4. Situación social del POFA

4. Situación social del POFA

La población y el área fisíca de la Zona Metropolitana de Guadalajara se han incrementado considerablemente durante las últimas cuatro décadas. En la actualidad, su expansión ha cubierto cerca del 30% de la superficie del POFA, y el impacto de las actividades productivas se ha visto reflejada sobre los diferentes elementos naturales de su ambiente; asi como en aspectos sociales, como son la cobertura de servicios públicos, educativos y de salud.

El presente capítulo describe las condiciones y algunas características de la situación social del POFA mediante índices de desarrollo humano, de pobreza y marginación. Se destaca la importancia de los Planes de Ordenamiento Territorial como instrumentos para mejorar la situación social del POFA.

4.1. Demografía

De acuerdo con las cifras censales del 2010, la población de Jalisco aumentó de casi 1.25 a cerca de 1.74 millones de personas entre 1930 y 1950, para 1970 el número de habitantes se duplicó (3.2 millones de personas) y posteriormente hubo una desaceleración del crecimiento poblacional, ya que se requirieron 35 años para duplicarse nuevamente y llegar a 6.32 millones en el año 2000, segun datos del consejo, con la Comisión Estatal de Población (COEPO).

Actualmente en el Estado de Jalisco habitan un total de 7.5 millones de personas, ocupando el cuarto lugar entre los estados más poblados del país, y se prevé que la entidad mantendrá esa misma posición durante varios años más.

El comportamiento del crecimiento poblacional en el POFA ha sido similar al del Estado en la última década. Al desagregar las cifras de los 10 municipios que lo conforman se pueden categorizar en tres grandes grupos por su número de habitantes: Grupo I, 10 mil - 140,000 mil hab. (El Salto, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, Tala y, Zapotlanejo); Grupo II, 400 mil – 700 mil hab. (Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque y Tonalá); Grupo III, > 1 millón hab. (Guadalajara y Zapopan).

El crecimiento poblacional de los tres grupos ha sido en general del 12% al 50% del año 2000 al 2010. No obstante, dos municipios crecieron por arriba del máximo en la última década, El Salto con un incremento de más del 60% y Tlajomulco de Zúñiga con un extraordinario desarrollo poblacional superior al 200%. Contrariamente, los municipios de Ixtlahuacán del Río y Guadalajara presentaron una desaceleración que los llevó a perder el 3% y el 9% de sus habitantes, respectivamente en el mismo periodo (Figura 4.1).

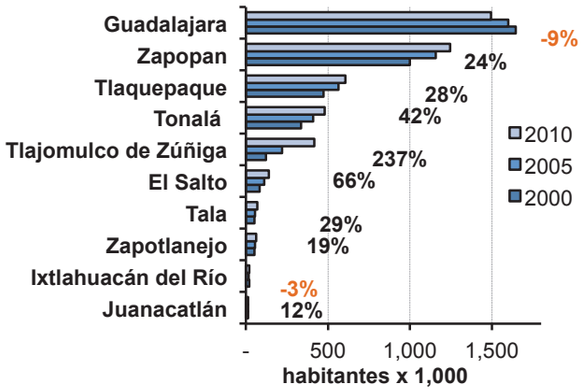


Figura 4.1. *Dinámica de crecimiento poblacional del POFA, por número de habitantes (barras) y crecimiento del 2000 al 2010 (porcentaje). Fuente: CONAPO-INEGI, Censos Poblacionales 2000-2010.*

El comportamiento del crecimiento natural de la poblacion en los municipios del POFA del año 2000 al 2010, es producto de la dinámica de nacimientos para el mismo período. En los municipios de El Salto y Tlajomulco de Zúñiga que tuvieron un crecimiento superior al resto, se incrementaron los nacimientos durante los últimos diez años (Figura 4.2). Además, se observa un incremento discreto pero sostenido para el resto de los municipios del POFA, con excepción de Guadalajara donde los nacimientos disminuyeron considerablemente a través del tiempo en el mismo período.

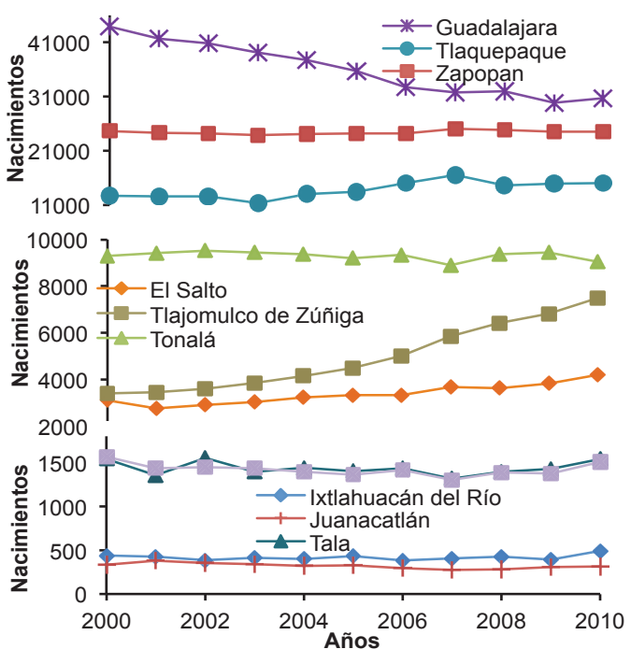


Figura 4.2. *Dinámica de nacimientos en los municipios del POFA del año 2000 al 2010. Fuente: INEGI, Censo de Población 2010.*

En el caso de Ixtlahuacán del Río también se observó un incremento discreto y sostenido en los nacimientos del período de 2000 a 2010 y no hubo un aumento en el número de defunciones en ese mismo período, como lo presentaron notablemente El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y Zapopan (Figura 4.3).

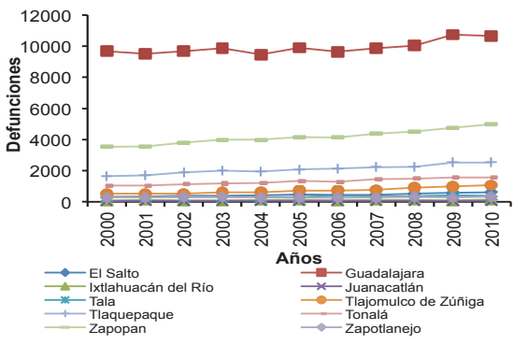


Figura 4.3*. Dinámica de defunciones en los municipos del POFA del año 2000 al 2010. Fuente: INEGI, Censo de Población 2010.*

La reducción en la población de habitantes de Ixtlahuacán del Río pudiera deberse a fenómenos de emigración.

No obstante las diferencias mostradas entre el número de nacimientos y de defunciones en los municipios del POFA, la tasa de nacimientos por cada mil habitantes muestra comportamientos similares (Figura 4.4), oscilando entre 15 y 25, con una clara tendencia a disminuir desde el año 2000, donde las tasas estaban entre 20 a 30.

A pesar de que las cifras brutas indican un crecimiento poblacional sostenido para la mayoría de los municipios del POFA, la tasa de nacidos por cada deceso, indica que el crecimiento de población se está contrayendo en todos los municipios del POFA (Figura 4.5). Esto se debe a que en general, suceden menos nacimientos y más defunciones en el Polígono (Figura 4.6).

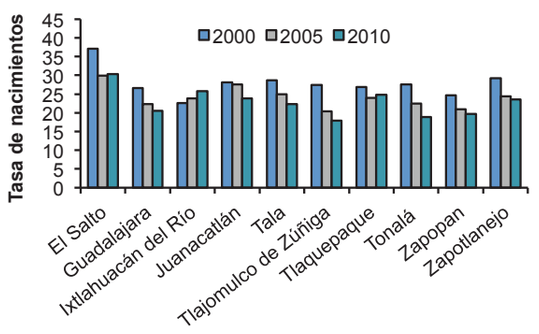


Figura 4.4. *Tasa de nacimientos por mil habitantes en los municipos del POFA del año 2000 al 2010. Fuente: INEGI, Censo de Poblacion 2010.*

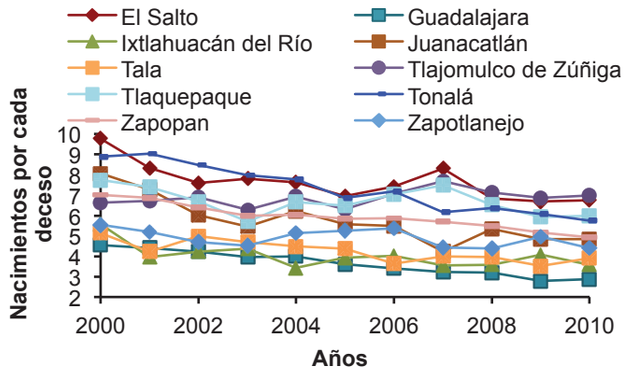


Figura 4.5. *Dinámica de las tasas de nacimiento por cada deceso en los municipios del POFA del año 2000 al 2010. Fuente: INEGI, Censo de Población 2010.*

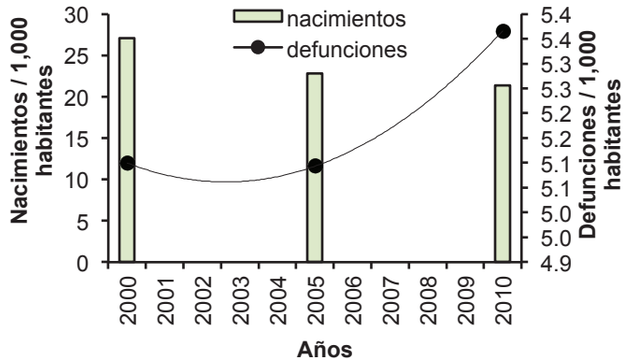


Figura 4.6 *Relación de nacimientos y defunciones en el POFA del año 2000 al 2010. Tasas por cada mil habitantes. Fuente: INEGI, Censo de Población 2010.*

4.2. Dinámica de la población

El crecimiento natural y la evolución de la población representan factores de presión para los sistemas ambientales. El análisis de estos cambios en el tiempo y espacio permite identificar zonas o puntos críticos que requieren atención especial, principalmente aquellas que presentan concentración, flujo o dispersión de población, problemas sociales o afectaciones ambientales.

4.2.1. Evolución de la población

En el Estado de Jalisco, la población entre 1910 y 2010 creció poco más de seis veces (Figura 4.7). En 2010 cerca del 60% de la población estatal se concentraba en la Zona Metropolitana de Guadalajara y el 16.5% en el POFA.

Entre 1970 y 2010, la población de la ZMG se incrementó de manera importante. En el POFA existen municipios donde la población ha incrementado significativamente, lo que implica la ocupación de nuevos espacios hacia la periferia de la Zona Metropolitana de Guadalajara. El caso de Guadalajara es particular, por décadas, la población había manifestado un crecimiento constante, pero a partir de 1990, su tendencia ha ido disminuyendo (Tabla 4.1).

Este comportamiento es diferente en el resto de los municipios que actualmente conforman la ZMG, con una población que ha crecido de forma constante en los últimos 40 años. La Tasa de Crecimiento Medio Anual (TCMA) en la mayoría de ellos, comenzó a disminuir en algún momento de este período, excepto en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, donde aún se mantiene una tendencia de crecimiento poblacional (Figura 4.8).

Tabla 4.1. Población total por municipio (No. de habitantes), período 1970-2010.

Municipios	1970	1980	1990	2000	2010
Guadalajara	1,199,391	1,626,152	1,650,205	1,646,319	1,495,189
El Salto	12,367	19,887	38,281	83,453	138,226
Tlajomulco de Zúñiga	35,145	50,697	68,428	123,619	416,626
San Pedro Tlaquepaque	100,945	177,324	339,649	474,178	608,114
Tonalá	24,648	52,158	168,555	337,149	478,689
Zapopan	155,488	389,081	712,008	1,001,021	1,243,756

Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda 1970-2010.

La TCMA refleja que la población se ha incrementado sistemáticamente en los municipios que forman parte de la ZMG, y permite identificar el orden temporal y espacial del crecimiento poblacional. Antes de 1970, los municipios de Guadalajara y Zapopan habían experimentado un significativo crecimiento de la población, pero en la década de los 70's su crecimiento poblacional disminuyó.

La diferencia entre estos dos municipios es que a Guadalajara se le agotaron las reservas de suelo para uso urbano. Para la década de los 80's, los municipios de Tonalá y San Pedro Tlaquepaque se convirtieron en los principales polos de crecimiento poblacional. Este comportamiento se replicó en el municipio de El Salto durante la década de los 90's, mientras que el crecimiento poblacional en esta misma década comenzó a disminuir en los municipios de Tonalá y San Pedro Tlaquepaque.

En Tlajomulco de Zúñiga, el crecimiento de la población se ha incrementado desde la década de los 80's, y en los últimos 30 años tuvo una tasa de crecimiento de 3.04% a 12.92%. Entre los años 2000 y 2010, Tlajomulco de Zúñiga presentó una TCMA semejante a la que Tonalá tuvo durante la misma década, ambas muy por encima de la tasa media anual calculada para el Estado de Jalisco (Figuras 4.7 y 4.8). En contraste a lo que ocurre con los municipios de Guadalajara o San Pedro Tlaquepaque, actualmente los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan aún disponen de espacios para continuar albergando el crecimiento poblacional asociado al proceso de urbanización.

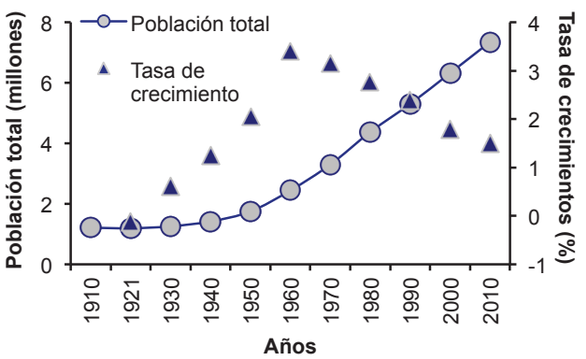


Figura 4.7. *Crecimiento de la población total del Estado de Jalisco y Tasa de Crecimiento entre 1910 y 2010. Fuente: INEGI, Portal: México en cifras.*

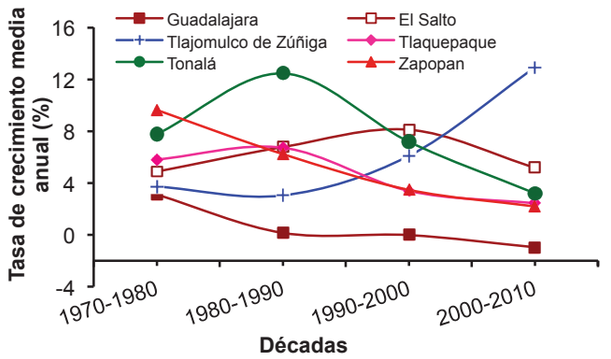


Figura 4.8. *Tasa de crecimiento medio anual de los municipios con mayor población dentro del POFA. Fuente: Datos de los Censos de Población y Vivienda 1970-2010.*

Entre 2000 y 2010, Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga y El Salto, tenían las poblaciones más grandes entre los municipios que forman parte del POFA (Censos de Población y Vivienda, 2000 y 2010). En ese período, Tlajomulco de Zúñiga tuvo la tasa de crecimiento medio anual más alta (12.92%) en los últimos 40 años (Figura 4.8).

4.2.2. Distribución de la población en el POFA

En el año 2000, en el POFA había poco más de 600 mil habitantes, los municipios de Tlaquepaque, Zapopan, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga, en suma aportaban ~87% de su población total. Para el 2010, había más de 1.2 millones habitantes y estos municipios aportaron el ~85% de la población. El municipio de Tonalá en el año 2000 solo aportaba el ~4.8%, y en 2010 su población representaba el ~12.7% dentro del POFA. Los municipios de Zapotlanejo, Guadalajara e Ixtlahuacán del Río contribuyeron con un número de habitantes muy bajo y Tala no participa con población al Polígono de Fragilidad (Figura 4.9).

