropical caducifolio.

Mapa 2-20

Cuerpos de agua y asentamientos humanos cercanos a Cerro Viejo



La mayor elevación del municipio de Tlajomulco de Zúñiga es Cerro viejo, considerado también como una de las principales elevaciones del estado de Jalisco

con 2,960 msnm y que recibe humedad de cuatro importantes cuerpos de agua, el Lago de Chapala al sureste, la laguna de Cajititlán al noreste, la laguna de San Marcos al suroeste y la de Atotonilco al oeste (mapa 2-20).

Ésta es una zona con alta riqueza de especies tanto de flora como de fauna silvestre, forma parte de la Región Terrestre Prioritaria 113 (Cerro Viejo-Sierras de Chapala) y es considerada, por el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio (MOET) del municipio con alta fragilidad. Como uno de los principales servicios ambientales que este cerro brinda se encuentra la producción de agua, con la cual se abastece la población de San Miguel Cuyutlán.

Debido a las características de esta zona se llevaron a cabo muestreos de fauna con los cuales se pretendió identificar la composición de fauna, aves y mamíferos, presente en el área. Los muestreos para la caracterización de la fauna fueron llevados a cabo en un sitio con vegetación predominante de bosque de encino (*Quercus*) (foto 2-37) y con las coordenadas geográficas 20°22'44"O y 103°27'11"W (UTM 13Q x: 661433, y: 2254170) durante los días 9, 10 y 11 de abril del año en curso (2009).



a)



b)

Foto 2-37 a y b. Bosque de encino en Cerro Viejo.

Se presenta un análisis de cuatro grupos de fauna: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, de estos últimos mamíferos voladores (quirópteros) y no voladores

(el resto de los pequeños, medianos y grandes mamíferos terrestres) y se clasifica su presencia potencial (las especies que podrían encontrarse en el municipio) de acuerdo a cuatro regiones: “Sierra La Primavera”, “Cerro Viejo”, “Laguna de Cajititlán” y la “Zona urbana y perturbada”, además las especies potencialmente presentes en la vegetación tropical que incluye el bosque tropical caducifolio y bosque espinoso.

A. LISTADOS POTENCIALES

En la determinación de la riqueza potencial de los grupos anfibios y reptiles se tomaron en cuenta registros anteriores de las especies reportados en literatura especializada así como la distribución actual de las especies y sus requerimientos de hábitat. Se generó un listado potencial para cada grupo (Anexos A y B) y las diferentes regiones del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, para ello se consultaron publicaciones científicas con sitios de colecta en localidades próximas al municipio y trabajos de sistemática, historia natural y biogeografía de grupos o especies registros de nuevas especies en las que se hace referencia a especímenes colectados y/o depositados en museos o colecciones (Armstrong & Murphy, 1979; Bryson *et.al.*, 2005; Campbell, 1976; Canseco-Márquez, *et.al.*, 2007; Conant, R. 2003; Cruz, 2004; Devitt, 2003; Duellman, 1958; Kenneth, 1978; Ponce & Huerta, 2004; Reyna *et.al.*, 2007). La nomenclatura de los nombres científicos de las especies de anfibios se basa en Frost (2009) y para los reptiles la base de datos Global Biodiversity Information Facility (2009). Los nombres comunes de anfibios y reptiles se encuentran basados en la Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México de Flores-Villela (1993).

Para la elaboración del listado de aves se consultaron informes científicos (Palomera-García, *et. al.* 2007; Fernández, R., & G. Barba. 2005; López-Coronado & Guerrero-Nuño.2004) y en bases de datos internacionales (American Ornithologist Union) además de una publicación de la CONANP (2006) y de Orduña (1994). Para esta zona en particular se encontraron pocos trabajos y registros por

lo que el listado potencial (Anexo C) fue realizado en base a distribuciones latitudinales, altitudinales así como hábitat y tipos de vegetación (Howell & Webb 1995., Peterson & Chalif 1989.) fueron tomados en cuenta también los datos obtenidos durante el muestreo en campo.

Para la conformación del listado de los quirópteros se revisaron artículos de publicación científica (Guerrero & Cervantes, 2003; Téllez-Girón *et. al.* 1997; Iñiguez-Dávalos & Santana, 2005.) y bases de datos de colecciones científicas (Global Biodiversity Information Facility), sin embargo para el lugar se encontraron pocos reportes de quiropterofauna. Por lo que se conformó un listado potencial de especies (Anexo E) basado en distribución latitudinal, altitudinal y tipo de vegetación (Arita & Rodríguez, 2004; Ceballos & Oliva, 2005; Medellín *et. al.*1997; Villa & Cervantes, 2003). Además se tomaron en cuenta especies capturadas durante los muestreos en campo.

El listado potencial de mamíferos terrestres no voladores (Anexo F) se basó en literatura científica como Ceballos y Oliva (2005), Aranda (2000), Hall (1981), Challenger (1998), Villa y Cervantes (2003), Medellín y colaboradores (2002) y Rzedowski (2006) así como publicaciones periódicas de autores como Escalante y colaboradores (2002), Gámez (2008), Guerrero y Cervantes (2003), Iñiguez y Santana (2005), Burton y colaboradores (2003), Burton (2006), Téllez-Girón y colaboradores (1997), Vizcaíno y colaboradores (2007), algunos artículos de colecciones científicas como Wilson (1991) y bases de datos Arita y Rodríguez (2004), además de paginas de Internet con bases de datos electrónicas como Wilson & Reeder (2005) y Global Biodiversity Information Facility (2008).

B. MUESTREOS DE FAUNA

Se utilizaron diferentes técnicas de muestreo para cada uno de los grupos de fauna. En el caso tanto de aves como de murciélagos se efectuó la captura con redes de niebla, mismas que fueron instaladas en diferentes zonas para cubrir

microhábitats distintos que incluyeron cañadas, zonas con vegetación arbustiva de zarzamoras, laderas y un “ojo de agua” (foto 2-38a).

El muestreo de aves fue complementado al realizar recorridos para hacer avistamientos con la técnica de conteo por puntos (Ralph *et.al.*, 1995) y censos de búsqueda intensiva (Ambrose, 1989), además durante la noche fue colocada una trampa de monofilamentos (BC trap) (foto 2-38b) para la captura de Strigiformes y se realizaron estaciones de reclamo utilizando grabaciones profesionales de cantos y llamados de búhos.



a)



b)

Foto 2-38 a y b. Sitios con redes de niebla y trampas de monofilamentos. a) Ojo de agua donde se colocaron redes de niebla; b) Trampa de monofilamentos (BCtramp) para la captura de Strigiformes



Foto 2-39. Trampa cámara de tipo instalada en Bosque de encino.

Para la determinación de las especies de aves se utilizaron las guías de campo de Howell & Webb (1995), Kaufman (2005) y Sibley y Monroe (1990) y Pyle (1997); y para los murciélagos la clave de Medellín *et.al.* (1997).

Para el registro de los mamíferos terrestres la metodología consistió en el recorrido de transectos nocturnos; ya que la mayoría de las especies de mamíferos tienen estos hábitos además de que el uso de lámparas para encandilar a los individuos permite en ocasiones retener más tiempo observado a los mismos para una mejor y segura determinación; también se llevó a cabo la búsqueda intensiva de avistamientos directos (observación directa de la especie) e indirectos (registro de huellas, excretas, pelos etc.), además fue empleada una cámara trampa de tipo activo (foto 2-39), que funcionan mediante la detección de movimiento, para el registro directo de especies. La trampa-cámara se instaló el día 9 de abril a las 19:30 hrs., para optimizar los resultados mediante este método fueron colocados distintos tipos de cebo como atrayente (jamón, atún y huevo) en un diámetro de 5 a 7m., alrededor de la cámara-trampa, para hacer el registro también de huellas; se utilizaron además silbatos llamadores de depredadores y para la determinación de las especies se contó con el apoyo de guías especializadas como la de Aranda (2000).

2.7.2. RIQUEZA POTENCIAL POR GRUPOS

A. ANFIBIOS

Se encontró que el municipio de Tlajomulco de Zúñiga cuenta potencialmente con una riqueza total de 27 especies de anfibios representados dentro de 8 familias y 2 órdenes, del total de las especies 15 son consideradas endémicas al territorio mexicano (*Anaxyrus compactilis*, *Incilius marmoreus*, *I. occidentalis*, *Hyla eximia*, *Pachymedusa dacnicolor*, *Plectrohyla bistincta*, *Craugastor occidentalis*, *Craugastor hobartsmithi*, *Eleutherodactylus nitidus*, *Lithobates megapoda*, *L. montezumae*, *L. neovolcanicus*, *L. psilonota*, *L. pustulosus* y *Pseudoeurycea bellii*) y siete cuentan con

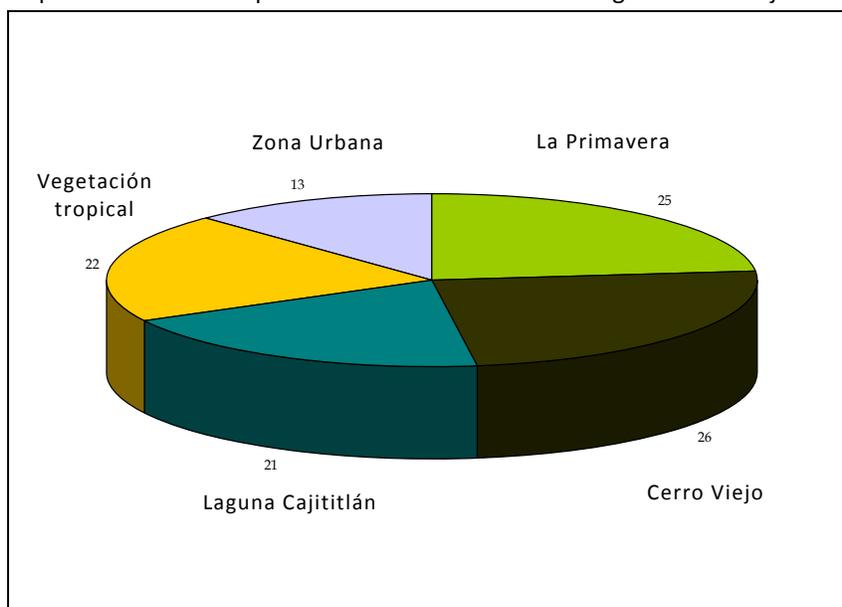
categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2001, cinco de estas últimas cuentan con protección especial (*Gastrophryne usta*, *Lithobates forreri*, *L. megapoda*, *L. montezumae* y *L. pustulosus* y dos se encuentran en la categoría amenazada (*Lithobates neovolcanicus* y *Pseudoeurycea bellii*) (cuadro 2-26 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-26
Riqueza potencial de anfibios en Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
27	8	2	15	7		
				P	PR	A
				0	5	2