La población dentro del POFA se duplicó entre los años 2000 y 2010. Dentro de esta área, los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, El Salto y San Pedro Tlaquepaque incrementaron en más de 1.5 veces su población respecto al año 2000.

Estos son los municipios que en los últimos 30 años han tenido las tasas de crecimiento más altas en la región centro del Estado de Jalisco.

4.2.3. Crecimiento natural de la población

El crecimiento natural de la población se expresa como la diferencia entre el número de habitantes nacidos menos el número de habitantes con registro de defunción. El comportamiento de esta variable demográfica en los municipios del POFA se estimó para el período 2000-2010. Los municipios de Guadalajara, Zapopan y San Pedro Tlaquepaque presentaron un crecimiento natural anual por encima de los 10 mil habitantes para dicho período.Tonalá tuvo un crecimiento ligeramente menor que los tres primeros, y el resto de los municipios se mantuvieron con un crecimiento natural anual moderado que es menor a 7 mil habitantes (Figura 4.10).

La Tasa de Crecimiento Natural (TCN) expresa en términos relativos el incremento de la población respecto a la población absoluta de un año, considera los valores de la tasa bruta de natalidad y de mortalidad como variables del crecimiento, excluyendo la componente migratoria. La tasa de crecimiento se considera baja si es <1%, moderada si se encuentra entre 1 y 3%, y alta si es >4%. En este sentido, los valores de la TCN en los municipios relacionados al Polígono de Fragilidad definen a esta población con un crecimiento moderado, sus valores están dentro del intervalo de 1.25 a 2.74%, con excepción de El Salto que reporta una TCN de 3.33% para el año 2000 (Figura 4.11).

La TCN de todos los municipios presenta una tendencia negativa, para el año 2000 la mayoría de los municipios estaba entre el 1.8 y 2.4%; en el 2010, disminuyeron a valores entre 1.3 y 2.0%. Estos resultados resaltan de forma particular los casos de El Salto, San Pedro Tlaquepaque y Juanacatlán, los cuales tuvieron un comportamiento diferente a los demás municipios. Juanacatlán mostró una TCN muy alta al inicio de la década, disminuyendo abruptamente a partir de los

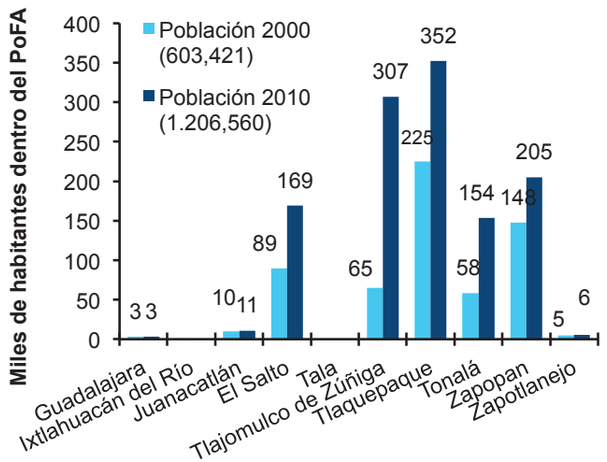


Figura 4.9. *Población dentro del Polígono de Fragilidad Ambiental registrada a nivel de Área Geoestadística Básica. Fuente: Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010.*

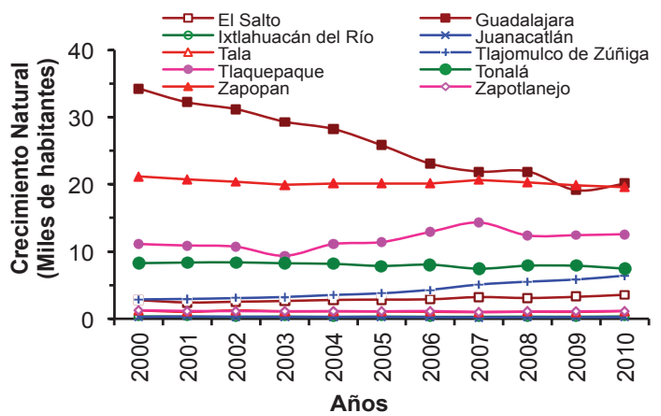


Figura 4.10. *Tasa de crecimiento natural en los municipios del POFA entre 2000 y 2010. Fuente: INEGI, Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD).*

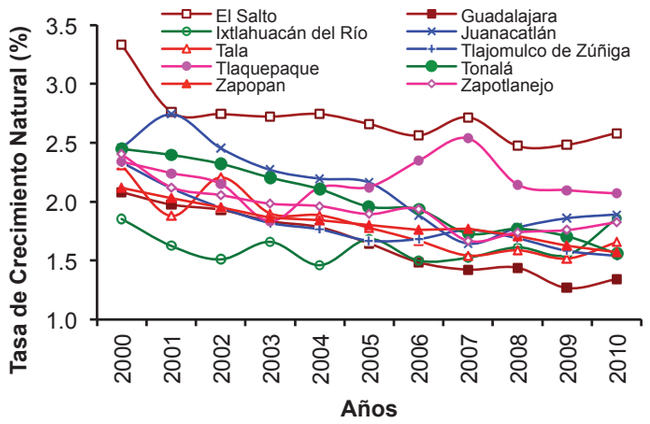


Figura 4.11. *Tasa de crecimiento natural en los municipios del POFA entre 2000 y 2010. Fuente: INEGI, Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD).*

años de 2001 y 2005. Los municipios de El Salto y San Pedro Tlaquepaque presentaron valores de TCN altos y un comportamiento semejante entre sí durante el período 2006-2010. Cabe destacar que durante 2007, estos dos municipios registraron un incremento significativo y opuesto al resto de los municipios.

El incremento natural total de la población en términos absolutos y relativos para el período 2000-2010, indica que Zapopan, Guadalajara y San Pedro Tlaquepaque presentaron un incremento mayor en el número de habitantes; pero en términos relativos al total poblacional de 2010, indica que la población de El Salto, Juanacatlán y San Pedro Tlaquepaque tuvo un crecimiento natural mayor que en los otros municipios (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Crecimiento Natural Total (CNT) de la población en los municipios del POFA.

Municipios	Población total 2010	CNT, período 2000-2010 (habitantes)	CNT, de la población total de 2010 (%)
El Salto	138,226	32,084	23.2
Juanacatlán	13,218	2,902	22.0
San Pedro Tlaquepaque	608,114	129,299	21.3
Zapotlanejo	63,636	12,412	19.5
Guadalajara	1,495,189	287,170	19.2
Tonalá	478,689	88,050	18.4
Ixtlahuacán del Río	19,005	3,434	18.1
Zapopan	1,243,756	222,885	17.9
Tala	69,031	12,048	17.5
Tlajomulco de Zúñiga	416,626	46,660	11.2

Fuente: INEGI, Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD).

4.3. Migración

Balance del crecimiento total de la población

La migración junto con el crecimiento natural es una variable que incide en el crecimiento total de la población. Es uno de los fenómenos que impacta de forma determinante en el desarrollo de zonas urbanas, debido a que son los lugares donde la población puede acceder a un conjunto de servicios y oportunidades de desarrollo individual o familiar.

Considerando la población reportada en los censos de los años 2000 y 2010 y el crecimiento natural total durante en ese periodo, se pudo estimar la población migrante para cada municipio del POFA (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Balance del crecimiento total de la población en los municipios del POFA durante el período 2000-2010.

Municipios	Población total 2000	CNT período 2000-2010	Población Migrante	Población total 2010
Guadalajara	1,646,319	287,170	-438,300	1,495,189
Ixtlahuacán del Río	19,503	3,434	-3,932	19,005
Juanacatlán	11,792	2,902	-1,476	13,218
El Salto	83,453	32,084	22,689	138,226
Tala	53,616	12,048	3,367	69,031
Tlajomulco de Zúñiga	123,619	46,660	246,347	416,626
Tlaquepaque	474,178	129,299	4,637	608,114
Tonalá	337,149	88,050	53,490	478,689
Zapopan	1,001,021	222,885	19,850	1,243,756
Zapotlanejo	53,461	12,412	-2,237	63,636

Fuente: INEGI, Censos de población y vivienda 2000 y 2010; Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD).

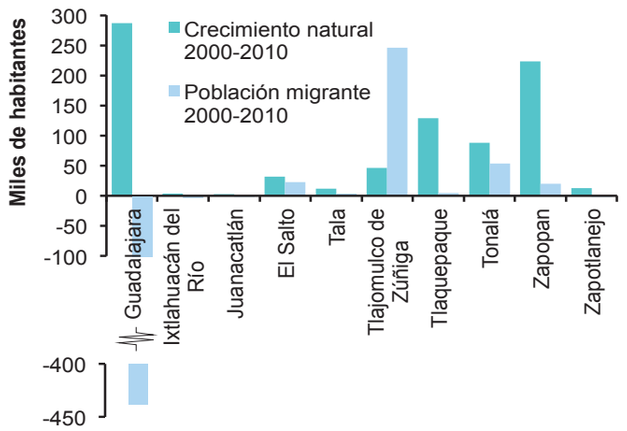


Figura 4.12. *Balance del crecimiento natural de la población y la población migrantes en los municipios del POFA, durante el período 2000-2010. Fuente: Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010.*

En Guadalajara durante 2000 y 2010, el balance de la población señala que hubo una disminución del número de habitantes al final de este período, que se traduce como una expulsión poblacional neta de ~150 mil habitantes en poco más de 10 años (Figura 4.12).

La población de Zapopan y San Pedro Tlaquepaque tuvo un crecimiento natural mucho mayor que el número de migrantes durante ese mismo período; mientras que en Tonalá estuvo más equilibrado, pues la migración fue mayor y la diferencia entre estas dos variables no fue tan alta como en los municipios mencionados. Tlajomulco de Zúñiga es el único municipio donde la población migrante ha sido mayor que el crecimiento natural, con una cifra neta de más de 246 mil habitantes (Tabla 4.3 y Figura 4.12). Esta situación se interpreta como un fenómeno de atracción de migrantes, lo cual causó que la población total municipal en 2010 fuera 3.37 veces mayor a la registrada en el año 2000.

Balance entre los componentes de la migración interestatal

El balance de la población migrante en los municipios del POFA fue definido considerando solo a la población migrante proveniente de otra entidad del país. En el año 2000, la población inmigrante representaba el 16.35% del total de la población de los municipios del POFA. Para el año 2010, esta cifra disminuyó al 14.29%. La población emigrante originaria de estos municipios representaba el 3.04% para el año 2000, y en el 2010 disminuyó ligeramente a 2.29% (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Saldo migratorio en los municipios del POFA.

	Municipio	Población total	Población Inmigrante	Población Emigrante	Inmigrante %	Emigrante %	Saldo migratorio %
2000	Guadalajara	1,646,319	254,172	41,224	15.439	2.504	12.935
	Ixtlahuacán del Río	19,503	1,480	382	7.589	1.959	5.630
	Juanacatlán	11,792	777	227	6.589	1.925	4.664
	El Salto	83,453	13,741	2,884	16.466	3.456	13.010
	Tala	53,616	3,663	1,167	6.832	2.177	4.655
	Tlajomulco de Zúñiga	123,619	13,963	2,912	11.295	2.356	8.940
	San Pedro Tlaquepaque	474,178	70,603	10,925	14.890	2.304	12.586
	Tonalá	337,149	44,874	8,189	13.310	2.429	10.881
	Zapopan	1,001,021	216,195	46,592	21.597	4.654	16.943
	Zapotlanejo	53,461	2,805	1,051	5.247	1.966	3.281
	Total	**3,804,111**	**622,273**	**115,553**	**16.358**	**3.038**	**13.320**
2010	Guadalajara	1,495,189	193,570	24,640	12.946	1.648	11.298
	Ixtlahuacán del Río	19,005	1,162	122	6.114	0.642	5.472
	Juanacatlán	13,218	719	100	5.440	0.757	4.683
	El Salto	138,226	19,179	2,229	13.875	1.613	12.263
	Tala	69,031	5,171	1,044	7.491	1.512	5.978
	Tlajomulco de Zúñiga	416,626	59,705	13,757	14.331	3.302	11.029
	San Pedro Tlaquepaque	608,114	80,309	10,397	13.206	1.710	11.497
	Tonalá	478,689	52,812	7,046	11.033	1.472	9.561
	Zapopan	1243,756	233,896	44,188	18.806	3.553	15.253
	Zapotlanejo	63,636	2,961	641	4.653	1.007	3.646
	Total	**4,545,490**	**649,484**	**104,164**	**14.289**	**2.292**	**11.997**

Fuente: INEGI, 2000. Sistema de Integración Territorial del Estado de Jalisco (ITER). Nota: Esta información hace referencia a la migración que proviene o radica fuera del Estado de Jalisco.

El saldo migratorio entre los años 2000 y 2010 señala que en la mayoría de los municipios ocurrió una ligera disminución del fenómeno de la migración, excepto para el caso del municipio de Tlajomulco de Zúñiga, donde hubo un significativo incremento de su población inmigrante (Tabla 4.4). En el año 2010, Tlajomulco de Zúñiga se sumó al grupo de municipios que tienen el porcentaje de población inmigrante y saldo migratorio más altos entorno al POFA.

Los resultados indican que los municipios que forman parte de la ZMG representan polos de atracción para la población proveniente de municipios contiguos, otras entidades o del extranjero, por lo que el número de emigrante representó el 18.59% respecto al total de la población inmigrante para el año 2000, y 16.02% en 2010. En términos porcentuales, Tlajomulco de Zúñiga se convirtió en el principal receptor de población durante el período 2000-2010.

Inmigración dentro del POFA

La inmigración dentro del POFA presenta un patrón semejante al que se observa a escala municipal, el porcentaje de la población inmigrante se redujo ligeramente en 2010 respecto al año 2000. El porcentaje de la población inmigrante de los municipios de Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga dentro del límite del POFA es la única que se incrementó durante este período. Tlajomulco de Zúñiga tuvo un incremento significativo (2.05%) frente al resto de los municipios (Tabla 4.5 y Figura 4.13).

Tabla 4.5. Población inmigrante en el POFA.