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Gráfica 2-10
Proporciones de la riqueza de anfibios en cuatro regiones de Tlajomulco



La distribución de las especies de anfibios en las diferentes regiones del municipio (gráfica 2-10) se encuentra de la siguiente manera, la región que contó con la mayor riqueza de especies fue “Cerro Viejo”, con 26 especies potencialmente

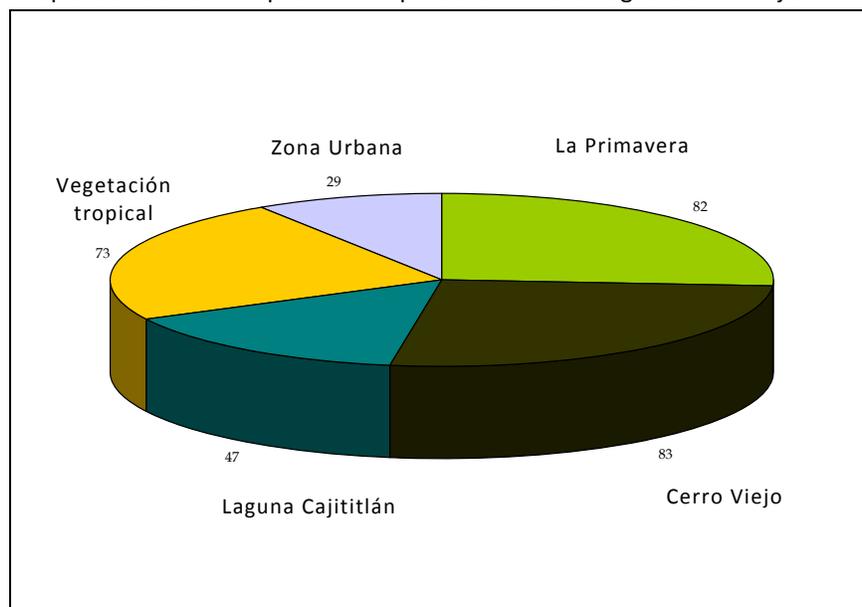
presentes mientras que la zona urbana y perturbada presentó la menor riqueza encontrándose representada por 13 especies.

B. REPTILES

Son 88 las especies de reptiles que potencialmente se encuentran en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga (anexo 6.1.2), estos se encuentran dentro de 17 familias y 2 órdenes, una alta proporción, 45 especies, son consideradas endémicas a México y 34 son listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (cuadro 2-27), de acuerdo con ella la lagartija nocturna de Sánchez (*Xantusia sanchezi*) se considera en peligro de extinción y 11 especies se consideran amenazadas (*Coleonyx elegans*, *Ctenosaura pectinata*, *Phrynosoma orbiculare*, *Boa constrictor*, *Lampropeltis triangulum*, *Leptophis diplotropis*, *Leptophis mexicanus*, *Masticophis flagellum*, *Pituophis deppei*, *Thamnophis cyrtopsis* y *T. eques*) y 22 especies/subespecies cuentan con protección especial (*Elgaria kingi ferruginosa*, *Sceloporus grammicus*, *Cnemidophorus communis*, *C. lineatissimus duodecemlineatus*, *Adelophis copei*, *Hypsiglena torquata*, *Imantodes gemmistratus*, *Leptodeira annulata*, *L. maculata*, *Rhadinaea forbesi*, *Salvadora bairdi*, *S. mexicana*, *Tantilla calamarina*, *Trimorphodon biscutatus wilkinsonii*, *Micrurus distans*, *Crotalus basiliscus*, *C. lepidus klauberi*, *C. molossus nigrescens*, *C. polystictus*, *Trachemys scripta*, *Kinosternon herrerae* y *K. integrum*) (anexo 6.1.2).

Respecto a su distribución, al igual que en el caso de los anfibios la mayor riqueza de especies de reptiles se concentró en Cerro Viejo con un total de 76 especies y la zona perturbada presentó la menor riqueza con 27 especies (gráfica 2-11).

Gráfica 2-11
Proporciones de la riqueza de reptiles en cuatro regiones de Tlajomulco



Cuadro 2-27
Riqueza potencial de reptiles en Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
88	17	2	45	34		
				P	PR	A
				1	22	11

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

C. AVES

Las aves son el grupo de vertebrados mejor representado en el área de estudio., la riqueza de especies de aves para el municipio de Tlajomulco de Zúñiga se encuentra representada por 279 especies las cuales se encuentran dentro de 17 órdenes y 55 familias, cabe destacar que 21 especies se encuentran dentro de alguna categoría de protección según la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2001 (cuadro 2-28) entre las que destacan el Águila Solitaria (*Har-*

pyhaliaetus solitarius) y el Vireo Gorrinegro (*Vireo atricapillus*) los cuales se encuentran en la categoría P, en peligro de extinción, 14 especies son endémicas para México, mientras que se registran también 9 especies cuasiendémicas y 23 semiendémicas. De acuerdo a su estacionalidad encontramos que 163 son residentes, 71 son visitantes de invierno, 14 visitantes durante el verano, 16 sólo son transitorias durante la temporada de migración y 13 se representan por poblaciones tanto residentes como migratorias, ó residentes y transitorias (anexo 6.1.2).

Cuadro 2-28
Riqueza potencial de aves en Tlajomulco de Zúñiga

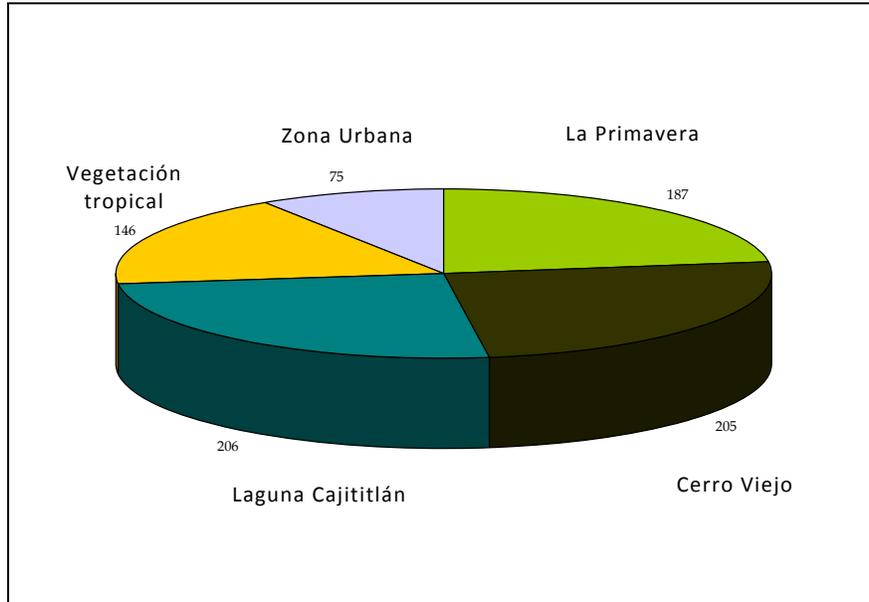
Especies	Familias	Órdenes	A) Especies endémicas			B) Especies con alguna categoría de protección		
279	55	17	46			20		
			E	C	S	P	PR	A
			14	9	23	2	14	4
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies endémicas de acuerdo a González-García & Gómez de Silva (2003). E: Endémicas a México, C: Cuasiendémicas, S: Semiendémicas. B) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.								

La avifauna de este municipio se caracteriza por estar influenciada por la presencia de especies de zonas colindantes con condiciones ambientales distintas, por lo que aportan cada una especies características de estas áreas, la influencia del un remanente del Área de Protección de Flora y Fauna “La Primavera” aporta especies típicas de le los bosques de pino y encino, gran numero de paseriformes, y en invierno un numero importante de especies migratorias, por otro lado los cuerpos de agua dentro y cercanos al municipio como la laguna de Cajititlán y el sitio Ramsar Laguna de Chapala aportan en el caso de las aves una variante en la composición de especies, ya que estos cuerpos de agua permanente son sitios de arribo y de reproducción de una gran cantidad de especies acuáticas que residen y migran a esta zona mas que nada en la temporada invernal.

En los listados potenciales para el grupo de las ves se encontró que en la Laguna de Cajititlán se encuentra la mayor riqueza de especies, con 206 especies

reportadas, seguida de Cerro Viejo con 205, mientras que la zona urbana presenta la menor riqueza, con 75 especies (gráfica 2-12).

Gráfica 2-12
Proporciones de la riqueza de aves en cuatro regiones de Tlajomulco



D. MURCIÉLAGOS

Para el municipio de Tlajomulco de Zúñiga se encontró una riqueza total de 51 especies comprendidas en siete familias, de las cuales cuatro son endémicas de México (*Artibeus hirsutus*, *Corynorhinus mexicanus*, *Myotis carteri* y *Rhogeessa alle-ni*) y tres se encuentran con protección en la legislación nacional (*Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris curasoae* y *Leptonycteris nivalis*) (cuadro 2-30 y anexo 6.1.2).

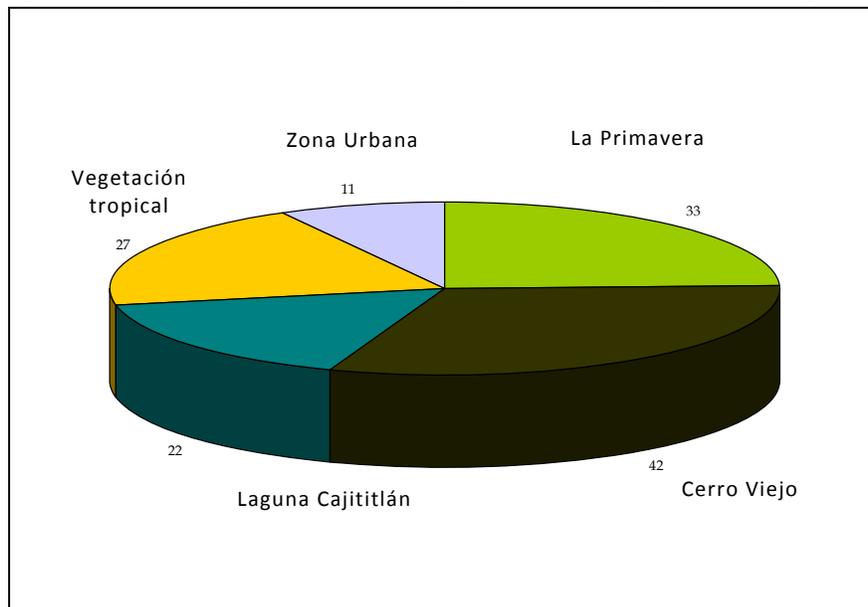
La zona del municipio en la que se distribuyen un mayor número de especies de murciélagos es la de Cerro Viejo, con 33 especies y en la que se encuentra un número menor de especies es la zona urbana con tan solo 11 especies (gráfica 2-13).