Año	Municipio	Población total	Población nacida en la entidad		Población inmigrante	
			Habitantes	%	Habitantes	%
2000	Guadalajara	3,399	2,948	86.731	436	12.827
	Juanacatlán	8,117	7,450	91.783	600	7.392
	El Salto	336,217	284,327	84.567	49,928	14.850
	Tlajomulco de Zúñiga	62,856	52,441	83.430	9,039	14.380
	San Pedro Tlaquepaque	217,009	182,176	83.949	32,236	14.855
	Tonalá	52,763	46,383	87.908	5,752	10.902
	Zapopan	147,529	113,940	77.232	31,013	21.022
	Zapotlanejo	2,845	2,531	88.963	293	10.299
2010	Guadalajara	3,361	2,831	84.231	379	11.276
	Juanacatlán	8,966	8,425	93.966	637	7.105
	El Salto	152,166	130,057	85.470	20,991	13.795
	Tlajomulco de Zúñiga	289,770	232,994	80.407	47,624	16.435
	San Pedro Tlaquepaque	344,354	292,288	84.880	47,843	13.894
	Tonalá	143,203	125,578	87.692	16,141	11.271
	Zapopan	205,117	162,293	79.122	41,178	20.075
	Zapotlanejo	3,069	2,785	90.746	231	7.527

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

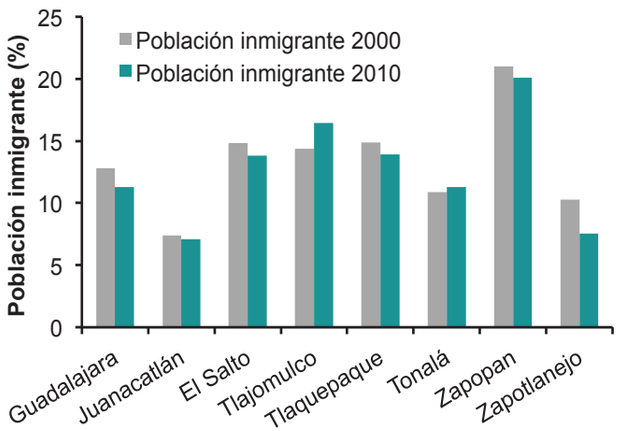
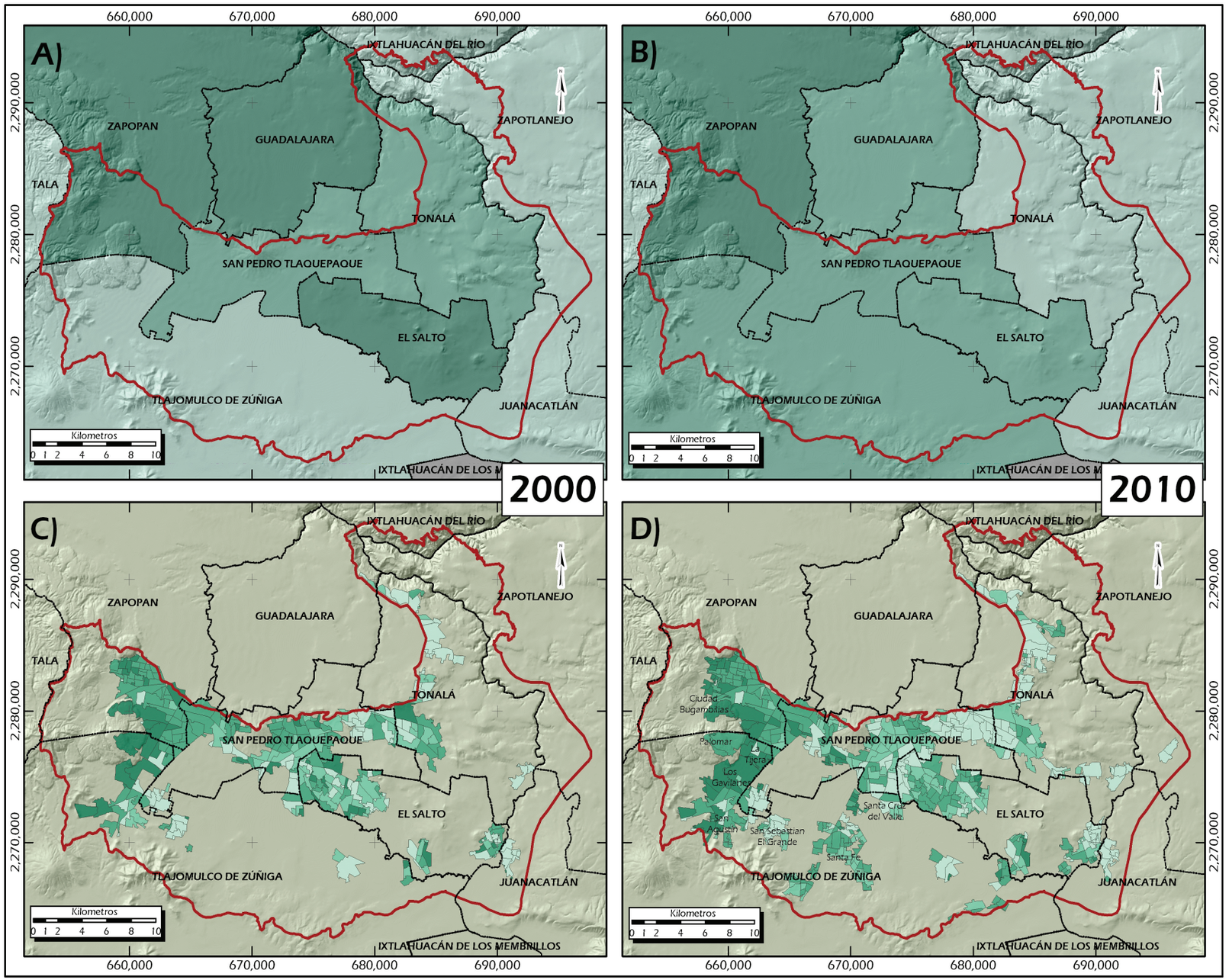


Figura 4.13. *Desarrollo de la población inmigrante en el POFA para 2000-2010. Fuente: Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010.*

La distribución espacial de la población inmigrante en el año 2000, señala que hay una alta concentración en el sector occidental del POFA, en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan (Mapa 4.1 A y C). Las áreas con un número grande de población inmigrante incluyen a los fraccionamientos de Ciudad Bugambilias y Palomar, estas colonias representan a un grupo de la población de estrato socioeconómico alto.

Estos altos porcentajes de población inmigrante también se observan en gran parte del área urbana del municipio de Zapopan y el sector central y occidental

Mapa: 4.1 Población inmigrante (nacida fuera del Estado de Jalisco), 2000 y 2010



Simbología

A y B) Porcentaje de la población inmigrante en los municipios del POFA, 2000 y 2010

- 15.0 - 22.0
- 11.5 - 15.0
- < 11.5

C y D) Porcentaje de la población inmigrante por AGEB dentro del POFA, 2000 y 2010

- 22.0 - 76.5
- 15.0 - 22.0
- 11.5 - 15.0
- < 11.5

Límite municipal

Polígono de Fragilidad Ambiental

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

Fuente de los datos:
INEGI, ITER 2000 y 2010; SCINCE 2000 y 2010

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

de Guadalajara. Hay otro grupo de localidades con una concentración alta de población inmigrante de estrato socioeconómico medio y bajo en los municipios de San Pedro Tlaquepaque, El Salto y Tonalá, asentadas a lo largo del parteaguas norte de la cuenca de El Ahogado y otra en la parte central del Valle de Toluquilla.

En el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, el desarrollo de fraccionamientos nuevos en la zona adyacente a localidades, tales como Santa Fe, San Agustín, San Sebastián El Grande, Santa Cruz del Valle, La Tijera, entre otras, ha sido uno de los factores principales que ha estimulado la inmigración poblacional proveniente de los municipios colindantes, y de la población nacida en otra entidad o país (Mapa 4.1D). Esto ha provocado que el municipio se convierta en uno de los receptores principales de población en los últimos años, ya que la población de estas localidades tenía 50,353 habitantes en el año 2000, e incrementó a 184,788 habitantes en 2010; significa que en 10 años la población creció 3.67 veces. Estos 184,788 hab. representan el 44.35% de la población total del municipio de Tlajomulco de Zúñiga y el 15.32% de la población dentro del POFA registrada en el año 2010.

4.4. Urbanización

El desarrollo industrial que comenzó a generarse en la década de los años 40 en el país, tuvo un impacto directo en la ciudad de Guadalajara que se reflejó en el crecimiento poblacional y la expansión del área metropolitana. Debido a esto, Guadalajara se convirtió en el centro de población, político y económico más importante de la región occidente del país.

En los últimos 40 años, la expansión de la mancha urbana del Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) ha provocado el cambio del uso del suelo, que previo al crecimiento de la ciudad eran áreas naturales o suelos agrícola, pecuarios y de extracción de materiales para la construcción, entre otros.

Este desarrollo urbano ha favorecido la expansión de la mancha urbana y el de las cabeceras municipales de Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga, de tal forma que el espacio entre estas se ha transformado debido a la propia actividad de la ciudad y al desarrollo de redes de comunicación que conectan a estas localidades.

La ZMG se ha caracterizado por concentrar un gran número de habitantes al contar con servicios e infraestructura necesaria para llevar el desarrollo de actividades productivas, en contraste hay un gran número de localidades pequeñas, que se encuentran dispersas en las zonas rurales de los municipios que forman parte del POFA. Durante estos 40 años, muchas de esas localidades se integraron a la ZMG, lo que trajo consigo ese crecimiento de la población y la transformación del uso del suelo a urbano.

La superficie urbana registrada entre 1970 y 2010 se quintuplicó, en 1970 había una superficie urbana de 11,720 ha, la mayor parte de esta área se extendía sobre los municipios de Guadalajara y Zapopan. Entre 1980 y 2010, la ZMG fue creciendo ante la incorporación de los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga y El Salto. Como resultado de este crecimiento, para el año de 2010 se tenían cerca de 59,700 ha urbanizadas (Tabla 4.6 y Mapa 4.2).

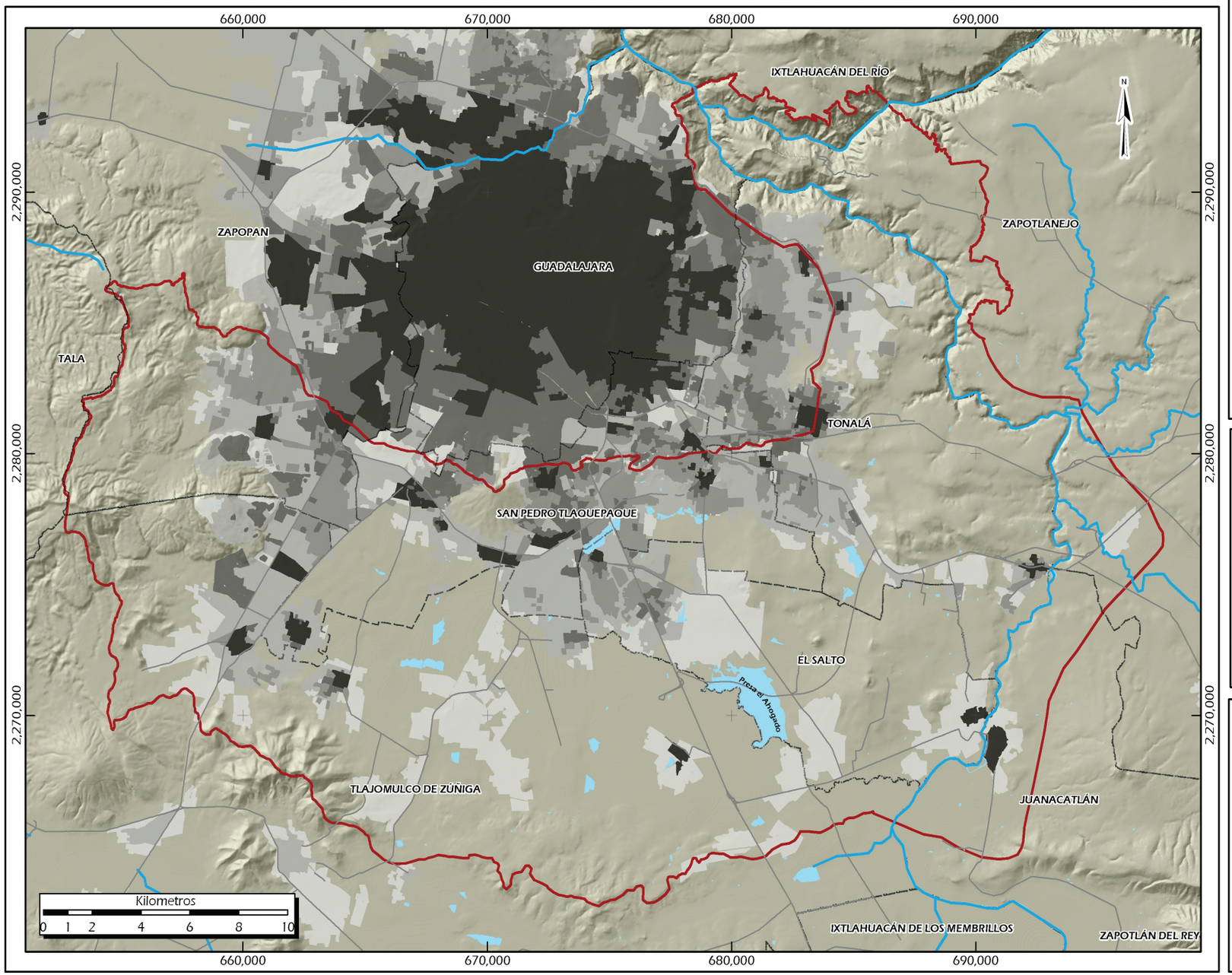
En la actualidad, los municipios de Guadalajara y San Pedro Tlaquepaque casi han agotado su espacio para continuar con la expansión de la urbanización; Tonalá y El Salto están con ~40% de su territorio urbanizado,

Tabla 4.6. Superficie urbanizada en los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Municipio	Superficie municipal (ha)	Superficie urbanizada por municipio (ha)				
		1972	1983	1995	2000	2010
Guadalajara	15,035.7959	8,392.4044	3,967.3122	715.1403	811.2542	267.1908
El Salto	9,238.5826	11.8170	108.2886	428.3715	825.8017	2,221.5993
Tlajomulco de Zúñiga	68,249.9040	186.3921	343.0374	251.1414	1,668.7239	5,410.3114
San Pedro Tlaquepaque	11,859.7299	696.3833	1,436.0111	1,737.9088	3,298.0833	941.0442
Tonalá	15,649.9576	177.8665	808.9203	1,737.2766	2,494.2224	1,056.9642
Zapopan	101,724.3256	2,255.2204	3,356.1951	4,045.9911	6,639.9907	3,407.6050
	Superficie total	**11,720.0838**	**10,019.7647**	**8,915.8298**	**15,738.0762**	**13,304.7149**
	Acumulado	**11,720.0838**	**21,739.8485**	**30,655.6783**	**46,393.7545**	**59,698.4695**

Fuente: Atlas de la producción de suelo urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara, 1970-2000; INEGI, Censos de Generales de Población y Vivienda, 2000 y 2010.

Mapa: 4.2 Crecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara, 1972-2010

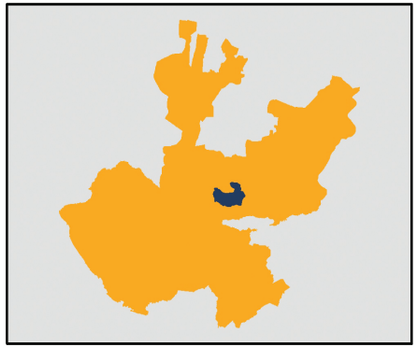


Simbología

Períodos de crecimiento urbano

- 2000 - 2010
- 1995 - 2000
- 1983 - 1995
- 1972 - 1983
- Hasta 1972

- Límite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Río
- Cuerpo de agua
- Carretera



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

Fuente de los datos:
INEGI, Censos de Población y Vivienda 1972-2010

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

pero aún presentan tasas de crecimiento medio anual por encima del 3.5%; Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga son los municipios con mayor superficie susceptible a urbanización. Este último presentó durante el periodo 2000-2010, la tasa de crecimiento medio anual más alta (12.92%) registrada en algún municipio de la Zona Metropolitana o Conurbada de Guadalajara.

4.4.1. Urbanización en el POFA

La expansión del área urbana dentro del POFA entre 1970 y 2010 tuvo incrementos significativos, particularmente entre 1990 y 2010, la superficie creció ~3.5 veces, superando las más de 21 mil hectáreas al final del período (Tabla 4.7).

Los municipios Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque y El Salto son los que mayor superficie tienen en el POFA y los que han aportado mayor superficie al área urbanizada (Tabla 4.7).

Entre 1970 y 2010, la proporción de área urbanizada de estos municipios en el POFA representó entre el 71 y 96%; Tlajomulco de Zúñiga, El Salto y en menor medida Tonalá tuvieron un considerable aumento en la última década.

El área urbanizada de Tlajomulco de Zúñiga sólo representa el 23.9% de la superficie dentro del POFA (25,001 ha), Zapopan tiene el 42.5% y San Pedro Tlaquepaque el 61.0% (Tabla 4.7). Esta disponibilidad de espacio pone a Tlajomulco de Zúñiga como el principal receptor de población en el área del POFA en los siguientes años.

4.4.2. Tasa de urbanización

Este índice se expresa como la proporción de la población que tiene un mayor nivel de desarrollo derivado del acceso a un conjunto de servicios para satisfacer necesidades primarias o incrementar su nivel de confort. Establece una relación porcentual entre la población urbanizada y la población total de una superficie conocida.

La tasa de urbanización en los municipios de la ZMG para el año 2010, representan más del 90% de la población total municipal (Figura 4.14). Estos porcentajes altos reflejan el grado de concentración de la población. En los otros municipios, la tasa de urbanización está entre el 32% y 82%, estos valores son representativos principalmente de la población establecida en las cabeceras municipales.

El análisis de la población en el año 2000 y 2010 expone que estas altas tasas de urbanización se repiten con la población urbana que está dentro del POFA, en donde la proporción de la población rural es muy baja (Figura 4.14).

Tabla 4.7. Superficie urbanizada en los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Municipio	Superficie municipal dentro del POFA (ha)	Superficie urbanizada dentro del POFA (ha)				
		Hasta 1972	1983	1995	2000	2010
Guadalajara	548.3185	0.5250	30.9324	13.1550	5.3905	29.7577
El Salto	9,238.5826	53.8170	108.2886	428.3715	825.8017	2,221.5993
Tlajomulco de Zúñiga	25,001.5684	186.3921	343.0374	251.1414	1,668.7240	3,524.6602
Tlaquepaque	9,462.2012	330.1229	604.4079	1,441.8222	2,700.2411	691.2754
Tonalá	12,604.3104	70.5583	183.8859	522.0445	1,577.4268	1,045.7164
Zapopan	6,930.0843	104.1511	471.4278	1,029.7557	1,029.9114	307.2810
	Superficie total	**703.5665**	**1,741.9801**	**3,686.2904**	**7,807.4954**	**7,820.2900**
	Acumulado	**703.5665**	**2,445.5465**	**6,131.8370**	**13,939.3324**	**21,759.6223**

Fuente: Atlas de la producción de suelo urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara, 1970-2000; INEGI, Censos de Generales de Población y Vivienda, 2000 y 2010.

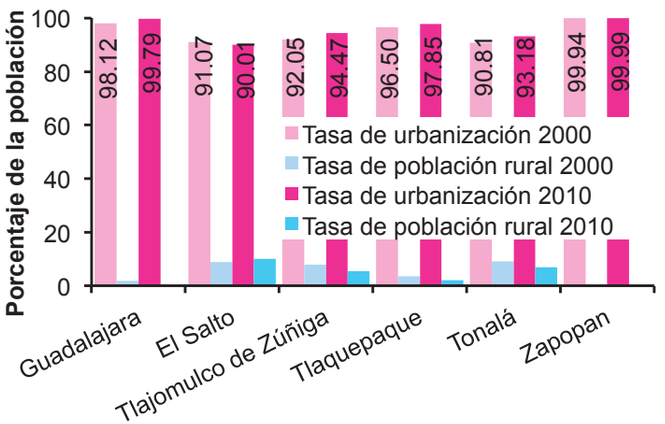


Figura 4.14. *Tasa de urbanización para los años de 2000 y 2010, en áreas urbanas de los municipios de la ZMG y en el POFA. Fuente: Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010.*

La urbanización dentro del POFA es producto del crecimiento de la población asentada en las localidades hasta el año 2000. Un análisis de la población entre 2000 y 2010 señala que además de esas localidades o colonias hay otras que apenas se construyeron y éstas aumentaron de manera significativa el número de habitantes dentro del POFA.

Algunas de ellas (Santa Fe, Lomas del Sur, Fraccionamiento Real del Valle, Lomas de San Agustín, entre otras) crecieron de forma extraordinaria, particularmente dentro del municipio de Tlajomulco de Zúñiga (Tabla 4.8).

4.5. Densidad de población

Este es un índice que refleja la concentración de la población que habita dentro de una superficie. La densidad alta de la población trae consigo una serie de problemas que derivan en conflictos sociales relacionados con la disponibilidad de vivienda, hacinamiento, marginación, movilidad urbana y concentración de actividades productivas, entre otras.

La densidad alta de la población también tiene efectos fuertes en el ambiente, pues las concentraciones altas de la población asociada a una mala distribución sobre el territorio conducen al incremento en la demanda de servicios públicos (infraestructura hidráulica, drenaje, transporte público y seguridad social) y a la sobreexplotación de los recursos naturales básicos (agua, alimentos, energía eléctrica, etc.).

Tabla 4.8. Localidades donde se ha incrementado significativamente el número de habitantes en el año 2000 y 2010.

Municipio	Localidad	Población en el 2000	Población en el 2010
El Salto	Las Pintitas	19,060	26,500
	El Salto	18,462	21,644
	Las Pintas	15,681	22,838
	El Quince (San José el Quince)	11,286	17,669
	San José del Castillo	9,768	15,946
	San José el Verde (El Verde)	7,180	16,275
	Galaxia Bonito Jalisco		9,082
	Fraccionamiento la Alameda		4,554
	Total	**81,437**	**134,508**
Tlajomulco de Zúñiga	San Sebastián el Grande	14,695	28,138
	San Agustín	14,355	30,424
	Santa Cruz del Valle	13,908	26,866
	La Tijera	5,408	12,425
	Zapote del Valle (Zapote de Santa Cruz)	4,182	6,269
	Jardines de San Sebastián	3,350	3,513
	La Alameda	3,089	9,013
	Palomar	2,893	4,837
	Hacienda Santa Fe		86,935
	Lomas del Sur		19,413
	Fraccionamiento Real del Valle (El Paraíso)		13,949
	Lomas de San Agustín		11,836
	Fraccionamiento Villas de la Hacienda		11,078
	Valle Dorado Inn		9,966
	El Capulín		8,724
	Galaxia la Noria		5,681
	Hacienda los Fresnos		4,541
	La Unión del Cuatro (San José del Valle)		3,841
	Total	**61,880**	**297,449**
Tlaquepaque	Tlaquepaque	212,040	326,877
	Santa Anita	12,842	20,320
	Paseo del Prado		4,706
	Total	**224,882**	**351,903**
Tonalá	Tonalá	40,477	94,005
	Centro de Readaptación Social	5,937	13,071
	Puente Grande	5,355	5,664
	Coyula	5,139	29,674
	La Punta	1,194	4,889
	San Francisco de la Soledad (San Francisco)		3,713
	Paseo Puente Viejo		2,668
	Total	**58,102**	**153,684**

Fuente: INEGI, 2000 y 2010. Sistema de Integración Territorial del Estado de Jalisco (ITER).

De tal manera que las densidades altas de población representan un factor de presión negativa sobre estos recursos naturales e inciden en el cambio de uso del suelo, que en la mayoría de los casos no son aptos para lo que se están utilizando.

El crecimiento del área urbana dentro del POFA está definido en gran medida por el tipo de desarrollo inmobiliario, el cual se caracteriza por la construcción de casas en serie, con diseños de vivienda estándares ordenados por etapas o secciones. Entre los tipos de desarrollo inmobiliario destaca la construcción de condominios con torres de 3 a 4 niveles, casas dúplex o casas sencillas de una o dos plantas.

El tamaño de estas viviendas apenas rebasan los 50 m^2 de construcción y en general muchas no van más allá de 120 m^2 planos (una sola planta). Esta condición condujo al crecimiento poblacional y consecuentemente al incremento en la densidad de la población. En el municipio de Tlajomulco de Zúñiga se tienen los casos más representativos: Hacienda Santa Fe, Lomas del Sur o Fraccionamiento Real del Valle (El Paraíso), donde la población para el año 2000 no rebasaba los 2,500 habitantes o simplemente no existía, pero en 2010 presentaron un muy incremento alto (Tabla 4.8).

En sólo 10 años la población dentro del POFA se incrementó de 603,421 ha. en el año 2000, a 1'206,560 habitantes en 2010. En resumen, dentro del POFA el crecimiento urbano está muy relacionado con una densidad poblacional (Mapa 4.3).

4.6. Desigualdad social

La desigualdad en la sociedad tiene muchas aristas que inciden de forma importante en el desarrollo de ciertos sectores de la población relacionada al POFA. Hay modelos que tratan de tomar en cuenta la cantidad mayor de factores que afectan al desarrollo de la sociedad. Lamentablemente la problemática social es tan compleja que requiere del esfuerzo conjunto entre autoridades y la misma sociedad para resolver los temas diferentes que derivan de la interacción de la población entre sí y con su entorno ambiental.

En este sentido, se han propuesto metodologías a nivel nacional e internacional que ofrecen modelos o índices que caracterizan ciertos factores de la población, tales como desarrollo humano, pobreza o marginación, entre otros.

La desigualdad multidimensional es un concepto que está incluido en la metodología que retoma el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Implica la relación entre el bienestar económico y los derechos sociales de la población en el contexto territorial.

El bienestar económico está determinado en función del ingreso corriente per cápita, mientras que los derechos sociales involucran seis factores que reflejan la condición de pobreza de la población (CONEVAL, 2010), los cuales son: Rezago educativo, Accesos a servicios de salud, Acceso a la seguridad social, Calidad y espacios de la vivienda, Servicios básicos, y Acceso a la alimentación.

En este diagnóstico se presentan tres indicadores que evalúan el bienestar social: Índice de Desarrollo Humano, Índice de Pobreza, Índice de Marginación Urbana. Estos índices tienen en común el objetivo de destacar las condiciones de desigualdad en función de características socioeconómicas de la población.

4.6.1. Índice de desarrollo humano

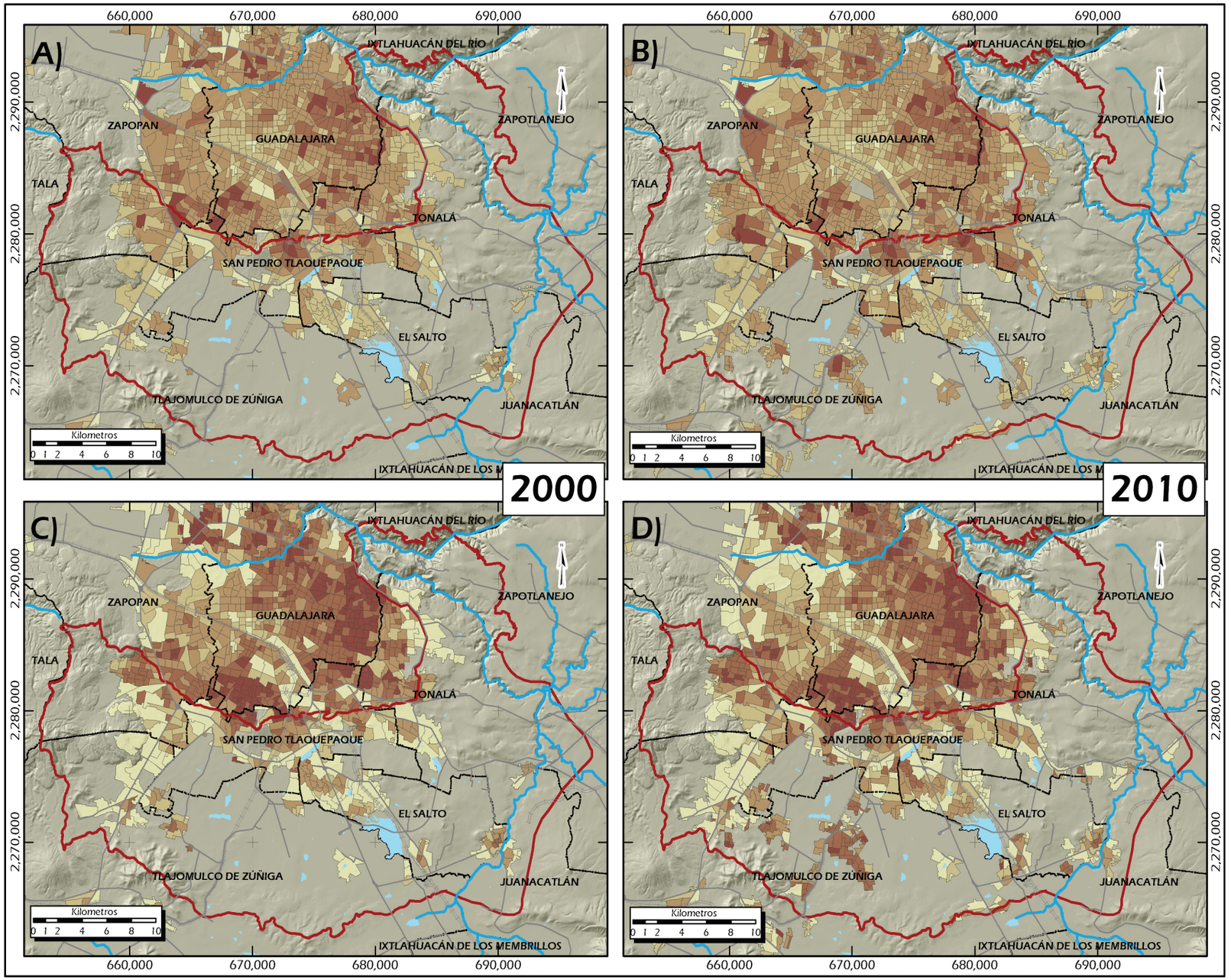
El índice de desarrollo humano ha sido promovido por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) desde los años 80's, tiene como objetivo concentrarse sobre la población que menos oportunidades han obtenido. Considera una serie de factores que influyen en la capacidad del ser humano para alcanzar su bienestar, estos factores pueden ampliar las oportunidades de cada individuo para incrementar y equilibrar la calidad de vida en una población (PNUD, 2008).

La calidad de vida se expresa mediante el goce de un buen estado de salud, adquisición de conocimiento, medios para comunicarse, acceso a servicios básicos y los recursos para tener un nivel de vida digno (CONAPO, 2001).

El índice de desarrollo humano (IDH) estimado para el año 2000 en los municipios del país, considera tres factores: i) Longevidad, ii) Logro educacional, y iii) Nivel de vida. Los parámetros establecidos para cada uno de estos factores están normalizados y son promediados para evaluar el IDH.

Mapa: 4.3

Población Total y Densidad de Población, 2000 y 2010



Simbología

A y B) Población total por AGEB 2000 y 2010

- > 7,500
- 5,001 - 7,500
- 2,501 - 5,000
- 501 - 2,500
- < 500

C y D) Densidad de población por AGEB 2000 y 2010 (Habitantes por Ha)

- > 175
- 101 - 175
- 46 - 100
- 26 - 45
- < 25

- Limite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Cuerpo de agua
- Rio
- Carretera
- Vía férrea

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

Fuente de los datos:
INEGI, SCINCE 2000 y 2010.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

La determinación del desarrollo humano es muy compleja y difícil de lograr debido a la diversidad de condiciones sociales, si bien el IDH no considera todos los elementos que inciden a favor o en contra del bienestar personal, si representa una buena aproximación para identificar el estado de prosperidad de la mayoría de los habitantes de un área específica.

La normalización de las variables del IDH permite establecer relaciones entre cualquier municipio, sin importar el tamaño de la población o el estado de la sociedad.

Cuanto más alejado esté el IDH a 1, mayor será la labor para resolver las carencias de la población respecto a los factores involucrados. Los resultados de este índice permiten orientar las políticas de desarrollo social para mitigar las carencias de la población y reducir las restricciones que impiden el acceso a un mejor nivel de vida (CONAPO, 2001; PNUD, 2008).

La CONAPO estableció el Grado de Desarrollo Humano (GDH) dividido en cuatro clases (Tabla 4.9). Los municipios relacionados al Polígono de Fragilidad Ambiental presentan un GDH de Medio-Alto y Alto; el IDH para estos municipios va del 0.723 (Ixtlahuacán del Río) hasta 0.839 (Zapopan).

Para el año 2000, el principal factor que disminuyó al IDH estuvo relacionado con el poder adquisitivo de la población, que se expresaba por medio del Producto Interno Bruto *per cápita.*

Tabla 4.9. Clasificación del Desarrollo Humano a escala municipal en los municipios del POFA.