Cuadro 2-30
Riqueza potencial de murciélagos en Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
51	7	1	4	3		
			E	P	PR	A
			4	0	0	3

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Gráfica 2-13
Proporciones de la riqueza de murciélagos en cuatro regiones de Tlajomulco



Cabe señalar que el municipio se encuentra dentro de una de las regiones biogeográficas de importancia para la conservación de murciélagos, esto debido a la alta riqueza y endemismos (Arita, 1994).

Como es de esperarse las zonas que mantienen en mayor proporción cobertura vegetal nativa son las en las que se distribuyen un mayor número de especies, caso contrario las áreas más afectadas por los asentamientos humanos, las cuales por su poca disponibilidad de recursos y hábitat para los murciélagos, se distribuye un número menor. El bosque tropical caducifolio es la excepción debido a

que en estos son de las vegetaciones con mayor diversidad de especies de este grupo, además que varias de ellas son especies endémicas a este tipo de bosque.

E. MAMÍFEROS TERRESTRES

Para el municipio de Tlajomulco de Zúñiga se reportan 55 especies en 14 familias dentro de las cuales 13 especies son endémicas (*Megasorex gigas*, *Notiosorex evotis*, *Sorex oreopolus*, *Sorex emarginatus*, *Sciurus colliae*, *Spermophilus annulatus*, *Osgoodomys banderanus*, *Peromyscus melanophrys*, *Peromyscus melanotis*, *Sigmodon alleni*, *Sigmodon mascotensis*, *Lepus callotis*, *Silvilagus cunicularius*) además dentro 5 especies (*Megasorex gigas*, *Herpailurus yagouaroundi*, que se encuentran con la categoría de Amenazadas además de *Panthera onca*, *Leopardus pardalis* y *Leopardus wiedii* que se encuentran con la categoría de en peligro de extinción con alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 (cuadro 2-31 y anexo 6.1.2).

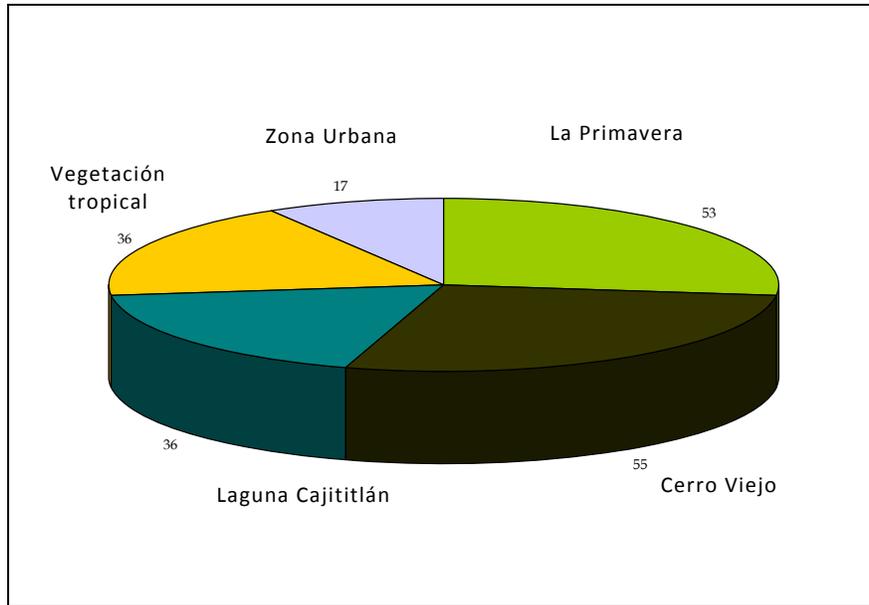
Cuadro 2-31
Riqueza potencial de mamíferos terrestres en Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
55	14	7	12	5		
				P	PR	A
				2	0	3
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Las áreas donde se reportan un mayor número de especies corresponden al Bosque la Primavera y Cerro Viejo, que son áreas que presentan mejores condiciones de hábitat como cobertura vegetal, para los mamíferos además de la cercanía de áreas de cultivo donde algunas especies como los roedores y carnívoros facultativos como zorras y coyotes se han adaptado a las modificaciones y alteraciones del hábitat, mientras que la vegetación tropical se presenta en pequeños man-

chones por lo que estas áreas son vulnerables a desaparecer dentro del municipio, en lo que respecta a Cajititlán y las alteraciones que ha sufrido el hábitat por el sobre pastoreo y las zonas de cultivo crean hábitats idóneos para algunos roedores, no siendo así para otras especies (venados, jabalís, puma etc...) que necesitan áreas con una mayor cobertura de la vegetación. Por lo anterior es bastante observable el bajo número de especies reportadas para la zona perturbada (gráfica 2-14).

Gráfica 2-14
Proporciones de la riqueza de mamíferos terrestres en cuatro regiones de Tlajomulco



2.7.3. RIQUEZA POTENCIAL POR REGIONES

A. LA PRIMAVERA

Anfibios y Reptiles

Para el grupo de los anfibios se reportan 25 especies dentro de ocho familias y 2 órdenes, de las 13 especies que se consideran endémicas a México una se consi-

dera amenazada por la NOM-059-SEMARNAT-2001 (*Pseudoeurycea bellii*) y tres cuentan con protección especial por la misma norma (*Lithobates megapoda*, *L. montezumae* y *L. pustulosus*), son 9 las especies que presentan la condición de endemismo pero que no se consideran con alguna categoría de protección nacional (*Anaxyrus compactilis*, *Incilius marmoratus*, *I. occidentalis*, *Hyla eximia*, *Plectrohyla bistincta*, *Craugastor occidentalis*, *C. hobartsmithi*, *Eleutherodactylus nitidus* y *Lithobates psilonota*) (cuadro 2-32 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-32
Riqueza potencial de anfibios en Sierra La Primavera, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
25	8	2	13	6		
				P	PR	A
				0	5	1
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Cuadro 2-33
Riqueza potencial de reptiles en Sierra La Primavera, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
82	17	2	42	31		
				P	PR	A
				1	19	11
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

En el caso de los reptiles se registró una mayor riqueza de especies representadas en 17 familias y dos órdenes, se registran un total de 82 especies de las cuales 42 son endémicas (cuadro 2-33), de estas últimas una se considera en peligro de extinción (*Xantusia sanchezi*), cuatro se encuentran amenazadas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 (*Ctenosaura pectinata*, *Phrynosoma orbiculare*, *Leptophis diplotropis* y *Pituophis deppei*) y 11 cuentan con categoría de protección especial (*Cnemidophorus communis*, *Cnemidophorus lineatissimus duodecemlineatus*,

Leptodeira maculata, *Rhadinaea forbesi*, *Salvadora bairdi*, *S. mexicana*, *Tantilla calamarina*, *Micrurus distans*, *Crotalus basiliscus*, *C. polystictus* y *Kinosternon integrum*) 26 especies son endémicas mas no se consideran en amenaza, peligro de extinción o con protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2001 (*Barisia imbricata*, *Phyllodactylus lanei*, *Sceloporus dugesi*, *S. heterolepis*, *S. horridus*, *S. nelsoni*, *S. pyrocephalus*, *S. siniferus*, *S. spinosus*, *S. torquatus*, *S. utiformis*, *Urosaurus bicarinatus*, *Norops nebulosus*, *Eumeces brevirostris*, *Cnemidophorus tessellatus*, *Conophis vittatus*, *Leptodeira splendida*, *Manolepis putnami*, *Pseudoficimia frontalis*, *Rhadinaea hesperia*, *Sonora michoacanensis*, *Sonora mutabilis*, *Storeria storerioides*, *Tantilla bocourtii*, *Thamnophis melanogaster* y *Trimorphodon tau*) (anexo 6.1.2).

En estas zonas se hace referencia a una mayor cantidad de especies que no se encuentran en hábitats perturbados o de las cuales no se conoce si pueden tolerarlos y que incluso se encuentran en peligro de extinción tal como la lagartija nocturna de Sánchez (*Xantusia sanchezi*) esto favorece la presencia de una de las mayores riquezas potenciales de especies en ambos grupos (anfibios y reptiles) para las diferentes zonas del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, después de Cerro Viejo.

Aves

En la Sierra de la Primavera se registran 186 especies de 13 Ordenes y 43 Familias, esta zona es usada como corredor para muchas especies de aves que se desplazan del bosque a la zona de Tlajomulco y sierras aledañas, esto a pesar que la alta urbanización en esta zona influye en la presencia o desplazamiento de algunas especies de aves. La riqueza de especies en la zona aumente considerablemente en el interior del ANP. Para el área se reportan potencialmente 8 especies endémicas para México entre los que destacan el Trogon orejón o Quetzal mexicano (*Euptilotis neoxenus*), además de 13 especies dentro de alguna categoría de protección como el Halcón Aplomado (*Falco femoralis*), el Trogón ya mencionado

y el Chipe de Tolmiei (*Oporornis tolmiei*) los cuales se encuentran (A) Amenazados según la NOM-059SEMARNAT2001.