Grado de Desarrollo Humano	Índice de Desarrollo Humano	Municipios
Alto	>0.80	Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque
Medio-alto	0.65 – 0.79	El Salto, Juanacatlán, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, Tala, Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río
Medio-Bajo	0.50 – 0.64	-
Bajo	<0.50	-

Fuente: CONAPO. 2001; PNUD, 2008.

Para el año de 2005, el cálculo del IDH a nivel municipal se estimó considerando parámetros diferentes a los elegidos cinco años atrás. Estos parámetros están relacionados con el acceso a servicios, al ingreso y a la equidad de género, de esta forma se tiene la estimación del IDH asociado a cada factor (Tabla 4.9).

Los factores de ingreso y género son los que inciden significativamente en el IDH de los diez municipios, estos dos factores están estrechamente relacionados con la problemática de desigualdad.

4.6.2. Índice de pobreza

La pobreza es una condición de carencia de los recursos necesarios para vivir, es un problema social que impone limitaciones en el desarrollo físico, intelectual y social de las personas. Es una condición que vulnera la dignidad de las personas, impide la satisfacción de sus necesidades básicas e imposibilita la integración social (CONEVAL, 2010; 2012).

El CONEVAL es la institución pública encargada de estimar de manera oficial el índice de pobreza en el país. La metodología empleada por esta institución propone un esquema compuesto por cinco clases que exhiben el porcentaje de la población que está en una situación de pobreza en función de los criterios establecidos en la metodología para representar la desigualdad multidimensional (Figura 4.15).

El esquema de la evaluación del índice de pobreza tiene cuatro elementos de referencia que definen las condiciones para clasificar el estado de la población: dos umbrales de privación y dos límites o líneas de bienestar.

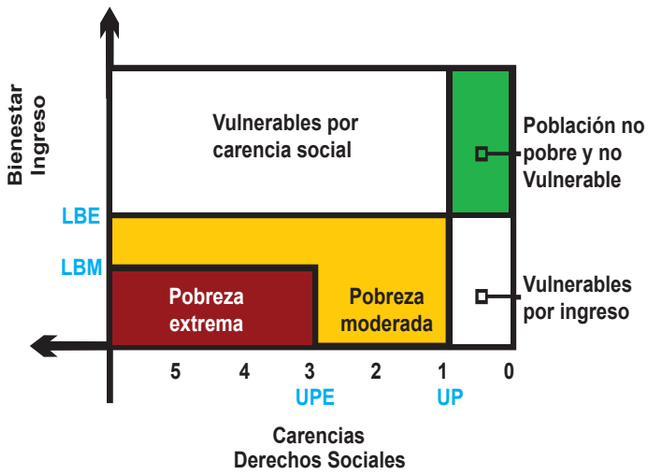


Figura 4.15. *Esquema para la clasificación del índice de pobreza en la población. Abreviaciones: LBE= Línea de Bienestar; LBM= Línea de Bienestar Mínimo.*

El Umbral de Privación (UP) marca el límite entre la población que está privada de al menos un derecho social, y la que no tiene privación; el Umbral de Privación Extrema (UPE) representa a la población que tiene más de tres carencias sociales, sin importar su ingreso económico.

Por otra parte, la Línea de Bienestar (LBE) refleja a la población con los ingresos más bajos; esto implica que dicha población no tiene la capacidad de satisfacer las necesidades básicas consideradas dentro de la desigualdad multidimensional. La población que se encuentra por debajo de LBE y está privada de al menos un derecho, sufre una situación de pobreza. La Línea de Bienestar Mínimo (LBM) caracteriza a un subconjunto de la población que vive en una condición extrema de pobreza, es decir, aquella población que está privada de más de tres derechos sociales y que además dispone de un ingreso tan bajo que no es suficiente para adquirir alimentos con los nutrientes necesarios para tener una vida sana (CONEVAL, 2010).

Los resultados del índice de pobreza obtenidos para los diez municipios relacionados al POFA señalan variaciones importantes. Los municipios que cuentan con una población mayor (Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga) indiscutiblemente presentan un gran número de habitantes en condición de pobreza; la población en situación de pobreza (extrema y moderada) de estos municipios es mayor que la población total de los municipios de El Salto, Zapotlanejo, Ixtlahuacán del Río, Tala y Juanacatlán (Figura 4.16).

En términos proporcionales a la población total municipal, el índice de pobreza señala que los municipios de Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo y El Salto presentan un elevado porcentaje de población (>40%) en condición de pobreza extrema y moderada; en los municipios de Tala, Tlaquepaque, Juanacatlán, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga, la proporción está entre el 31 y 38%; mientras que en Zapopan y Guadalajara se tienen valores <23% (Figura 4.17). La agrupación de las clases del índice de pobreza a partir de características comunes de la población en los municipios del POFA, exhibe contrastes importantes que demuestran la necesidad de cambios estructurales en la política laboral, de educación, prestación de servicios, social y salud; cambios que deben reducir el problema de pobreza, tanto en el área de estudio como en el resto de la entidad o el país.

El porcentaje de la población que se encuentra en condición de ingresos económicos bajos (por debajo de la línea de bienestar) indica que sólo Zapopan y

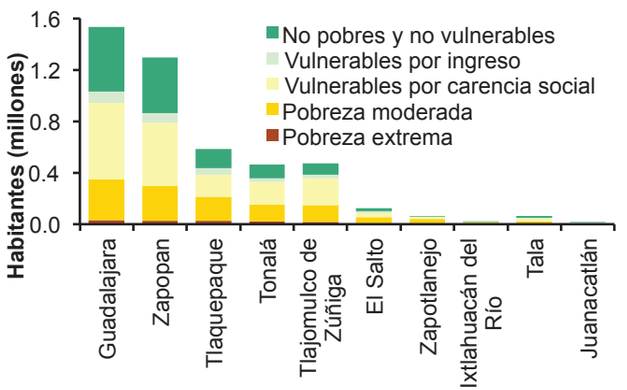


Figura 4.16. *Clasificación de la población según el índice de pobreza. Cifras preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.*

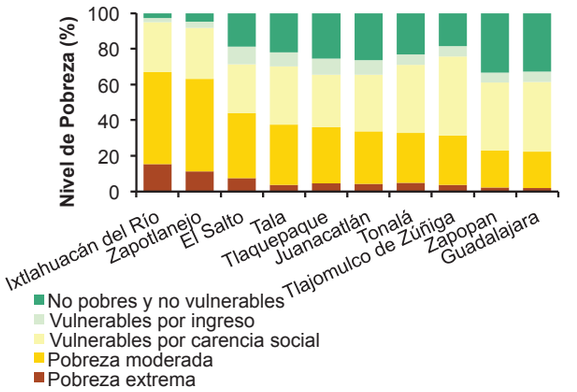


Figura 4.17. *Distribución porcentual de la población según el índice de pobreza, respecto a su población total municipal. Cifras preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.*

Guadalajara presentan un porcentaje de población <30% (Figura 4.18). Sin embargo, existe cerca de un 40% de la población en estos municipios que se encuentra vulnerable y con la posibilidad de quedar en una condición de pobreza, esta proporción es semejante a la que presentan los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá (Figura 4.17).

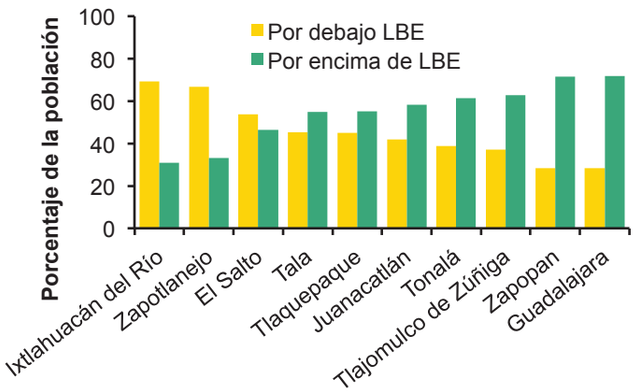


Figura 4.18. *Relación de la población definida por la línea de bienestar según el índice de pobreza. Cifras preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.*

En cuanto al grupo de habitantes que están privados al menos de un derecho social (por encima del umbral de privación), se observa que todos los municipios tienen una proporción de la población que está por arriba del 60%. Los municipios de Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo y Tlajomulco de Zúñiga son los municipios que tienen el mayor porcentaje de la población (>75%) con carencias sociales (Figura 4.19).

La comparación entre la población vulnerable o en situación de pobreza contra la que satisface todas sus necesidades expone la enorme brecha existente entre ambas. Esta brecha se vuelve considerablemente significativa en los municipios de Ixtlahuacán del Río y Zapotlanejo, donde el porcentaje de la población que puede satisfacer todas sus necesidades no representa ni el 5% de la población total municipal. Este grupo de la población represente cerca del 18% en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y El Salto; mientras que Zapopan y Guadalajara apenas representan un poco más del 30% del total municipal (Figura 4.20).

Tabla 4.10. Proporción de la población que no tiene acceso a derechos sociales básicos.

Derechos Sociales	Población	Ixtlahuacán del Río	Zapotlanejo	El Salto	Tlajomulco de Zúñiga	Tonalá
Rezago educativo	Porcentaje	31.9	32.1	20.9	28.3	20.3
	Personas	5,834	20,411	25,634	133,557	94,633
Carencia por acceso a los servicios de salud	Porcentaje	33.9	50.3	36.7	46.0	41.7
	Personas	6,209	31,936	44,976	216,722	194,163
Carencia por acceso a la seguridad social	Porcentaje	80.7	82.0	47.5	56.5	50.2
	Personas	14,772	52,082	58,212	266,473	233,662
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	Porcentaje	5.4	6.9	10.6	5.3	10.0
	Personas	994	4,360	12,953	24,913	46,596
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	Porcentaje	56.9	15.7	16.0	30.4	18.7
	Personas	10,410	9,943	19,648	143,405	87,210
Carencia por acceso a la alimentación	Porcentaje	22.0	25.5	29.9	22.7	24.0
	Personas	4,024	16,197	36,724	106,891	111,839
	Total	**18,298**	**63,530**	**122,619**	**471,399**	**465,200**

Fuente: CONEVAL, 2011, basado en los Resultados Preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.
En color rojo se resaltan las cifras significativas en función a la proporción respecto al total poblacional o por el alto número de habitantes.

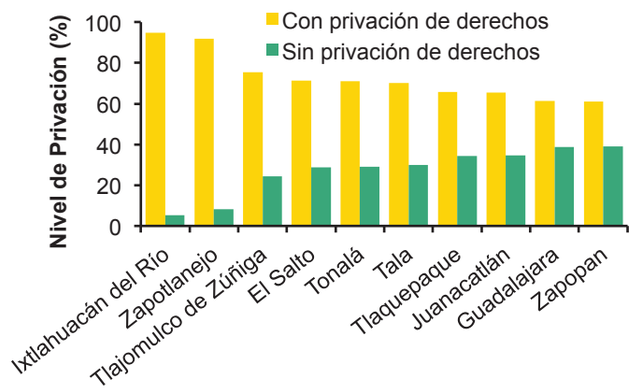


Figura 4.19. *Relación de la población definida por el umbral de privación a los derechos sociales según el índice de pobreza. Cifras preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.*

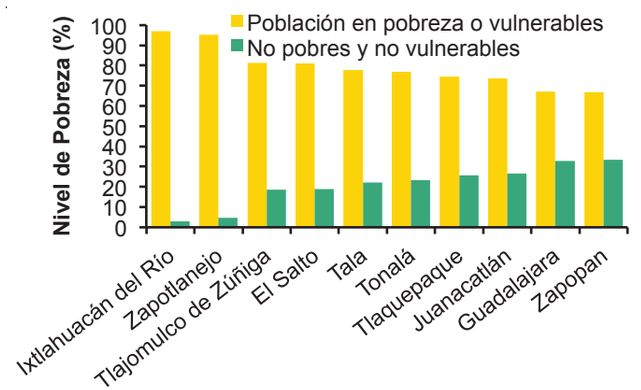


Figura 4.20. *Relación entre la población vulnerable o en situación de pobreza con respecto a la población solvente. Cifras preliminares del Censo de Población y vivienda 2010.*

El análisis de los resultados del índice de pobreza agrupado en función del límite de la línea de bienestar, del umbral de privación o por la condición de solvencia/carencia, señala que al menos el 60% de la población por municipio está en condiciones adversas. En los municipios de Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo, El Salto y Tlajomulco Zúñiga es donde convergen los mayores porcentajes de población con problemas asociados a la pobreza. Estos municipios tienen graves limitaciones de acceso a los servicios de salud, seguridad social y servicios básicos en la vivienda, así como un significativo rezago educativo (Tabla 4.10).

Estimaciones del CONEVAL basadas en datos preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010, señalan que existe un 27.8% de habitantes (~1 millón 288 mil) dentro de estos diez municipios en condiciones de pobreza. Una parte de estos, es decir el 11.64% (~150 mil habitantes) se encuentra en pobreza extrema. Los municipios de Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga tenían para 2010, la mayor población en condiciones de pobreza y pobreza extrema (Tabla 4.11).

El índice de pobreza en la ZMG es bajo en comparación con el que presentan la mayoría de los municipios de la entidad o del país. Sin embargo, la población total en los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga es tan elevada que la proporción de la población en pobreza se reduce significativamente.

Es importante señalar que en estos municipios existe un gran número de habitantes que aún carecen de servicios tan básicos como educación, salud, vivienda y su infraestructura.

Si bien la población total de los municipios de Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo y El Salto no es tan alta como la de los municipios antes mencionados, la proporción de su población en pobreza es bastante significativa (67, 64 y 43%, respectivamente). Por esto se vuelve imprescindible reforzar los programas para la atención de las carencias que afectan a la población de estos municipios.

Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá han tenido un importante crecimiento poblacional desde 1980, condición que lo ha consolidado como uno de los principales municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara durante la última década. Estos dos municipios son de los casos más críticos en cuanto a condiciones de pobreza dentro del POFA, para el año 2010 había 416,626 y 478,689 habitantes, respectivamente; de los cuales entre el 75 y 70% de la población estaba privada de al menos uno de los servicios básicos definidos como derechos sociales, y sólo el 18.6 y 29.1% de la población municipal tenía los recursos para solventar las necesidades básicas de alimentación, educación, salud, seguridad social y vivienda.

Estas cifras porcentuales colocan a Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá como los municipios que requieren enfocar sus programas de infraestructura y asistencia social para resolver o reforzar los servicios a su población.

Tabla 4.11. Relación de la población en condiciones de pobreza para el año 2010.

Municipio	Población	Pobreza	Pobreza extrema	Pobreza moderada
Guadalajara	1,534,371	345,408	31,488	313,919
Zapopan	1,294,901	295,643	28,012	267,631
San Pedro Tlaquepaque	586,567	212,108	26,869	185,240
Tonalá	465,200	153,146	22,993	130,153
Tlajomulco de Zúñiga	471,399	147,383	17,782	129,601
El Salto	122,619	53,760	9,218	44,542
Zapotlanejo	63,530	40,185	7,177	33,008
Ixtlahuacán del Río	18,298	12,227	2,822	9,406
Tala	64,617	24,172	2,503	21,669
Juanacatlán	14,225	4,810	615	4,195
Total	**4,635,727**	**1,288,842**	**149,479**	**1,139,364**

Fuente: Estimaciones de acuerdo al CONEVAL, 2011, basado en los Resultados Preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.

4.6.3. Índice de Marginación Urbana

El índice de marginación urbana toma en cuenta una serie de factores que expresan las carencias materiales y de servicios básicos de un grupo de la población. Estos factores son algunos de los que considera el índice de pobreza, entre ellos viviendas inadecuadas, limitado o nulo acceso a la educación y a los servicios de salud; otro factor que considera el índice de marginación y no está incluido en el índice de pobreza es la carencia de bienes (CONAPO, 2012). Con el índice de marginación urbana, el Consejo Nacional de Población pretender identificar a la población más vulnerable para incluirla dentro de los programas de atención social.

El índice de pobreza expone a una escala municipal, el porcentaje de la población que está bajo condiciones de pobreza o susceptible de padecerla. Los resultados de este índice demuestran que existe un gran porcentaje de la población en los municipios relacionados al POFA que requiere los servicios que satisfagan sus necesidades básicas.

Por su parte, el índice de marginación urbana aunque no considera las mismas variables que el índice de pobreza, presenta un nivel de aproximación espacial mayor, sus resultados están a escala de Área Geoestadística Básica (AGEB), lo cual permite identificar con exactitud mayor a la población que tiene limitaciones para alcanzar el desarrollo pleno de sus capacidades.

Un análisis de desigualdad y segregación socio-espacial de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) elaborado por Ruiz Velazco-Castañeda (2004) para el año 2000, considera además del índice de marginación, los factores de la educación y el hacinamiento en viviendas y el ingreso en las AGEB´s de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Aunque el estudio se llevo a cabo para estos cuatro municipios y las variables para este estudio no son las mismas que las empleadas para la construcción del índice de marginación, sus resultados exponen una clara relación espacial entre algunos factores que inciden en las condiciones de marginación y explica su distribución en la ZMG.

Este estudio, señala que un alto porcentaje de la población con un mayor número de años de instrucción escolar (>10 años) se concentra en el sector poniente de la ZMG, consecuentemente, un elevado porcentaje de esta población tendrá un grado de estudios superiores.

En contraste, entre la población de la mayor parte del sector oriental y sur, particularmente la que está asentada en el POFA es donde predomina la población que no tiene más de 9 años de instrucción escolar y el porcentaje de la población mayor a 18 años con instrucción de grado superior es muy bajo (<15%).

Asi mismo aborda el tema del hacinamiento por cuarto y por vivienda, esta son variables relacionadas a las condiciones de vivienda que caracteriza el índice de marginación. La condición de hacinamiento ocurre con mayor frecuencia en el sector oriental y sur de la ZMG. La población dentro del área del POFA se caracteriza por un dominio de AGEB´s donde el promedio de habitantes por vivienda llega a ser de 5 a 6 personas, mientras que el promedio por cuarto va de 2 a 3 personas y en algunos casos mayor que 3.

Además de estas variables que se asocian a los factores que evalúa el índice de marginación, Ruiz Velazco-Castañeda (2004) considera otras dos variables que caracterizan el ingreso: porcentaje de la población ocupada que percibe de uno a dos salarios mínimos y el porcentaje que percibe más de cinco salarios mínimos.

Sus resultados señalan que un gran número de AGEB´s localizadas en los sectores oriente y sur (incluida la población del POFA) presentan altos porcentajes de la población (>30%) que percibe hasta dos salarios mínimos, y el porcentaje de la población que percibe más de 5 salarios mínimos en la mayoría de esas AGEB´s, en el mejor de los casos representa hasta un 15%.

Los resultados del índice de marginación urbana para el año 2000 y los resultados de algunas características socioeconómicas de la población que se desprenden del estudio analizado, señalan que la población asentada dentro de la ZMG, particularmente aquella localizada en el interior de la mancha urbana, presenta una distribución polarizada, es decir, que el grado de marginación es consistentemente mayor sobre los sectores oriental y sur de la ciudad. Otro patrón de la distribución espacial que se observa es un incremento en el grado de marginación de la población desde el centro hacia su periferia.

A lo largo del anillo periférico de la ZMG, principalmente hacia su exterior, hay una serie de AGEB´s donde predominan un grado de marginación alto y muy alto, éste se observa con frecuencia mayor dentro del municipio de Tonalá; también en el sector central-oriental del municipio de Tlaquepaque; en los sectores oriental y sur de Zapopan; y en menor proporción en los municipios de Tlajomulco de Zuñiga y El Salto.

Para el año 2010, después de un rápido crecimiento de la mancha urbana hacia el sur de la ZMG, se observan cambios significativos en las zonas que en el año 2000 tenían un grado de marginación mayor. El alto y muy alto grado de marginación de muchas AGEB´s localizadas en el municipio de Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Zapopan y Juanacatlán tuvo una importante disminución, algunas llegaron a pasar de un grado de muy alto a medio.

El Mapa 4.4A muestra cómo el grado de marginación urbana alto y muy alto para el año 2000 estaba concentrado y acotado en zonas de la periferia de la ZMG. Para 2010, estas AGEB´s presentaron un grado de marginación menor respecto al año 2000, aunque existen otras tantas que permanecen en las mismas condiciones que 10 años atrás (Mapa 4.4B).

Hubo localidades rurales en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque y El Salto que con la expansión de la mancha urbana adquirieron una categoría de localidad urbana. El extraordinario crecimiento de la población trajo consigo la necesidad de cubrir la demanda de todos los servicios que requiere la población para llevar a cabo sus actividades cotidianas sin limitaciones. El grado de marginación predominante en estas nuevas AGEB´s urbanas se considera como medio.

La formación de nuevas áreas geoestadísticas urbanas en zonas rurales o entorno a las que ya existían en los municipios de Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Zapopan, El Salto, Juanacatlán, y particularmente de Tlajomulco de Zúñiga, tuvieron un efecto de amortiguamiento para las AGEB´s que presentaban un alto grado de marginación en el año 2000. Un alto porcentaje de la población que ha migrado a los nuevos fraccionamientos o colonias localizadas en estos municipios, son familias jóvenes, esto implica una fuerte demanda de servicios básicos a la vivienda, educación, salud, seguridad pública y esparcimiento.

4.7. Ordenamiento Territorial

El Ordenamiento Territorial (OT) es un instrumento normativo y una de las herramientas básicas de planeación, administración, manejo de los recursos naturales y la gestión integral de un territorio, ya que permite orientar el crecimiento de los centros de población, definir el emplazamiento geográfico de las actividades productivas, el establecimiento de las modalidades de usos del suelo, la explotación de los recursos y la definición de servicios ambientales. Esto lo convierte no sólo en un cimiento de la política ecológica, sino en un instrumento de planeación de la política nacional. Su objetivo central es el de organizar, armonizar y administrar la ocupación y uso del espacio, de modo que éstos elementos contribuyan al desarrollo humano ecológicamente sostenible, espacialmente armónico y socialmente justo (Massiris, 2000).

El OT constituye una disciplina relativamente nueva, al respecto, existen diversas concepciones y confusiones acerca de la misma, algunos autores consideran el OT como una herramienta político-administrativa, otros una norma jurídica que regulariza el aprovechamiento del territorio, unos más lo consideran un resultado técnico que sirve para diagnosticar la complejidad de un espacio geográfico. Así, el OT es un proceso en el que todos estos conceptos se articulan y se aplican en busca de alcanzar con el tiempo un verdadero ordenamiento equilibrado del territorio.

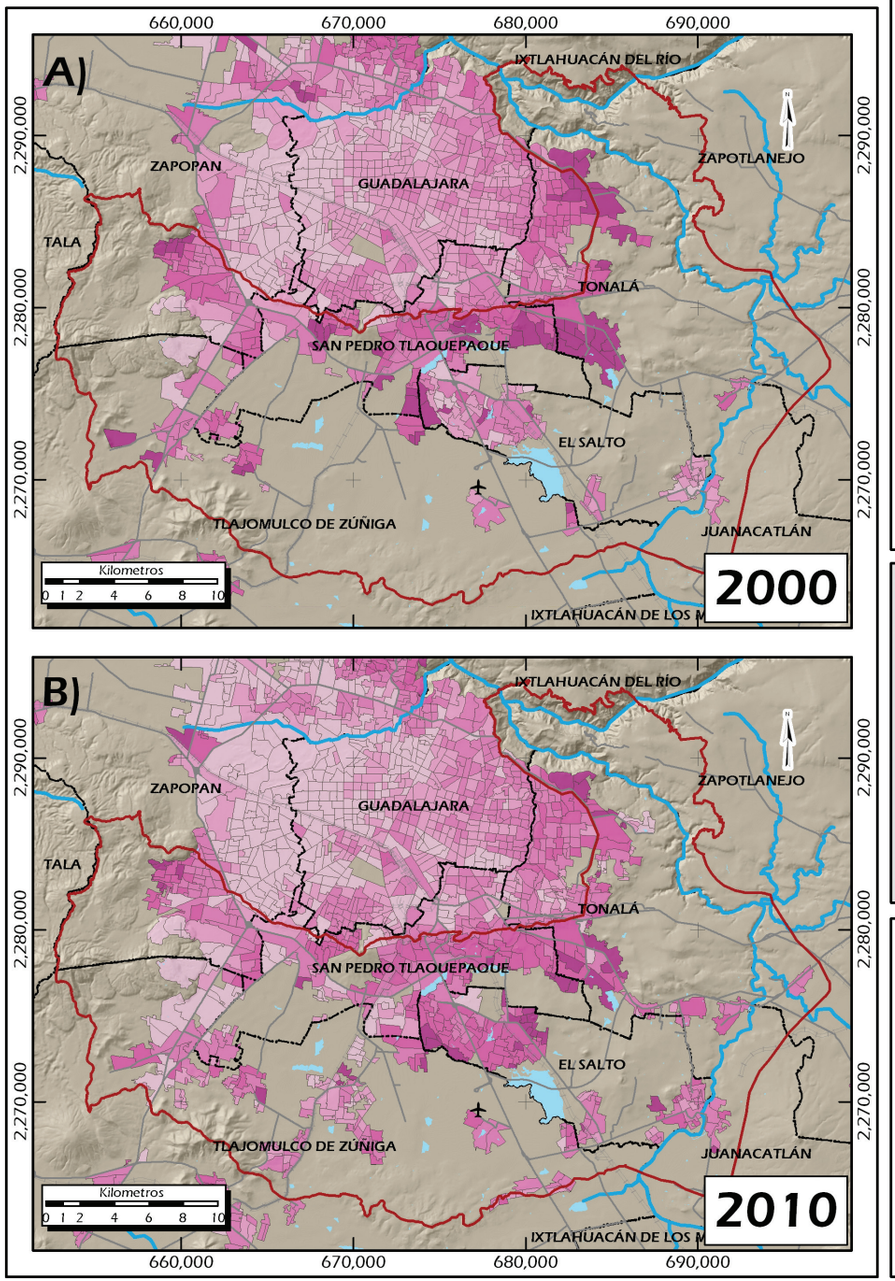
En el caso de México, la noción de ordenamiento territorial se encuentra en dos leyes sectoriales:

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que concibe al Ordenamiento Ecológico como “Instrumento de la política ambiental encaminado a regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la Protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos” (artículo 3 fracción XIII) y:

- La Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH), que ubica al ordenamiento territorial como una política sectorial en el marco del sistema nacional de planeación democrática, entendido como el proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y de las actividades económicas en el territorio nacional; que pretende contribuir a mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural (art. 11; art. 2 fracción XIV y art. 3).

Desde esta perspectiva, el OT es una política integral del Estado que se expresa mediante planes y programas, los cuales constituyen su principal instrumento.

Mapa: 4.4 Índice de Marginación Urbana



Simbología

A y B) Grado de Marginación 2000 y 2010

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy Bajo

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

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

Fuente de los datos:
INEGI, SCINCE 2000 y 2010.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

En el caso de México, el marco legislativo del OT no existe como tal, ya que se sustenta en leyes referidas a los distintos sectores que se pretende aglutinar en el proceso (Ley de Planeación, Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Ley General de Población, Ley General de los Asentamientos Humanos, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Ley de Información Estadística y Geográfica, entre otras).

Ordenamiento Territorial en México

En México se cuenta con dos instrumentos de ordenación territorial: el Ordenamiento Ecológico (OE) coordinado por la SEMARNAT y el Ordenamiento Territorial (OT) bajo la responsabilidad de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), este hecho genera cierta desarmonización y dificultades a la hora de aplicarse, porque aunque se complementan, en la práctica se presenta cierta yuxtaposición e incompatibilidad. Aunado a estos instrumentos, existen otra serie de programas de políticas de índole sectorial con normativas e impactos regional–territoriales diferenciados (agrícolas, industriales, sociales, económicos, culturales, etc.).

En este contexto, desde el año 2000, la SEDESOL y la SEMARNAT, junto con otras dependencias de la Administración Pública Federal como el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el entonces Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), conjugaron esfuerzos y formaron el Grupo Interdisciplinario de Ordenación Territorial (GIOT), el cual tendría a su cargo la formulación de programas estatales de Ordenamiento Territorial, para cada una de las entidades federativas, convirtiéndose en un mecanismo de concertación con los gobiernos de los estados y el Distrito Federal homologando criterios y metodologías.

El GIOT definió al OT como la "Estrategia de desarrollo socioeconómico que, mediante la adecuada articulación funcional y espacial de las políticas sectoriales, busca promover patrones sustentables de ocupación y aprovechamiento del territorio" (SEDESOL y otros, 2000, citado por Massiris, 2002).

Los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) regulados por SEMARNAT y los Programas Estatales de Ordenamiento del Territorio (PEOT), regulados por la SEDESOL, constituyen los dos instrumentos fundamentales del ordenamiento territorial en el país. A partir de la "Agenda de transversalidad SEMARNAT-INE-SEDESOL" en 2005, se conformó un instrumento único de planeación territorial, integrando el OT y el OE. Este esquema se ha materializado a escala municipal, diseñando conjuntamente los Programas Municipales de Ordenamiento Ecológico y Territorial (PMOET) (INE, 2005).

Principios rectores del Ordenamiento Ecológico y Territorial

Los principios rectores o soportes conceptuales y normativos en los que descansa el ordenamiento ecológico y territorial son los siguientes:

Fuente: adaptado de SEDESOL, 2005.

Objetivos del Ordenamiento Territorial

Los objetivos del Ordenamiento Territorial van encaminados a contribuir a mejorar el nivel de vida de la población, mediante:

- La identificación de vocaciones productivas, potencialidades, restricciones y desigualdades de acceso a bienes y servicios.
- La delimitación de zonas aptas, no aptas y condicionadas para localizar asentamientos humanos y actividades productivas.
- La determinación de conflictos territoriales (ordenamiento ecológico).
- La atención de rezagos sociales y el combate a la pobreza.
- La localización óptima de equipamientos sociales e infraestructura productiva.
- La facilitación de la inversión productiva y la certeza jurídica.

• El fortalecimiento de los vínculos entre sector urbano y sector rural.
• La protección de los recursos naturales y la prevención de riesgos por desastres.
• El desarrollo de capacidades de gestión descentralizada del territorio por quienes se encuentran más cerca de él.

Alcances y limitaciones del Ordenamiento Territorial

El ordenamiento territorial varía en sus alcances en función del ámbito espacial de aplicación: nacional, regional, estatal y municipal. Sin embargo, el ámbito local (municipal, rural, urbano, metropolitano) es el nivel adecuado para hacer operativas las estrategias de desarrollo y organización territorial. Este instrumento fomenta la participación social, dado que cualquier cambio del uso del suelo y los elementos estructurales (transporte, equipamiento, infraestructura) afectan la vida cotidiana de las comunidades o localidades (Massiris, 1993; 1997).

Ordenamiento Ecológico Territorial en Jalisco

Actualmente, en el Estado de Jalisco se cuenta con 7 POETs decretados, 2 POETs regionales (POET de Costa Alegre Jalisco y POET Estatal de Jalisco) y 5 POETs Locales (POET de Tomatlán, Tlajomulco de Zúñiga, Cihuatlán, Cabo Corrientes, Zapopan). Además, se encuentran en elaboración otros 4 POETs, 1 regional (POET de la Cuenca de la Laguna de Zapotlán) y 3 POETs locales (POET de Cuautitlán, La Huerta y Puerto Vallarta) (Tabla 4.12).

Tabla 4.12. Ordenamientos Ecológicos-Territoriales en el Estado de Jalisco.