Murciélagos

Para la zona que se encuentra próxima la Sierra la Primavera se encontró que se distribuyen potencialmente 33 especies pertenecientes a seis familias, de las cuales dos son endémicas de México (*Artibeus hirsutus* y *Rhogeessa alleni*) y dos se encuentran con categoría de protección nacional (*Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris curasoae* y *Leptonycteris nivalis*) en la categoría de Amenazada (cuadro 2-35 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-34
Riqueza potencial de aves en Sierra La Primavera-C. Viejo, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	A) Especies endémicas			B) Especies con alguna categoría de protección		
			E	C	S	P	PR	A
186	43	13	39			12		
			10	8	19	0	9	3

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies endémicas de acuerdo a González-García & Gómez de Silva (2003). E: Endémicas a México, C: Cuasiendémicas, S: Semiendémicas. B) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Cuadro 2-35
Riqueza potencial de murciélagos en Sierra La Primavera, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
				E	P	PR
33	6	1	2	3		
			2			3

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Las especies de murciélagos presentes en ésta parte del municipio predominan las pertenecientes a la familia Phyllostomidae, que predominantemente son es-

pecies de hábitos alimenticios frugívoros y nectarívoros a las que se les reconoce funciones ecosistémicas de importancia, en el primer caso para la dispersión de semillas (*Artibeus jamaicensis*, *Artibeus hirsutus*, *Dermanura tolteca*, *Chiroderma salvini*, *Sturnira lilium*, *Sturnira ludovici*) y para el caso de las especies de nectarívoras, ejercen la importancia de la polinización de plantas (*Glosophaga commisarisi*, *Glosophaga soricina*, *Anoura geoffroyi*, *Choeronycteris mexicana*, *Hylonycteris undewoodi*, *Hylonycteris undewoodi*, *Leptonycteris curasoensis*).

Sin embargo debido al alto grado de influjo antrópico realizado en las pocas áreas naturales que existen en el municipio, la presencia de las especies y su abundancia puede estar mermando, a falta de recursos alimenticios causados por la disminución de cobertura vegetal nativa. Esta situación local, aunada al panorama nacional, contribuye al problema de declinación de las poblaciones de especies de murciélagos que se traduce en problemas para su conservación.

Mamíferos terrestres

Para esta zona se concluyó que potencialmente pueden estar distribuidas 53 especies de las cuales solo 13 son endémicas (*Megasorex gigas*, *Notiosorex evotis*, *Sorex oreopolus*, *Sorex emarginatus*, *Sciurus coliaei*, *Osgoodomys banderanus*, *Spermophilus annulatus*, *Peromyscus melanophrys*, *Peromyscus melanotis*, *Sigmodon alleni*, *Sigmodon mascotensis*, *Lepus callotis*, *Silvilagus cunicularius*) solamente 5 especies presentan categoría de protección (*Megasorex gigas*, *Herpailurus yagouaroundi* que se encuentran con la categoría de Amenazadas además de *Panthera onca*, *Leopardus pardalis* y *Leopardus wiedii* de las especies que se encuentran con la categoría de en peligro de extinción). La superficie del Bosque La Primavera que pertenece al municipio de Tlajomulco se encuentra ante una fragmentación en la vegetación del ecosistema, esto disminuirá la calidad de hábitat para los mamíferos silvestres y una degradación de las cadenas tróficas lo que generará un impacto fuerte sobre el ambiente y por ende la desaparición del mismo en

un futuro no muy lejano, por lo que es urgente la generación de planes y programas de manejo y preservación de los ecosistemas naturales.

Cuadro 2-36
Riqueza potencial de mamíferos terrestres en Sierra La Primavera,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
53	14	7	12	5		
				P	PR	A
				2	0	3
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)						

B. CERRO VIEJO

Anfibios y Reptiles

El grupo de los anfibios de la zona de Cerro Viejo se encontró representado por 26 especies que se incluyen dentro de 8 familias y 2 órdenes. Son 14 especies endémicas de México (*Incilius marmoratus*, *I. occidentalis*, *Hyla eximia*, *Pachymedusa dacnicolor*, *Plectrohyla bistincta*, *Craugastor occidentalis*, *C. hobartsmithi*, *Eleutherodactylus nitidus*, *Lithobates megapoda*, *L. montezumae*, *L. neovolcanicus*, *L. psilonota*, *L. pustulosus* y *Pseudoeurycea bellii*) y siete consideradas dentro de las NOM-059-SEMARNAT-2001, dos amenazadas (*Lithobates neovolcanicus* y *Pseudoeurycea bellii*) y cinco con protección especial (*Gastrophryne usta*, *Lithobates forreri*, *L. megapoda*, *L. montezumae* y *L. pustulosus*) (cuadro 2-37 y anexo 6.1.2).

El listado potencial de los reptiles arrojó un total de 83 especies en total, 16 familias y sólo 1 orden. Poco más de la mitad de las especies, 42 especies, se consideran endémicas, de estas una se encuentra en la lista de las especies en peligro de extinción, lagartija nocturna de Sánchez (*Xantusia sanchezi*) cuatro se encuentran amenazadas (*Ctenosaura pectinata*, *Phrynosoma orbiculare*, *Leptophis diplo-tropis* y *Pituophis deppei*) y 10 cuentan con protección especial (*Cnemidophorus*

communis, *C. lineatissimus duodecemlineatus*, *Leptodeira maculata*, *Rhadinaea forbesi*, *Salvadora bairdi*, *S. mexicana*, *Tantilla calamarina*, *Micrurus distans*, *Crotalus basiliscus* y *C. polystictus*). Son 27 especies que son endémicas y no se encuentran enlistados en alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2001 (cuadro 2-38 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-37
Riqueza potencial de anfibios en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
26	8	2	14	7		
				P	PR	A
				0	5	2
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Cuadro 2-38
Riqueza potencial de reptiles en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
83	16	1	42	29		
				P	PR	A
				1	17	11
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) a Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Son tres especies que se encuentran potencialmente en Cerro Viejo y que no se reportan para la zona de la Primavera, estas son *Sceloporus clarki*, *Diadophis punctatus* y *Coniophanes lateritius*.

Aves

Para la zona del Cerro Viejo se registran un total de 205 especies representadas en 13 órdenes y 45 familias (cuadro 2-39), la composición de las especies en el

área se encuentra representada principalmente por aves que utilizan la zona como refugio durante sus desplazamientos migratorios, las aves residentes son principalmente especies de climas semi-húmedos o templados, condiciones que proporciona el bosque de encino el cual es la vegetación predominante, para esta zona se reporta el Vireo Gorrinegro (*Vireo atricapillus*) (anexo 6.1.2) el cual se encuentra en peligro de extinción, la cercanía con el Lago de Chapala y Cajititlán hace que sea posible la presencia u observación de aves migratorias terrestres y acuáticas que se asocian a estos cuerpos de agua.

Cuadro 2-39
Riqueza potencial de aves en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	A) Especies endémicas			B) Especies con alguna categoría de protección		
205	45	13	38			14		
			E	C	S	P	PR	A
			11	8	21	1	10	3

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies endémicas de acuerdo a González-García & Gómez de Silva (2003). E: Endémicas a México, C: Cuasiendémicas, S: Semiendémicas. B) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)

Cuadro 2-40
Esfuerzo de muestreo con redes de niebla para el grupo de las aves

No redes primer día	No de redes segundo día	Total de horas-red
6	5	97

Cuadro 2-41
Resultados del muestreo con redes de niebla para el grupo de aves

	Especie	Individuos capturados	Abundancias relativas
1	<i>Hylocharis leucotis</i>	6	0.4000
2	<i>Dendroica coronata</i>	4	0.2667
3	<i>Turdus assimilis</i>	1	0.0667
4	<i>Vermivora celata</i>	1	0.0667
5	<i>Wilsonia pusilla</i>	1	0.0667
6	<i>Catharus occidentalis</i>	1	0.0667
7	<i>Catharus ustulatus</i>	1	0.0667
	TOTAL	15	1.0000

Cuadro 2-42

Resultados del muestreo por puntos conteo, censos de búsqueda intensiva, estaciones de reclamos y abundancia relativa acumulada del grupo de aves

	ESPECIE	Número de Individuos	Abundancia relativa	Abundancia relativa acumulada
1	<i>Piranga flava</i>	17	0.1954	0.1954
2	<i>Ptilogonys cinereus</i>	10	0.1149	0.3103
3	<i>Dendroica coronata</i>	8	0.0920	0.4023
4	<i>Coragyps atratus</i>	6	0.0690	0.4713
5	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	5	0.0575	0.5287
6	<i>Buteo jamaicensis</i>	4	0.0460	0.5747
7	<i>Piranga rubra</i>	4	0.0460	0.6207
8	<i>Corvus corax</i>	3	0.0345	0.6552
9	<i>Melanerpes formicivorus</i>	3	0.0345	0.6897
10	<i>Zenaida macroura</i>	3	0.0345	0.7241
11	<i>Contopus pertinax</i>	2	0.0230	0.7471
12	<i>Hylocharis leucotis</i>	2	0.0230	0.7701
13	<i>Megascops trichopsis</i>	2	0.0230	0.7931
14	<i>Myadestes occidentalis</i>	2	0.0230	0.8161
15	<i>Otus flameolus</i>	2	0.0230	0.8391
16	<i>Vermivora celata</i>	2	0.0230	0.8621
17	<i>Wilsonia pusilla</i>	2	0.0230	0.8851
18	<i>Accipiter gentilis</i>	1	0.0115	0.8966
19	<i>Dendroica occidentalis</i>	1	0.0115	0.9080
20	<i>Dendroica townsendi</i>	1	0.0115	0.9195
21	<i>Empidonax sp.</i>	1	0.0115	0.9310
22	<i>Icterus bullockii</i>	1	0.0115	0.9425
23	<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	0.0115	0.9540
24	<i>Polioptila caerulea</i>	1	0.0115	0.9655
25	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	1	0.0115	0.9770
26	<i>Trogon sp.</i>	1	0.0115	0.9885
27	<i>Tyrannus vociferans</i>	1	0.0115	1.0000
	TOTAL	87	1.0000	

Con el muestreo de campo en Cerro Viejo y a partir del esfuerzo de muestreo con redes de niebla (6 redes), que resultó en un total de 72 metros de red durante 97 horas/red (cuadro 2-40), se realizó la captura de siete especies (cuatro de

ellas son visitantes invernales y las tres restantes son residentes permanentes) y un total de 15 individuos. La especie más abundante registrada mediante este método de muestreo fue *Hylocharis leucotis* (colibrí orejiblanco) que representó el 40% de las capturas (cuadro 2-41).

Cuadro 2-43
Tipos de registros del grupo de aves

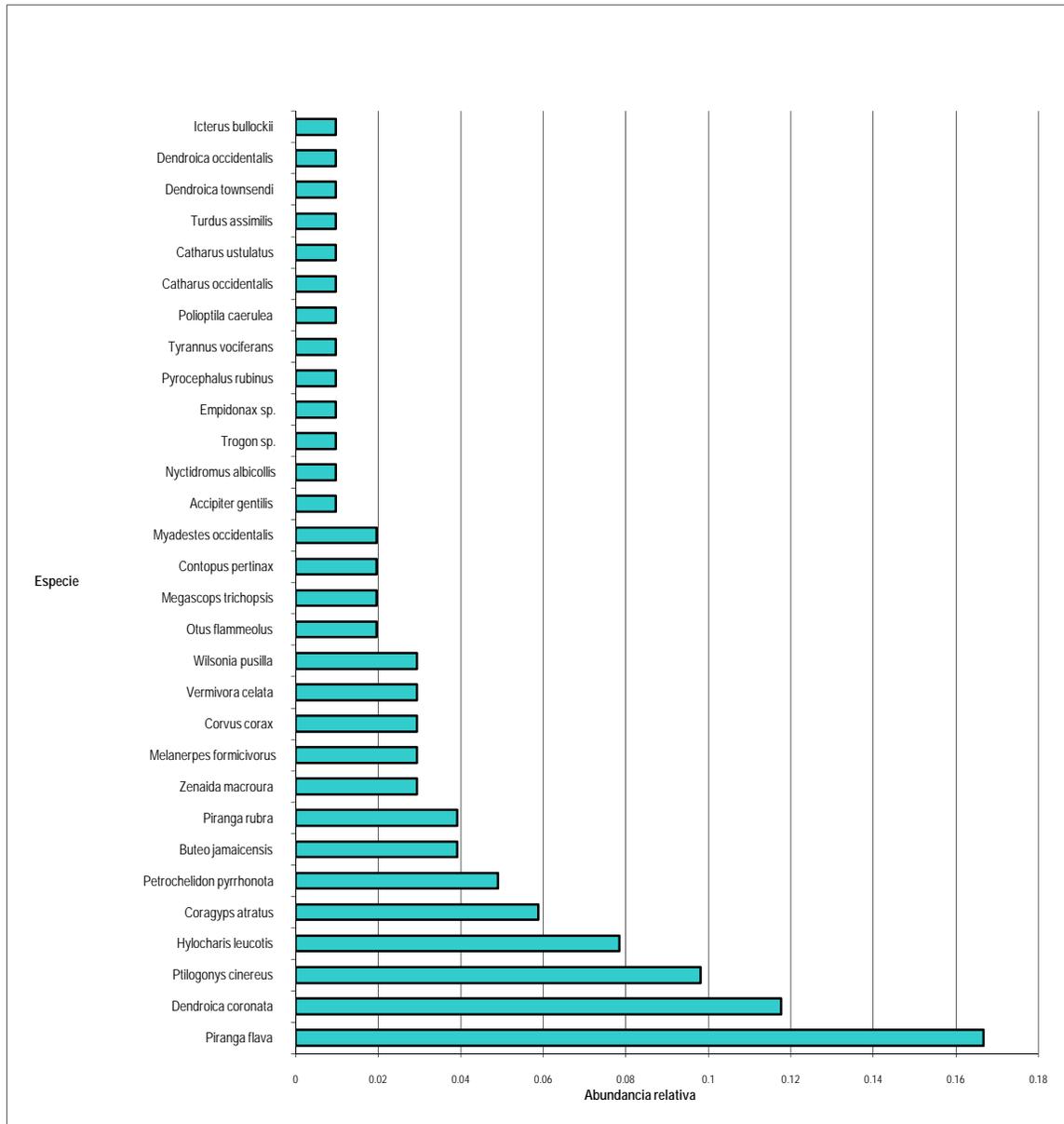
Especies capturadas	Especies observadas	Especies escuchadas
7	25	3

Mediante los avistamientos y las estaciones de reclamo se registraron 27 especies y 87 individuos. *Piranga flava* (tángara encinera) fue la especie mejor representada con 17 individuos avistados, seguida de *Ptilogonys cinereus* (capulinero gris) con 10 individuos y *Dendroica coronata*, (chipe rabadilla-amarilla) una especie migratoria de invierno, con 8 individuos (cuadro 2-42).

En total se registraron 30 especies incluidas en 8 Órdenes, 17 Familias y 26 Géneros (cuadro 2-43) utilizando los métodos ya mencionados. Del total de especies registradas dos se encuentran con categoría de protección dentro de la NOM-059-ECOL-2001, el *Accipiter gentilis* (gavilán azor) que se encuentra como amenazada y el *Myadestes occidentalis* (clarín jilguero) en la categoría de protección especial, es notable también la presencia de *Catharus occidentalis* (zorzal piquipardo, ó zorzal mexicano) que es una especie endémica de México (anexo 6.1.2).

Aunque se esperaba los muestreos reflejaran una alta riqueza y densidad de las especies de aves las tasas de captura y de avistamientos fueron bajas, las especies dominantes resultaron *Piranga flava*, *Dendroica coronata*, *Ptilogonys cinereus* e *Hylocharis leucotis*, que en conjunto representan más del 46% de las abundancias relativas del total de especies (gráfica 2-15). Sin embargo se registró la presencia de especies que evidencian un estado del hábitat conservado, como *Trogon* sp., (coa) que fue escuchada en dos ocasiones, una de ellas durante uno de los recorridos del muestreo y otra por uno de los guías.

Gráfica 2-15
Abundancias relativas de aves en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga



Murciélagos

Se encontró para el lugar que se distribuyen potencialmente 42 especies, de las cuales tres son endémicas de México (*Artibeus hirsutus*, *Corynorhinus mexicanus*, *Myotis carteri* y *Rhogeessa alleni*) y tres se encuentran con categoría de protección nacional (*Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris curasoae* y *Leptonycteris nivalis*) (cuadro 2-44 y anexo 6.1.2).

Mediante el esfuerzo de captura con redes de niebla (54 horas red, 72 metros de red) (cuadro 2-45) se capturaron seis individuos pertenecientes a tres especies *Sturnira ludovici*, *Eptesicus fuscus* y *Myotis velifer* (cuadro 2-46 y anexo 6.1.2). Las especies del género *Sturnira* básicamente son frugívoras, por lo que juegan un papel primordial en los procesos de regeneración del bosque, mediante la dispersión de semillas de plantas pioneras en áreas alteradas. Por lo que ésta área constituye una ruta de paso favoreciendo la transferencia de especies de murciélagos del bosque primario hacia zonas alteradas de las partes bajas del cerro. Las dos especies restantes son de hábito alimentario insectívoro, por lo que el control de insectos por parte de murciélagos esta representado.

Cuadro 2-44
Riqueza de murciélagos en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
42	6	1	3	3		
			E	P	PR	A
			3			3

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Cuadro 2-45
Esfuerzo de muestreo con redes de niebla para el grupo de murciélagos

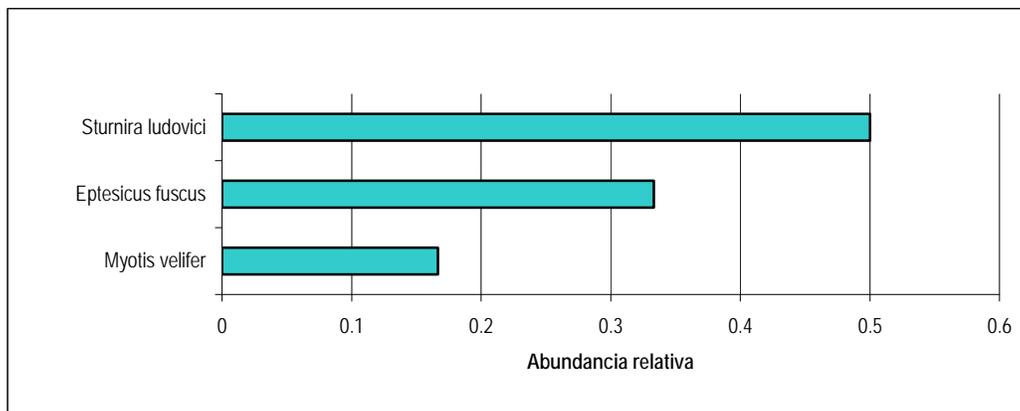
Horas muestreadas	No. de redes	No. de Noches
5	6	2

Sin embargo, debido a que la diversidad de especies de murciélagos es considerado un indicador de la salud de los bosques. El haber capturado un número bajo de especies puede obedecer al grado de perturbación en que se encuentra el bosque. El número bajo de especies también puede obedecer al factor altitudinal, ya que las especies encontradas son típicas de altitudes mayores a los 1000 msnm.

Cuadro 2-46
Resultados del muestreo con redes de niebla para el grupo de murciélagos

Especie	No. Individuos	Abundancia relativa
<i>Eptesicus fuscus</i>	2	0.3333
<i>Sturnira ludovici</i>	3	0.5000
<i>Myotis velifer</i>	1	0.1667
TOTAL	6	

Gráfica 2-16
Abundancias relativas de murciélagos en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga



Se reporta la existencia de cuevas en el cerro que eran habitadas por murciélagos, las cuales tienen un uso activo de tipo turístico local que han diseminado a las poblaciones que las ocupaban. Acciones que también pueden repercutir en la baja de la riqueza de especies de murciélagos en el área.

Mamíferos terrestres

Es importante mencionar que los mamíferos fungen el papel de plagas agrícolas, reservorios de enfermedades y su valor cinegético deportivo y de autoconsumo pueden tener efectos importantes sobre la dinámica de las comunidades rurales que interactúan estrechamente con ellos, hasta el grado de la sobrevivencia en algunos casos (Santana C. *et al.* 1990 en Iñiguez & Santana, 2005).

Para esta zona se concluyo que potencialmente pueden estar distribuidas 55 especies de las cuales solo 12 son endémicas (*Megasorex gigas*, *Notiosorex evotis*, *Sorex oreopolus*, *Sorex emarginatus*, *Sciurus colliaei*, *Osgoodomys banderanus*, *Peromyscus melanophrys*, *Peromyscus melanotis*, *Sigmodon alleni*, *Sigmodon mascotensis*, *Spermophilus annulatus*, *Lepus callotis*, *Silvoilagus cunicularius*) solamente 5 especies presentan categoría de protección (*Megasorex gigas*, *Herpailurus yagouaroundi*, que se encuentran con la categoría de Amenazadas además de *Panthera onca*, *Leopardus pardalis* y *Leopardus wiedii* que se encuentran con la categoría de en peligro de extinción) (cuadro 2-47 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-47
Riqueza potencial de mamíferos terrestres en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
55	14	7	12	5		
				P	PR	A
				2	0	3
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Al igual que el bosque la Primavera, la zona de Cerro Viejo representan dentro del municipio las áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos, por la cobertura vegetal y la influencia antropogénica de la caza además monocultivos donde algunas especies de roedores se han adaptado, aun así especies de la familia Soricidae (musarañas) se encuentran en peligro de extinción debido a la

destrucción de su hábitat, es por esto que es necesario el monitoreo intensivo de los mamíferos silvestres, otro elemento que se percibe en las colindancias del bosque y las zonas urbanas adyacentes es la cacería, que ante la falta de regulación ha generado un desequilibrio en las cadenas tróficas.