Ordenamientos Ecológico Territoriales en Jalisco				
Nombre	**Año de decreto**	**Modalidad**	**Situación**	**Competencia**
Costa Alegre de Jalisco	1999	Regional	Decretado	Estatal
Estatal de Jalisco	2001	Regional	Decretado	Estatal
Municipal de Tomatlán	2009	Local	Decretado	Municipal
Municipal de Tlajomulco de Zúñiga	2010	Local	Decretado	Municipal
Municipal de Cihuatlán	2011	Local	Decretado	Municipal
Municipal de Cabo Corrientes	2011	Local	Decretado	Municipal
Municipal de Zapopan	2011	Local	Decretado	Municipal
Municipal de Cuautitlán	no especificado	Local	En elaboración	Municipal
Municipal de La Huerta	no especificado	Local	En elaboración	Municipal
Municipal de Puerto Vallarta	no especificado	Local	En elaboración	Municipal
Cuenca de la Laguna de Zapotlán	no especificado	Regional	En elaboración	Estatal

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ordenamiento Ecológico. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_R_ORDECOL00_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

Ordenamiento Ecológico Territorial en el POFA

Con respecto al POFA, actualmente de los 10 municipios que lo integran, solo dos de ellos cuentan con su Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial (Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga), el municipio de El Salto inició en 2010 las dos primeras fases (caracterización y diagnóstico) quedando pendiente su conclusión.

Ante este escenario, es necesaria la elaboración de los POETs de los municipios restantes que integran el POFA, y en su conjunto serán una herramienta indispensable en la reorganización del territorio y ayudarán a tomar las medidas de planeación y restauración más adecuadas.

4.8. Cobertura de servicios públicos

Los servicios públicos son necesarios para que una población tenga acceso a los servicios básicos como son agua, drenaje, electrificación y pavimentación. En el caso de no existir; se tendrían consecuencias sociales, ambientales y de salud para la población.

4.8.1. Agua potable y saneamiento

En la cobertura de agua potable para los municipios del POFA, se observa que a excepción de Ixtlahuacán del Río, todos los municipios superan el 80%. Los municipios de Tonalá y El Salto se ubican entre 85 y 90%, mientras que el resto se encuentran entre 90 y 98%. Los municipios con coberturas más altas son Juanacatlán y Guadalajara.

Las coberturas de alcantarillado más bajas del POFA son las reportadas para Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo y El Salto, las cuales están entre el 62 y el 80%. El resto de los municipios superan el 80%, resaltando Guadalajara con una cobertura superior al 97%.

De los tres rubros, se destaca la cobertura de saneamiento como el más bajo. En este sentido, 7 municipios del POFA (Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Tala, Zapopan, Zapotlanejo, Guadalajara e Ixtlahuacán del Río) tienen coberturas de saneamiento entre el 0 y 6%. Tlajomulco y El Salto oscilan entre el 10 y 15%, y con la cobertura más alta (75%) se encuentra el municipio de Juanacatlán (Figura 4.21) (SINCEJ, 2011).

La CONAGUA en su edición de diciembre 2011 del "Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación", reporta para Jalisco la existencia

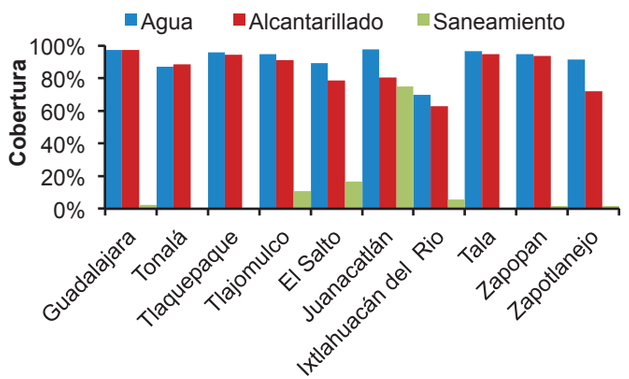


Figura 4.21. *Coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en los municipios del POFA. Fuente: Elaboración con datos del Sistema de información de necesidades y coberturas del estado de Jalisco de la CEA, 2011.*

de 151 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTARMs) con una capacidad instalada de 7016.3 litros por segundo (l/s) y un caudal tratado de 5256.3 l/s.

En el POFA se cuenta con 8 PTARMs, a este inventario nacional, se suma otra del municipio de Zapotlanejo con una capacidad de 73 l/s según el inventario estatal (CEA), operando bajo la modalidad de lodos activados (Tabla 4.13). En total en el POFA se tiene una capacidad de tratamiento en operación de 2410 l/s muy cercana a la capacidad de diseño de 2450 l/s. La cobertura de tratamiento en el POFA es de solo el 11.4%, la cual contrasta con la cobertura media estatal del 26.7% y aún más con la cobertura media nacional del 42%.

Una planta de tratamiento que destaca por su capacidad y el alcance para solucionar parcialmente la problemática del tratamiento de aguas residuales en el POFA y La Zona metropolitana de Guadalajara, es la planta de El Ahogado. De acuerdo a información de la CEA, la planta opera actualmente a su capacidad de diseño (2250 l/s).

Aunque se reconoce que falta completar la infraestructura en materia de colectores de agua residual, pues todavía existen drenajes en el municipio de El Salto que no son canalizados a la PTARM, sino al canal de El Ahogado. Esto provoca que el agua tratada al llegar al canal, se contamine (CEA, 2013).

Tabla 4.13. Plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en el POFA (elaboración propia con datos de CONAGUA).

Municipio	Localidad	Nombre de la planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reuso
Juanacatlán	Juanacatlán	Juanacatlán	Lodos activados	40	25	Río Corona
El Salto	El Salto	El Salto	Lodos activados	32	9.2	Río Corona
El Salto	El Salto	Parque industrial	Lodos activados	5	3.1	Río Corona
Tlajomulco de Zúñiga	Club de Golf Santa Anita	Club de Golf Santa Anita	Lodos activados	10	10	Río Corona
Tlajomulco de Zúñiga	Palomar	Palomar	Lodos activados	8	8	Río Corona
Tlajomulco de Zúñiga	Tlajomulco de Zúñiga	El Ahogado	Lodos activados	2250	1350	
Zapopan	Ciudad Bugambilias	Cd. Bugambilias	Lodos activados	30	30	Áreas verdes
Zapotlanejo	San José de las Flores	San José de las Flores	Lodos activados	2	2	Río La Laja

La planta de tratamiento de El Ahogado contribuirá de manera significativa el tratamiento de las aguas residuales municipales generadas en el POFA, dado que su capacidad de diseño beneficiará a más de 800 mil habitantes, e incluso se considera que podría apoyar en el tratamiento de aguas residuales industriales, con un tratamiento previo (CEA, 2013).
Por otro lado, la planta de tratamiento "Agua Prieta" con una capacidad de diseño de 8500 l/s, contribuirá a sanear las aguas residuales generadas en la parte norte de la Zona Metropolitana de Guadalajara y que se vierten actualmente sin tratamiento al río Santiago.

A pesar de estas dos grandes PTARMs, es necesario completar la construcción de colectores que llegan a las plantas además de considerar el tratamiento de las aguas industriales por parte de las empresas que las generan, con la intención de dar una solución integral a la problemática del tratamiento del agua residual en el POFA.

4.8.2. Electricidad

El número de usuarios de electricidad en los municipios del POFA conforme a la clasificación oficial de cinco categorías según el uso (doméstico, alumbrado público, bombeo de aguas potables y negras, agrícola e industrial y de servicios) y a las tarifas existentes definidas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Anuario Estadístico de Jalisco, 2011). En el 2010 existí an 1,382,383 usuarios de energía eléctrica, un 86% correspondió a usuarios de tipo doméstico y un 12.84% a industrial y de servicios que en conjunto abarcan el 99% (Figura 4.22a).

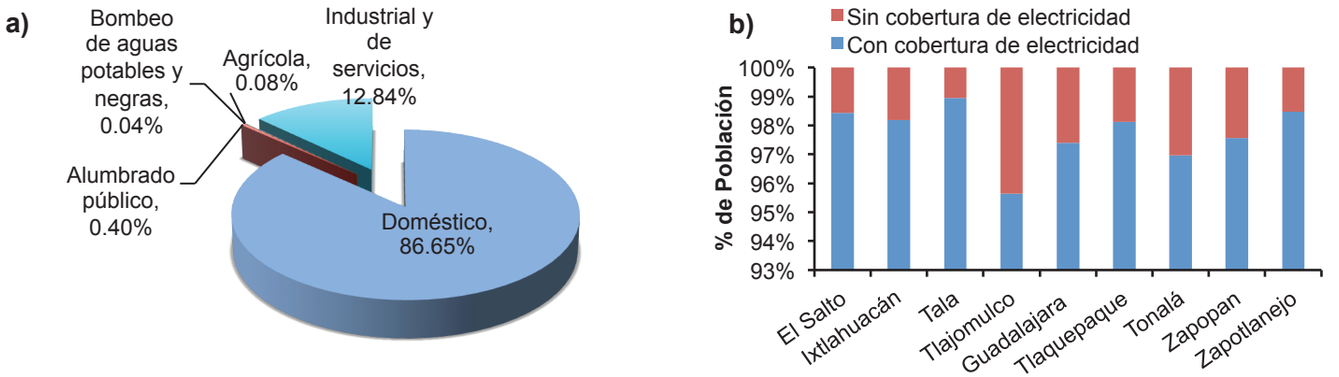


Figura 4.22. a) *Distribución porcentual del tipo de usuarios,* ***b)*** *Porcentuales de la cobertura del servicio eléctrico en los municipios del POFA.*

Las cifras del número de usuarios por municipio se muestran en la Tabla 4.14. La cobertura del servicio de electricidad se refirió a viviendas particulares habitadas, donde el censo de población 2010 del INEGI señala que en todos los municipios la cobertura es casi del 100%. Municipios como Tlajomulco de Zuñiga y Tonalá son los que presentan un rezago mayor en la cobertura del servicio de electricidad, en ambos casos no alcanza el 5% del total de viviendas particulares habitadas (Figura 4.22b).

Tabla 4.14. Número de usuarios de consumo de energia según su uso en el POFA.

Municipio	Total	Doméstico	Alumbrado público	Bombeo de aguas potables y negras	Agrícola	Industrial y de servicios
Tala	23221	20707	139	24	158	2193
El Salto	58857	55435	252	72	34	3064
Guadalajara	567591	466177	1760	74	1	99579
Ixtlahuacán del Río	2755	2460	50	ND	ND	245
Juanacatlán	3852	3512	11	6	5	318
Tlajomulco de Zúñiga	109609	100430	685	118	271	8105
San PedroTlaquepaque	279263	249797	870	65	387	28144
Tonalá	25025	22882	61	5	9	2068
Zapopan	289099	256801	1665	126	121	30386
Zapotlanejo	23111	19568	41	26	66	3410
Total	**1382383**	**1197769**	**5534**	**516**	**1052**	**177512**

Fuente: INEGI y Gobierno del Estado de Jalisco. Anuario Estadístico, 2011.

Para municipios como El Salto, Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque y Zapopan, los usuarios de tipo industrial y de servicios consumieron arriba del 65% de la electricidad total en el 2010 (con un promedio del 75% considerando el total de usuarios en cada uno de los municipios), mientras que los usuarios domésticos son los segundos mayores consumidores.

La Tabla 4.15 incluye las cifras de consumo de electricidad y porcentuales por municipio. La cual da evidencia de que pese a que los municipios del POFA sólo cuentan con el 12.84% de usuarios de tipo industrial y de servicios, éstos pueden llegar a consumir el 75% de la electricidad abastecida por la CFE para esta área.

La infraestructura local con la que cuenta la CFE para abastecer de energía eléctrica a los municipios de la ZMG, al 2010 existían un total de 5 hidroeléctricas (INEGI, 2011), que en conjunto cuentan con once unidades de generación para producir 370 Megawatts (el ProAIRE 2011-2020), aunque la cantidad de energía que es generada se cuantifica con precisión, gracias al funcionamiento de hidroeléctricas como la de Puente Grande y Colimilla se encuentran en operación. Se cuenta con 18 subestaciones de transmisión y 31 de distribución (INEGI, 2011).

Menos del 3% de la electricidad se genera de forma local, el resto (97%) proviene de otros estados, dicha cifra está muy por debajo de las necesidades del estado (ProAire 2011-2020). Jalisco es uno de los estados con número mayor de usuarios de energía eléctrica y el segundo mayor consumidor de este recurso a nivel nacional, para satisfacer su demanda recibe energía de plantas ubicadas en Manzanillo, Lázaro Cárdenas, San Luis Potosí y el Sureste de la República.

Además de la falta de agua, motor del movimiento para la generación de electricidad en las hidroeléctricas del estado, existe una cultura ciudadana en Jalisco que no propicia el ahorro de energía, tanto de usuarios domésticos como de aquellos que conforman el sector industrial y de servicios y que son los principales consumidores de la electricidad (Loera, 2002).

4.8.3. Educación

La información desagregada a nivel de municipio es limitada, el Anuario Estadístico de Jalisco 2011 y el Sexto Informe de Labores 2011-2012 de la Secretaría de Educación Pública, abordan algunos aspectos sobre la educación básica en el POFA y que son resultado de las cifras de cobertura de la educación en el estado. Al 2010 se tenía un registro de 3,186,625 personas mayores de 15 años y un 96.7% corresponde a personas que saben leer (Figura 4.23a).

Tabla 4.15. Consumo de energía en Megawatts-hora y contribución porcentual en 2010 en los municipios del POFA.

Municipio	Total	Doméstico	%	Alumbrado público	%	Bombeo de aguas potables y negras	%	Agrícola	%	Industrial y de servicios	%	Suma porcentual
Tala	62954.363	23531.177	37.4	2420.539	3.8	1897.711	3.0	11404.603	18.1	23700.333	37.6	100
El Salto	846070.857	57933.893	6.8	4882.829	0.6	12067.185	1.4	750.946	0.1	770436.004	91.1	100
Guadalajara	3047981.4	684634.217	22.5	40992.295	1.3	5765.141	0.2	1.554	0.0	2316588.19	76.0	100
Ixtlahuacán del Río	2526.62	2015.655	79.8	90	3.6	ND	ND	ND	ND	420.965	16.7	100
Juanacatlán	7130.273	3909.988	54.8	683.54	9.6	975.564	13.7	73.631	1.0	1487.55	20.9	100
Tlajomulco de Zúñiga	559181.608	115593.563	20.7	18171.092	3.2	14590.877	2.6	6400.179	1.1	404425.897	72.3	100
San PedroTlaquepaque	1146457.98	315085.361	27.5	26518.192	2.3	11294.983	1.0	5188.181	0.5	788371.264	68.8	100
Tonalá	47283.997	23362.084	49.4	1945.108	4.1	1311.211	2.8	119.705	0.3	20545.889	43.5	100
Zapopan	1597826.75	359028.678	22.5	41659.769	2.6	21507.147	1.3	2768.596	0.2	1172862.56	73.4	100
Zapotlanejo	68865.415	22475.533	32.6	2472.759	3.6	1179.979	1.7	630.928	0.9	42106.216	61.1	100
Total	7386279.26	1607570.15		139836.123		70589.798		27338.323		5540944.86		
Porcentual			21.8		1.9		1.0		0.4		75.0	100

Fuente: INEGI y Gobierno del Estado de Jalisco. Anuario Estadístico, 2011.