Con el muestreo en Cerro Viejo se levanto el registro directo durante el recorrido nocturno de *Didelphis virginiana* (Tlacuache) y *Bassariscus astutus* (Cacomixtle), en las cámaras trampa se registro también *B. astutus* (foto 2-40) pero la conformación del suelo por materia orgánica y hojarasca y la dureza del mismo imposibilito el registro de huellas dentro del bosque de encino.



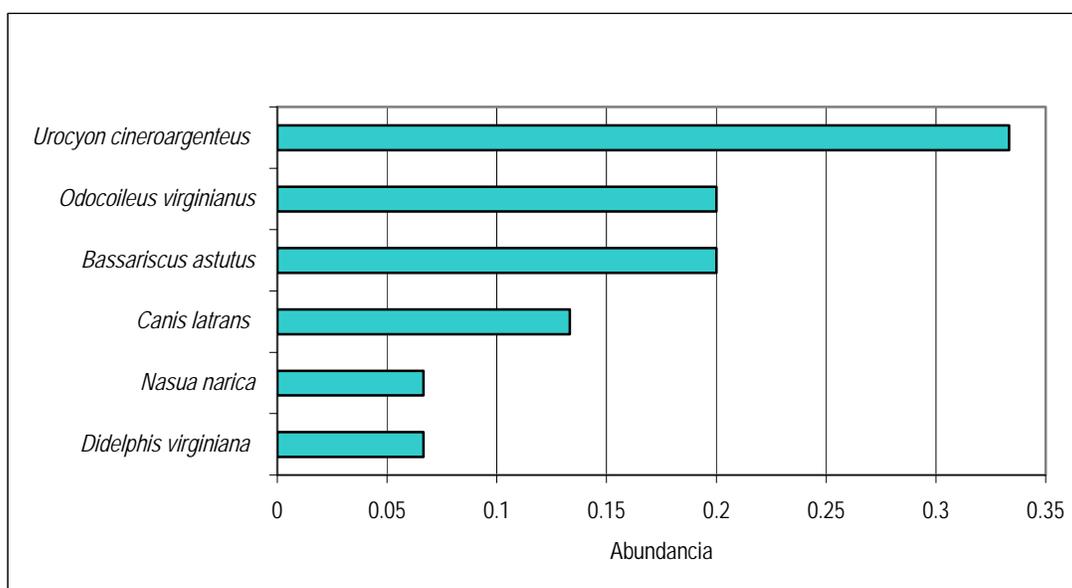
Foto 2-40. *Bassariscus astutus* (Cacomixtle), registro con cámara trampa en Cerro Viejo.

Cuadro 2-48
Resultados del muestreo de mamíferos terrestres por tipo de registro, evidencias y abundancia relativa

Especie	Tipo de Registro	No. de evidencias	Abundancia Relativa
<i>Didelphis virginiana</i>	D	1	0.0667
<i>Canis latrans</i>	E	2	0.1333
<i>Nasua narica</i>	D	1	0.0667
<i>Bassariscus astutus</i>	D, T, E	3	0.2000
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	D, E	5	0.3333
<i>Odocoileus virginianus</i>	E, H	3	0.2000
TOTAL		15	1
A) Tipo de registro. D: directo, T: trampa cámara, E: excreta, H: huella			

Se colectaron excretas para su respectiva determinación de especie y se concluyó corresponden a *Canis latrans* (Coyote), *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) (foto 2-40 y anexo 6.1.2), *Bassariscus astutus* (Cacomixtle) y *Odocoileus virginianus* (Venado cola blanca) (foto 2-42), además de esta última especie se encontró una huella durante los transectos. La especie que evidenció una mayor abundancia relativa durante el muestreo fue *Urocyon cinereoargenteus* (cuadro 2-48 y foto 2-41), probablemente debido a sus hábitos facultativos y su mejor adaptación a ambientes perturbados.

Gráfica 2-17
Abundancias relativas de mamíferos terrestres en Cerro Viejo, Tlajomulco de Zúñiga



Algunos factores que afectaron el trabajo de campo respecto a los registros de especies fue la luna llena la cual hace mas vulnerables a la depredación a algunas especies silvestres y disminuyen su actividad además de las fechas en las que se trabajo en campo son utilizadas por los lugareños de zonas colindantes para acampar o hacer excursiones en Cerro Viejo lo que trajo como consecuencia una mayor perturbación en el área, por lo que se sugiere que especies de mamíferos de talla mayor al no encontrar refugio en el bosque de encino que presenta

condiciones de bosque abierto con poco sotobosque y hojarasca que puede delatar la presencia de individuos, estos prefieren moverse a áreas donde se pueden resguardar y que presentan una difícil topografía e inaccesibilidad para las personas.



Foto 2-41. *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), registro de excretas en Cerro Viejo.

Es importante mencionar que otro tipo de perturbación que se ha dado en Cerro Viejo ha sido la cacería no se sabe hasta que grado esto ha afectado la fauna de la zona, habrían que hacer un estudio mas minucioso al respecto para ver el estado de las poblaciones silvestres.



Foto 2-42. *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), registro con excretas en el bosque de encino de Cerro Viejo.

C. LAGUNA CAJITITLÁN

Anfibios y Reptiles

También para la laguna de Cajititlán se reporta una riqueza de especies muy similar que en las regiones mencionadas con anterioridad, se encuentran dentro de un solo orden y siete familias un total de 21 especies, de las cuales 10 son endémicas (*Anaxyrus compactilis*, *Incilius marmoratus*, *I. occidentalis*, *Hyla eximia*, *Pachymedusa dacnicolor*, *Craugastor occidentalis*, *C. hobartsmithi*, *Eleutherodactylus nitidus*, *Lithobates neovolcanicus* y *L. pustulosus*) y cuatro se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2001, la rana neovolcánica (*Lithobates neovolcanicus*) en la categoría de amenazada y con protección especial tres especies, el sapo boca angosta huasteco (*Gastrophryne usta*), la rana de forrer (*Lithobates forreri*) y la rana de cascada (*L. pustulosus*) (cuadro 2-49 y anexo 6.1.2).

Para la Laguna de Cajititlán se reportan 47 especies de reptiles dentro de 14 familias y dos órdenes. Son 30 especies consideradas endémicas a México y 21 que cuentan con alguna categoría de protección por la nación, de estas últimas una se encuentra en peligro de extinción, la misma que se ha presentado en el las dos zonas anteriores, la lagartija nocturna de Sánchez (*Xantusia sanchezi*), 9 especies se encuentran amenazadas (*Coleonyx elegans*, *Ctenosaura pectinata*, *Phrynosoma orbiculare*, *Boa constrictor*, *Lampropeltis triangulum*, *Leptophis diplotropis*, *Masticophis flagellum*, *Pituophis deppei* y *Thamnophis cyrtopsis*) y 11 especies cuentan con protección especial (*Cnemidophorus communis*, *Adelophis copei*, *Leptodeira annulata*, *L. maculata*, *Salvadora bairdi*, *S. mexicana*, *Tantilla calamarina*, *Crotalus polystictus*, *Trachemys scripta*, *Kinosternon herrerae*, *K. integrum*), finalmente son 16 especies que se consideran endémicas pero que no se contemplan en las categorías de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2001 (cuadro 2-50 y anexo 6.1.2).

Se reportan tres especies que no se reportan para las zonas conservadas de Cerro Viejo y La Primavera, estas son la culebra de vega de Cope (*Adelophis co-*

pei) por tratarse de una serpiente semi-acuática y dos especies de tortugas, la tortuga gravada (*Trachemys scripta*) y la tortuga pecho quebrado de Herrera (*Kinosternon herrerai*).

Cuadro 2-49
Riqueza potencial de anfibios en la zona Laguna Cajititlán, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
21	7	1	10	4		
				P	PR	A
				0	3	1

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Cuadro 2-50
Riqueza potencial de reptiles en la zona Laguna Cajititlán, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
47	14	2	30	21		
				P	PR	A
				1	11	9

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)

Aves

Dentro del municipio, la zona en la que registra una mayor diversidad de especies es la Laguna de Cajititlán, aquí se reporta una riqueza de 206 especies representadas en 16 Ordenes y 48 familias, esta cifra se debe en gran parte a la influencia que tienen los cuerpos de agua en la zona, en Cajititlán la riqueza de especies aumenta considerablemente en la temporada invernal en los meses de Octubre a Abril por el arribo de una gran cantidad de especies de aves acuáticas migratorias como el Pelicano Blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), playeros y una gran cantidad de patos que se establecen durante este periodo en la laguna. Las

zonas aledañas a pesar de la perturbación ofrecen condiciones que favorecen la presencia de otras especies de aves terrestres. El arribo de una gran cantidad de especies cinegéticas como los patos entre los que destaca el pato mexicano (*Anas platyrhynchos*) que se encuentra en la categoría A (Amenazada) dentro de la NOM 059 SEMARNAT 2001 además de que la zona es hábitat potencial para el Vireo Gorrinegra (*Vireo atricapillus*) y el Águila Solitaria (*Harpyhaliaetus solitarius*) los cuales se encuentran el peligro de extinción, hace importante tener un especial cuidado en la zona pues es un punto de importancia para la conservación de las aves acuáticas y terrestres en el municipio (cuadro 2-51 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-51
Riqueza potencial de aves en la zona Laguna Cajititlán, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	A) Especies endémicas			B) Especies con alguna categoría de protección		
206	48	16	29			15		
			E	C	S	P	PR	A
			7	6	16	2	9	4
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies endémicas de acuerdo a González-García & Gómez de Silva (2003). E: Endémicas a México, C: Cuasiendémicas, S: Semiendémicas. B) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)								

Murciélagos

Para el área de la laguna de Cajititlán se reporta una riqueza de 22 especies de murciélagos, de los cuales sólo una especie es endémica (*Artibeus hirsutus*) y dos se encuentran en categoría de protección amenazada (*Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris curasoae*) (cuadro 2-52 y anexo 6.1.2).

Las especies presentes en esta área tienen una composición muy similar a la del lago de Chapala y laguna de Sayula. Debido al alto impacto provocado por los asentamientos humanos que ocurren en esta área las especies de murciélagos presentes utilizan la laguna como corredor. Por lo que las especies migratorias (que además se encuentran bajo categoría de riesgo) como *Choeronycteris mexicana*

na y *Leptonycteris curasoae* se encuentran solo transitoriamente, conforme a la disponibilidad de recursos.

Cuadro 2-52
Riqueza de murciélagos en la zona Laguna de Cajititlán, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
22	3	1	1	2		
			E	P	PR	A
			1	0	0	2

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Mamíferos terrestres

Para esta región se reportaron potencialmente 36 especies dentro de las cuales solo se encuentran 7 especies endémicas (*Notiosorex evotis*, *Osgoodomys banderanus*, *Peromyscus melanophrys*, *Peromyscus melanotis*, *Sigmodon mascotensis*, *Lepus callotis*, *Silvilagus cunicularius*) en esta región no se reportan especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 (cuadro 2-53 y anexo 6.1.2).

Esta región se encuentra impactada en todo alrededor por el establecimiento de monocultivos por lo que es natural no encontrar mamíferos mayores a excepción de carnívoros facultativos como coyotes y zorras.

Cuadro 2-53
Riqueza potencial de mamíferos terrestres en la zona Laguna Cajititlan, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
36	11	7	7	0		
			P	PR	A	
			0	0	0	

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

D. VEGETACIÓN TROPICAL

Anfibios y Reptiles

Pertenecientes a la vegetación tropical se reportan 22 especies de anfibios, estos se encuentran dentro de 8 familias y dos órdenes y se consideran 11 especies como endémicas a México y 5 tienen alguna categoría de protección nacional, dos especies amenazadas (*Lithobates neovolcanicus* y *Pseudoeurycea bellii*) que además son endémicas y dos especies con protección especial (*Gastrophryne usta*, *Lithobates forreri* y *Lithobates pustulosus*) (cuadro 2-54 y anexo 6.1.2).

De las especies de reptiles presentes en la vegetación tropical son 73 las registradas y se encuentran incluidas en 17 familias y dos órdenes, se consideran 39 endémicas y la gran mayoría de éstas cuentan con alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2001 (27 especies), es notable la lagartija nocturna de Sánchez (*Xantusia sanchezi*) que se categoriza en peligro de extinción, nueve especies que se encuentran amenazadas (*Coleonyx elegans*, *Ctenosaura pectinata*, *Phrynosoma orbiculare*, *Boa constrictor*, *Lampropeltis triangulum*, *Leptophis diploptropis*, *L. mexicanus*, *Masticophis flagellum* y *Thamnophis cyrtopsis*) y 17 especies con protección especial (*Cnemidophorus communis*, *C. lineatissimus duodecemlineatus*, *Adelophis copei*, *Hypsiglena torquata*, *Imantodes gemmistratus*, *Leptodeira annulata*, *L. maculata*, *Rhadinaea forbesi*, *Salvadora mexicana*, *Tantilla calamarina*, *Trimorphodon biscutatus*, *Micrurus distans*, *Crotalus basiliscus*, *C. lepidus*, *C. molossus* *Trachemys scripta* y *Kinosternon integrum*) (cuadro 2-55 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-54
Riqueza potencial de anfibios en zonas con vegetación tropical,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
22	8	2	11	5		
				P	PR	A
				0	3	2
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Cuadro 2-55
Riqueza potencial de reptiles en zonas con vegetación tropical,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
73	17	2	39	27		
				P	PR	A
				1	17	9

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Proporcionalmente Cerro Viejo es la región que cuenta con una mayor proporción, respecto a las otras analizadas en el presente documento, de este tipo de vegetación por lo que también se encuentra una composición más similar entre esta categoría de tipo de vegetación y la región de Cerro Viejo que con las demás.

Cuadro 2-56
Riqueza potencial de aves en zonas con vegetación tropical, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	A) Especies endémicas			B) Especies con alguna categoría de protección		
146	36	11	26			10		
			E	C	S	P	PR	A
			7	6	13	2	6	2

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) a Especies endémicas de acuerdo a González-García & Gómez de Silva (2003). E: Endémicas a México, C: Cuasiendémicas, S: Semiendémicas. B) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Aves

A pesar de que este ecosistema cuenta con una alta diversidad de especies, en el municipio la extensión y las condiciones en las que se encuentra este tipo de vegetación influyen en que no se reporte un número mayor de especies, la riqueza

de aves en el Bosque tropical caducifolio en Tlajomulco es de 146 especies de 11 Ordenes y 36 Familias, de las cuales destacan el Águila Solitaria (*Harpyhaliaetus solitarius*) y el Vireo Gorrinegro (*Vireo atricapillus*) las cuales son las dos especies en peligro de extinción que se registran para el municipio (cuadro 2-56 y anexo 6.1.2).

Murciélagos

En este tipo de vegetación, aun que se encuentra muy mermado en la zona, contiene un número importante de especies (27). De las cuáles la mayoría tienen preferencia a éste tipo de hábitat, principalmente las especies de hábitos alimenticios nectarívoro y polínivoro, que encuentran en estos bosques condiciones climáticas y disponibilidad de alimento propicios para su desarrollo. Aquí registramos potencialmente a tres especies endémicas de México (*Artibeus hirsutus*, *Myotis carteri* y *Rhogessa alleni*) y a tres especies en categoría de protección Amenazada (*Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris nivalis* y *Artibeus hirsutus*) (cuadro 2-57 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-57
Riqueza potencial de murciélagos en zonas con vegetación tropical,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
				E	P	PR
27	6	1	3	3		
			3	0	0	3

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

Las especies de murciélagos presentes en ésta parte del municipio predominan las pertenecientes a la familia Phyllostomidae, que predominantemente son especies de hábitos alimenticios frugívoros y nectarívoros a las que se les reconoce funciones ecosistémicas de importancia, en el primer caso para la dispersión de

semillas (*Artibeus jamaicensis*, *Artibeus hirsutus*, *Dermanura tolteca*, *Chiroderma salvini*, *Sturnira lilium*, *Sturnira ludovici*) y para el caso de las especies de nectarívoras, ejercen la importancia de la polinización de plantas (*Glosophaga commisarisi*, *Glosophaga soricina*, *Anoura geoffroyi*, *Choeronycteris mexicana*, *Hylonycteris undewoodi*, *Leptonycteris curasoae*).

Mamíferos terrestres

Este tipo de vegetación se observa bastante disminuido en su superficie dentro del municipio, aquí se reportan 36 especies dentro de las cuales solo 10 son endémicas (*Megasorex gigas*, *Notiosorex evotis*, *Sciurus colliaei*, *Osgoodomys banderanus*, *Peromyscus melanophrys*, *Peromyscus melanotis*, *Sigmodon alleni*, *Sigmodon mascotensis*, *Lepus callotis* y *Silvilagus cunicularius*) las especies reportadas con alguna categoría de protección son *Megasorex gigas* y *Herpailurus yagouaroundi* (cuadro 2122-32).

La urbanización y la explosión del suelo con fines productivos he generado la pérdida del bosque tropical caducifolio y por ende la pérdida de hábitats y de especies de mamíferos terrestres.

Cuadro 2-58
Riqueza potencial de mamíferos terrestres en zonas con vegetación tropical,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
				P	PR	A
36	6	4	10	2		
				0	0	2

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.

E. ZONA URBANA Y PERTURBADA

Anfibios y Reptiles

Para esta región se reportan potencialmente 13 especies de las cuales 4 son endémicas (*Anaxyrus compactilis*, *Incilius marmoreus*, *Incilius occidentalis* y *Pseudoeurycea bellii*) solamente 3 especies presentan categoría de protección NOM-059-SEMARNAT-2009 *Gastrophryne usta* y *Lithobates forreri* se encuentran con protección especial únicamente una especie (*Pseudoeurycea bellii*) se encuentra como amenazada (cuadro 2-59 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-59
Riqueza potencial de anfibios en zonas urbanas y perturbadas, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
13	6	2	4	3		
				P	PR	A
				0	2	1
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)						

Cuadro 2-60
Riqueza potencial de reptiles en zonas urbanas y perturbadas, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
29	6	1	19	10		
				P	PR	A
				0	6	4
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002.						

Para la zona urbana y perturbada son 29 especies de reptiles reportadas que pertenecen a 6 familias y a 1 orden, notablemente 19 especies se consideran endémicas y 10 cuentan con categoría de protección nacional, 4 con la categoría de amenazada (*Phrynosoma orbiculare*, *Masticophis flagellum*, *Pituophis deppei* y *Thamnophis cyrtopsis*) y seis cuentan con protección especial (*Cnemidophorus communis*,

Leptodeira maculata, *Salvadora bairdi*, *S. mexicana*, *Tantilla calamarina* y *Crotalus polystictus*) (cuadro 2-60 y anexo 6.1.2).

Los anfibios y reptiles se reportan con una proporción relativamente alta de especies que pueden tolerar ambientes perturbados, por ejemplo las áreas de cultivos e incluso algunas pueden encontrarse en los jardines de las zonas habitacionales.

Aves

Este tipo de ambientes presentan la menor riqueza de aves para el municipio, representado por 75 especies de 11 Órdenes y 29 Familias. La composición de las especies de aves en las áreas urbanas es predominada por las especies asociadas al disturbio o con una alta tolerancia a la presencia humana como la Paloma doméstica (*Columba livia*), la Tórtola común (*Columbina inca*) y el Zanate (*Quiscalus mexicanus*), en algunas ocasiones principalmente en los parques urbanos o áreas de exuberante vegetación se pueden observar especies migratorias transeúntes como el chipe de Tolmiei (*Oporornis tolmiei*) que se encuentra en categoría (A) Amenazada, no es raro observar en estas áreas aves exóticas o especies fuera de su distribución original, esto causado por el escape o liberación de individuos en cautiverio (cuadro 2-61 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-61
Riqueza potencial de aves en zonas urbanas y perturbadas, Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	A) Especies endémicas			B) Especies con alguna categoría de protección		
75	29	11	11			2		
			E	C	S	P	PR	A
			1	3	7	0	1	1

Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) a Especies endémicas de acuerdo a González-García & Gómez de Silva (2003). E: Endémicas a México, C: Cuasiendémicas, S: Semiendémicas. B) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL - 2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)

Murciélagos

Para la zona urbana de este municipio se estima una riqueza de murciélagos de 11 especies pertenecientes a cuatro familias. De estas especies ninguna resulta ser especie vulnerable por su endemidad o por su estado de conservación (cuadro 2-62 y anexo 6.1.2).

Cuadro 2-62
Riqueza potencial de murciélagos en zonas urbanas y perturbadas,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
11	4	1	0	0		
			E	P	PR	A
			0	0	0	0
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) a Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)						

Las especies de murciélagos ocupan las áreas urbanas con un uso principalmente de paso, algunas de ellas se han habituado a forrajear y alimentarse de las plantas que se encuentran inmersas en los asentamientos humanos, así como otras especies de hábitos alimenticios insectívoros en encuentran en estructuras de fuente lumínica, como los faros de los postes de luz, agrupaciones de insectos que resultan de fácil captura. Solo especies de como *Eptesicus fuscus* y *Corynorhinus townsendii* pueden encontrar habitando en construcciones humanas, como casas abandonadas, túneles o de bajo puentes y tejas.

Mamíferos terrestres

La zona urbana de Tlajomulco se encuentra representada por 17 especies de las cuales tres son endémicas (*Notiosorex evotis*, *Osgoodomys banderanus* y *Sigmodon mascotensis*) no se presenta ninguna especie en categoría de protección (cuadro 2-63 y anexo 6.1.2).

Dentro de la zona urbana, la introducción de animales domésticos como perros y gatos han desplazado a las especies nativas, por lo que esto es un grave problema ante el aumento de los mismos y su dispersión a zonas naturales como Cerro Viejo, Bosque La Primavera y otras áreas donde se han convertido en animales ferales ocasionando graves daños a la fauna nativa.

Cuadro 2-63
Riqueza potencial de mamíferos terrestres en zonas urbanas y perturbadas,
Tlajomulco de Zúñiga

Especies	Familias	Órdenes	Especies endémicas	A) Especies con alguna categoría de protección		
17	6	4	3	0		
				P	PR	A
				0	0	0
Número de especies, órdenes y familias del listado potencial, número de especies endémicas y con alguna categoría de protección. A) Especies con categoría de protección según la NOM-059- ECOL -2001; P: en peligro de extinción; A: amenazada; PR: sujeta a protección especial. SEMARNAT, 2002. (Ver Anexo 6.1.2)						

2.7.4. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Discusión

La zona mejor conservada dentro del municipio es le Cerro Viejo el cual en sus partes altas cuenta con características propicias para albergar una mayor riqueza de fauna, aquí se registran especies dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.

El incremento del establecimiento de zonas habitacionales en el municipio ha comenzado ha mermar a la cobertura vegetal, lo que también significa un cambio adverso para las especies de fauna presentes ahí. Al reducir la superficie de los bosques locales se afecta proporcionalmente a la fauna, ya que se reduce la disponibilidad de alimento y se causa un incremento en la competencia por refugios y rango de hábitat alterando de esta manera la dinámica y equilibrio de éstos. Lo que desencadena también la problemática de que al estar los asentamientos humanos más próximos a los remanentes de bosque, la fauna se encuen-

tra más vulnerable a ser cazada, atropellada, acosada, etc., con lo que se origina también un descenso poblacional de las especies de fauna, hecho que les puede poner en mayor vulnerabilidad a la extinción.

Para las aves la laguna de Cajititlán es un sitio importante puesto que alberga una cantidad importante de especies de aves residentes, en los meses de octubre a abril se congregan ya sea para anidar o simplemente de paso parvadas de un gran número de especies de aves acuáticas migratorias, algunas de gran tamaño como los Pelícanos blancos o borregones (*Pelecanus erythrorhynchos*) o el Ganso Nevado (*Chen caerulescens*) los cuales en algunas zonas son de importancia cinegética. La avifauna proveniente de la zona de Protección de Flora y Fauna en general varía muy poco debido a la similitud del ambiente por lo que la composición de especies en ambas zonas resulta muy similar y esta conectividad es utilizada principalmente como ruta de paso entre el municipio y la primavera.

En el caso de mamíferos mayores como el puma y el jaguar que pueden llegar a recorrer grandes distancias en 24 horas, entre 5 y 40 km. (Chávez en Ceballos y Oliva, 2005) y su área de actividad varía de 66 a 685 km² para las hembras y 152 a 826 km² para los machos (Bailey, 1974; Berg, 1981; McCord y Cardoza, 1982; Zezulak y Schwad, 1981 en Ceballos y Oliva 2005), en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala el área de actividad de machos y hembras es de 60 a 90 y 25 a 62 km² respectivamente (Núñez et al; 1997 en Ceballos y Oliva 2005), por lo cual es de esperarse que si bien estas especies pueden estar presentes en el área sus poblaciones deben tener una densidad muy baja. Ante la baja densidad de depredadores en el área, puede existir un desequilibrio, ya que las poblaciones de herbívoros y omnívoros como tal, pueden verse afectadas al incrementar su número y ejercer una fuerte presión por los recursos alimenticios en el área, llevando a sus límites la capacidad de carga de la región. La mayoría de las especies de roedores endémicas potencialmente presentes en el área han sido beneficiadas por la presencia de monocultivos y habitan de manera natural en los mismos.

Como se mencionó anteriormente las áreas forestales adyacentes al municipio de Tlajomulco de Zúñiga presentan una fuerte fragmentación esto debido al establecimiento de monocultivos, asentamientos humanos, constructoras inmobiliarias, etc., por lo tanto es indiscutible la gran afectación que han sufrido estos ecosistemas y la fauna que compone a los mismos.

Se puede atribuir que la Laguna de Cajitlán, el representante más notable de los ecosistemas acuáticos en el municipio, no supere la riqueza en los grupos de anfibios y reptiles de zonas como Cerro Viejo y La Primavera a la alta perturbación de la mayoría de la laguna que se da por el aumento de la urbanización y por lo tanto el impacto que se tiene sobre las especies y su hábitat encontrándose ausentes las especies sensibles a ello. Por otro lado debido a la presencia de tipos de vegetación similares, aunque en diferentes proporciones (por ejemplo Bosque de Quercus), Cerro Viejo y La Primavera presentan una composición y riqueza de especies muy similares entre si y con diferencia de solo unas pocas especies.

Recomendaciones

Los fragmentos de vegetación natural que se conservan presentan una considerable biodiversidad, sin embargo, presentan condiciones aisladas, es muy marcada la línea divisoria entre cultivos y asentamientos humanos con el bosque lo cual refleja la vulnerabilidad del ecosistema, por lo tanto es importante el establecimiento de acciones de conservación y manejo para restaurar y proteger fragmentos de bosque que podrían brindar una mayor conectividad de bosques con la finalidad de contribuir a una mayor estabilidad de los factores ecológicos y al establecimiento (mantenimiento) de un corredor biológico.

Es urgente el control en el establecimiento de nuevas unidades habitacionales en las zonas que aún funcionan como refugios para la flora y fauna silvestres y como zonas de amortiguamiento ya que estos impiden el flujo genético de las especies lo cual puede llevar a extinciones locales, sobre todo de las especies

consideradas como sensibles a la modificación de su hábitat o a la perturbación de origen antrópico. Así como tomar en cuenta la necesidad de la restauración en las zonas urbanas ya establecidas para disminuir el intenso impacto humano sobre los ecosistemas circundantes.

Se deben de establecer estrategias para la mitigación de impacto para la fauna, principalmente en las zonas habitacionales próximas a los bosques. Tales como manejo adecuado de los desechos domésticos, con la finalidad de reducir la incidencia de fauna, especialmente de mamíferos medianos en estos lugares, en busca de sobrantes de alimento y de ésta manera reducir su riesgo a ser capturada, envenenada o atropellada a causa de la molestia que pueda representar por los habitantes de estas unidades habitacionales.

Es necesario destinar áreas para la conservación, restauración y manejo de ecosistemas representativos del municipio. Principalmente en el Cerro Viejo, en la Sierra la Primavera y sus áreas circundantes las cuales es donde se puede dar manejo para la conservación a un mayor número de especies y de procesos ecológicos que estos realizan, que son de importancia para el mantenimiento de los ecosistemas locales.

Ya que la vegetación tropical potencialmente alberga una gran cantidad de especies tanto de anfibios como de reptiles, y sin embargo, es considerada como una de las más transformadas e impactadas se reduce el nicho disponible para las especies de afinidad tropical, por tanto se sugieren acciones para la conservación de las áreas que cuenten con este tipo de vegetación.

Es de suma importancia iniciar un estudio monitoreo mas minucioso de las poblaciones de fauna silvestre que habitan en las zonas que cuentan con zonas conservadas de vegetación nativa para determinar en que estado se encuentran y cuales son las mejores técnicas de manejo aplicables en la zona en mediano y largo plazo.

En el caso de los murciélagos es necesario realizar muestreos complementarios en otros fragmentos de bosque en el Cerro Viejo para conocer que otras especies en la actualidad ocupan sus bosques y saber si el proceso ecológico de la

polinización por parte de los murciélagos se conserva en el área. Se recomienda cesar la actividad antrópica en las cuevas, como acción de manejo para la recuperación de los procesos ecológicos en los que intervienen las poblaciones de las especies de murciélagos.

Del mismo modo, para tener un mejor conocimiento de la composición, diversidad y estado general de la avifauna de las áreas mejor conservadas del municipio, es necesaria la implementación de muestreos complementarios. Con la extensión del monitoreo a diferentes áreas del Cerro Viejo la determinación de áreas de conservación y aprovechamiento quedarán sentadas en bases más sólidas.

Es necesario destinar áreas para la conservación, restauración y manejo de ecosistemas representativos del municipio. Principalmente en el Cerro Viejo, en la Sierra la Primavera, la laguna de Cajititlán y sus áreas circundantes las cuales es donde se puede dar manejo para la conservación a un mayor número de especies y de procesos ecológicos que estos realizan, que son de importancia para el mantenimiento de los ecosistemas locales.

Se deben de establecer estrategias para la mitigación de impacto para la fauna, principalmente en las zonas habitacionales próximas a los bosques. Tales como manejo adecuado de los desechos domésticos, con la finalidad de reducir la incidencia de fauna, especialmente de mamíferos medianos en estos lugares, en busca de sobranes de alimento y de ésta manera reducir su riesgo a ser capturada, envenenada o atropellada a causa de la molestia que pueda representar por los habitantes de estas unidades habitacionales.

Es importante establecer estrategias en donde la conservación de fauna se sustente en la apreciación positiva de la misma, tales como talleres de educación ambiental y observación de fauna. Estrategias de las que se pueden obtener fondos para el mismo fin de conservación y que con una adecuada estrategia de ecoturismo puede significar una derrama económica a nivel de la población.