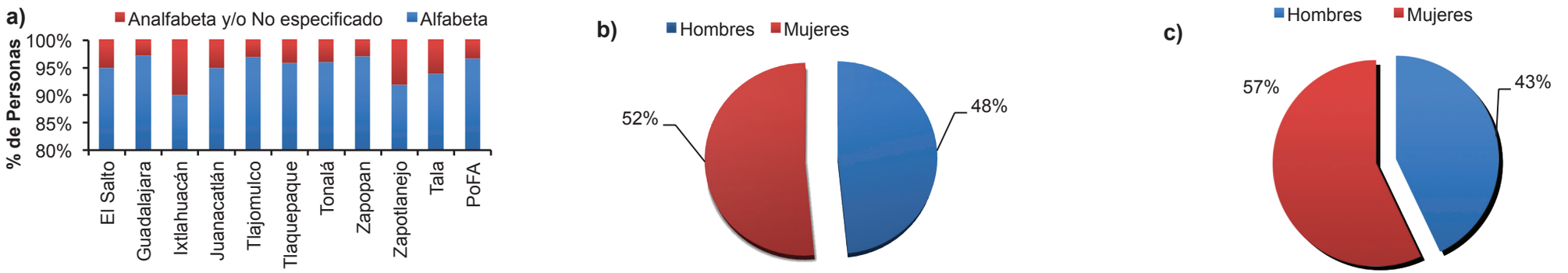


Figura 4.23. a) *Proporción por municipio de la población mayor de 15 años catalogada como alfabeta y analfabeta;* ***b)*** *Proporción de la población mayor a 15 años y alfabeta, según su género; c) Proporción de la población mayor a 15 años y analfabeta, según su género.*

Ixtlahuacán del Río y Zapotlanejo son los sitios con proporción mayor de gente analfabeta. Estos resultados se relacionan con el género de la población, de esta manera tanto en el caso de la población alfabeta (Figura 4.23b) como de la analfabeta (Figura 4.23c), las mujeres integran el porcentaje mayor de la población con esta característica.

Otro grupo de la población en el POFA, es aquel con edades entre 6 y 14 años, el cual alcanzó una población de 783,750 individuos y el 88.4% de ellos sabe leer. La Figura 4.24a muestra la proporción de la población que sabe leer por municipio y aquellos que no saben leer, oscilando estos últimos en general entre el 10%.

Por otra parte, a partir de estos resultados se puede determinar la proporción de género que integran cada uno de los grupos antes mencionados, las figuras 4.24b y c muestran estas cifras; en esta ocasión los hombres dentro del grupo que no sabe leer son los más numerosos.

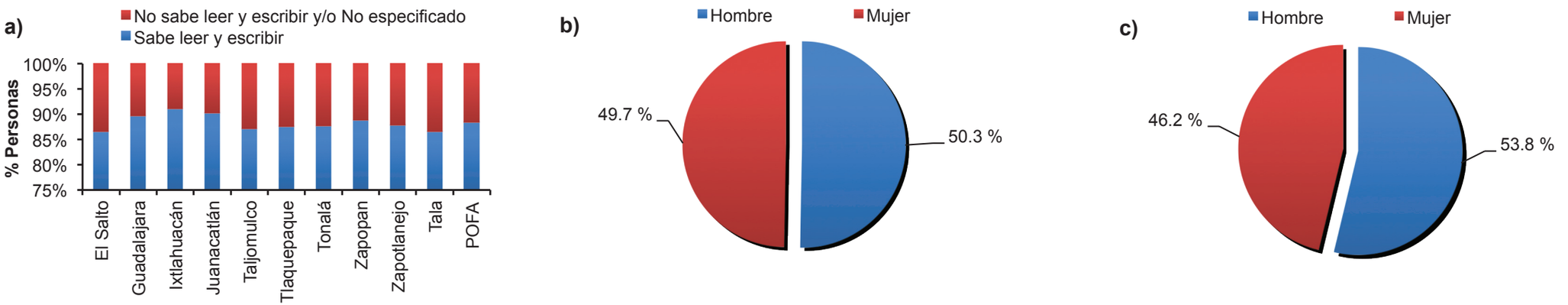


Figura 4.24. a) *Proporción por municipio de la población de 6 a 14 años en los grupos "sabe leer" y "no sabe leer";* ***b)*** *Proporción de la población de 6 a 14 años que sabe leer, según su género;* ***c)*** *Proporción de la población de 6 a 14 años que no sabe leer, según su género.*

Por otro lado, la educación en los niveles básico y superior, se fortaleció con un aumento de infraestructura al pasar de 3,716 escuelas en 2000 a 5,210 en el 2010, una ampliación del 40% en una década.

Los municipios del POFA con mayor número de escuelas son San Pedro Tlaquepaque, Zapopan y Guadalajara, con 563, 1,429 y 1,913 escuelas de educación básica y superior, respectivamente, mientras que con menor número están Juanacatlán y Tala con 31 y 94 respectivamente. Sin embargo, la mayoría de los municipios del POFA tiene una cobertura similar de escuelas cercana a las diez escuelas por cada 10 mil habitantes, incluyendo los de mayor y menor número, con excepción de Juanacatlán y Zapotlanejo que tienen una cobertura del doble, 20-30 escuelas por cada 10 mil habitantes y de forma sobresaliente Ixtlahuacán del Río con una cobertura de más de 50 escuelas por 10 mil habitantes (INEGI, 2010) (Figura 4.25).

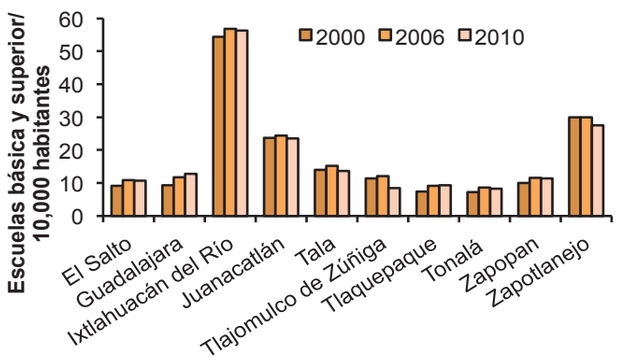


Figura 4.25. *Cobertura de infraestructura en educación básica y superior en los municipios del POFA. Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda 2000-2010.*

Sin embargo, poco más del 30% de la población de los diez municipios del POFA de 16 a 24 años no asiste a la escuela, destacando Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río, con 40% de inasistencia, lo que se refleja directamente en el grado más bajo de escolaridad de entre los diez municipios, con promedio de grado de 6.5 mientras que el resto está por arriba del 8° grado (segundo de secundaria).

Así mismo, ambos municipios tienen la tasa más alta de analfabetismo (7.5 en personas de 15 años y más) de los municipios del POFA, mientras que el resto tiene tasas cercanas a 4.5. Resalta de manera preocupante que más del 57% de analfabetas de 15 años y más en esta zona sean mujeres.

4.8.4. Salud

La situación de los aspectos de salud en la población actual del POFA, incluye la pérdida y afectación a la biodiversidad, afectación a la salud humana, el desequilibrio demográfico, económico y ambiental, limitada cobertura en inspección y vigilancia, desarticulación entre sectores y baja cultura ecológica.

Los puntos rojos detectados con mayor afectación son las zonas de La presa de Las Pintas, La Presa El Ahogado, el Fraccionamiento La Azucena y Las cabeceras municipales de El Salto y Juanacatlán.

Los principales problemas detectados son la irresponsabilidad social ambiental, el mal confinamiento de los lixiviados, el manejo inadecuado de los residuos municipales y los incendios en vertederos, entre otros.

Los problemas se agravan por los asentamientos irregulares y zonas de alto riesgo, mayormente a lo largo del canal de El Ahogado, la presencia de ladrilleras a lo largo del mismo y la actividad industrial de algunas empresas que de forma irresponsable arrojan sus residuos al efluente del Río Santiago.

El impacto del deterioro del ambiente urbano, exacerba los problemas de salud por la carencia de infraestructura en la vivienda y de acceso a los sistemas de salud y educación. El hacinamiento es uno de los factores ambientales urbanos que impactan negativamente en la salud pública.

En los municipios del POFA no se tiene conocimiento de la superficie de vivienda (m^2) por ocupante para conocer el índice de espacio vital, sin embargo, se cuenta con otro indicador útil para conocer parte del ambiente urbano social. Este indicador es el número de ocupantes por vivienda.

El Censo General de Población y Vivienda 2010 registró la existencia de 1.1 millones de viviendas habitadas en los diez municipios del POFA, superando en más de 274 mil a las existentes 10 años atrás (INEGI, 2010). Este incremento ha contribuido a una disminución en el promedio de ocupantes por vivienda de 4.9 a menos de 4.0 en la mayoría de los municipios del 2000 al 2010, con excepción de Juanacatlán, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Zapotlanejo, que tienen en promedio 4.2 (Figura 4.26).

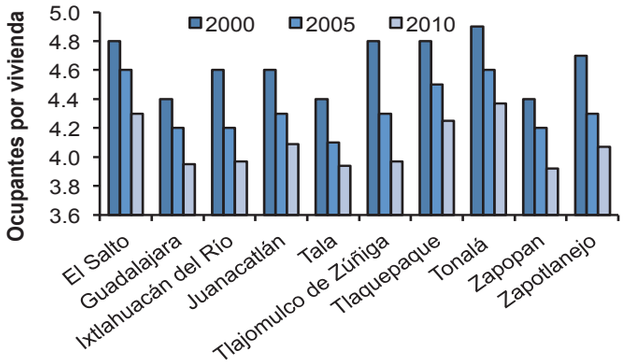


Figura 4.26. *Número de ocupantes por vivienda en los municipios del POFA. Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda 2000-2010.*

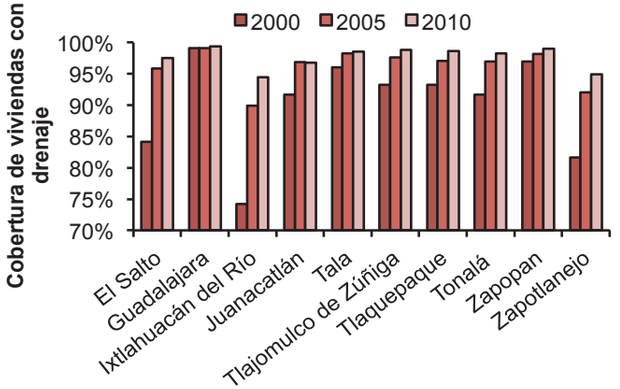


Figura 4.27. *Cobertura de drenaje por vivienda en los municipios del POFA. Fuente: INEGI, Censos de población y vivienda 2000-2010.*

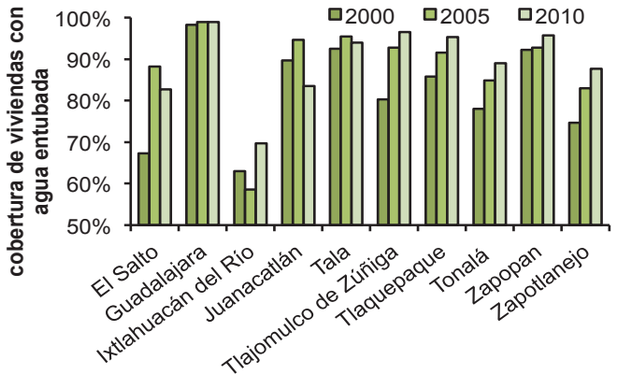


Figura 4.28. *Cobertura de agua entubada por vivienda en los municipios del POFA. Fuente: INEGI, Censos de población y vivienda 2000-2010.*

En los últimos diez años los servicios básicos en los municipios del POFA han ampliado su cobertura. En el 2000, el 96.3% de las viviendas particulares habitadas disponían de drenaje, 91.7% tenían acceso a agua entubada y 95% tenian con piso diferente de tierra.

En 2010 el 98.9%, 95.5% y 97%, respectivamente, cuentan ahora con estos servicios (Figura 4.27, 4.28 y 4.29). Resultan notorios los avances logrados en esos rubros; no obstante aún persisten rezagos importantes, por ejemplo: el 17% de las viviendas de El Salto y Juanacatlán y el 30% de las de Ixtlahuacán del Río no tienen agua entubada (INEGI, 2010; CONAPO, 2009).

La atención a la salud es uno de los temas más observados como indicadores de prevención en el tema salud pública. La infraestructura instalada, su cobertura y la de sus profesionales, son aspectos que caracterizan el nivel de desarrollo en esta área para una región. Los municipios del POFA en la década de 2000 al 2010 han tenido un escaso incremento en la cobertura de la población por alguno de los diferentes servicios de salud (IMSS, ISSSTE, y Seguro Popular).

En el año 2000 la cobertura apenas rebasaba a la mitad de la población (53%), mientras que en el último censo del INEGI 2010, se registró una cobertura del 63% para los habitantes de los diez municipios del POFA (INEGI, 2010).

En el Tabla 4.16 se estima el inventario de unidades

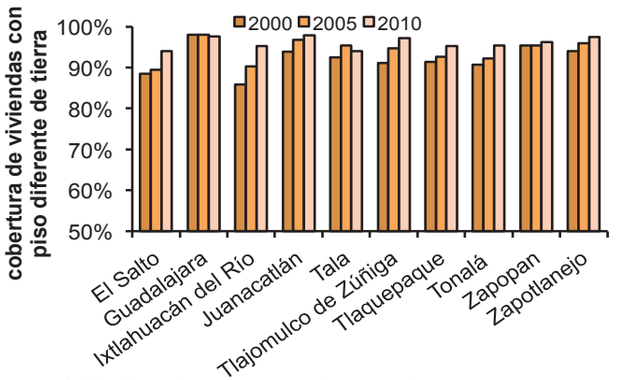


Figura 4.29. *Cobertura de piso firme de tierra por vivienda en los municipios del POFA.Fuente: INEGI, Censos de población y vivienda 2000-2010.*

médicas y centros de atención a la salud por los distintos servicios federales y estatales en el área del POFA. Las grandes urbes, Guadalajara y Zapopan, sobresalen en número, pero en cuanto a cobertura están dentro de las tasa más bajas con 5.8 y 6.5 unidades por cada 100 mil habitantes, respectivamente.

En este mismo nivel de cobertura se encuentran los municipios de El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Tala, mientras que los municipios de Juanacatlán y Zapotlanejo tienen una cobertura por habitante mayor de 50 unidades por cada 100 mil y es el caso de Ixtlahuacán del Río, que sobresale extraordinariamente con una cobertura poco mayor a 150 unidades por cada 100 mil habitantes. Es evidente el trabajo que hace falta para aumentar la cobertura de servicios de salud en esta población; sobresalen los municipios de El Salto y Tonalá con 47% y 58% de cobertura en 2010, respectivamente (Figura 4.30).

Tabla 4.16. Unidades médicas y centros de atención a la salud en los municipios del POFA.

Unidades médicas y centros de atención a la salud de la Secretaría de Salud Jalisco, IMSS, ISSTE, Seguro Popular, Servicios Municipales, Cruz roja y Cruz Verde en 2011

Municipios	Total	c/100,000 hab.
El Salto	9	6.5
Guadalajara	86	5.8
Ixtlahuacán del Río	29	152.6
Juanacatlán	7	53.0
Tala	7	10.1
Tlajomulco de Zúñiga	28	6.7
Tlaquepaque	28	4.6
Tonalá	29	6.1
Zapopan	81	6.5
Zapotlanejo	31	48.7

Fuente: Secretaría de Salud Jalisco. Resumen del Directorio de Unidades de Atención del Sector Salud Jalisco, 2011.

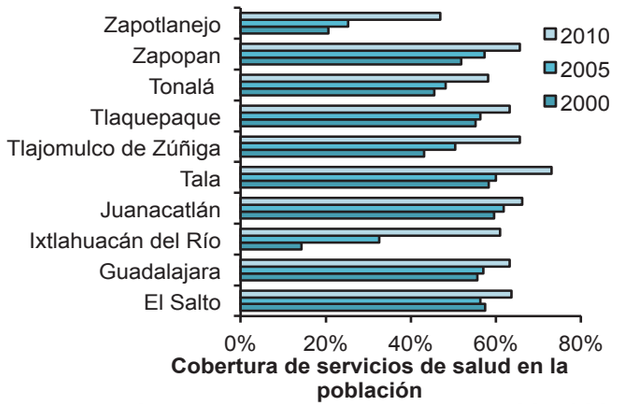


Figura 4.30. *Cobertura de servicios de salud (IMSS, ISSSTE, Seguro Popular) en la población de los municipios del POFA, 2000-2010. Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda 2000-2010.*

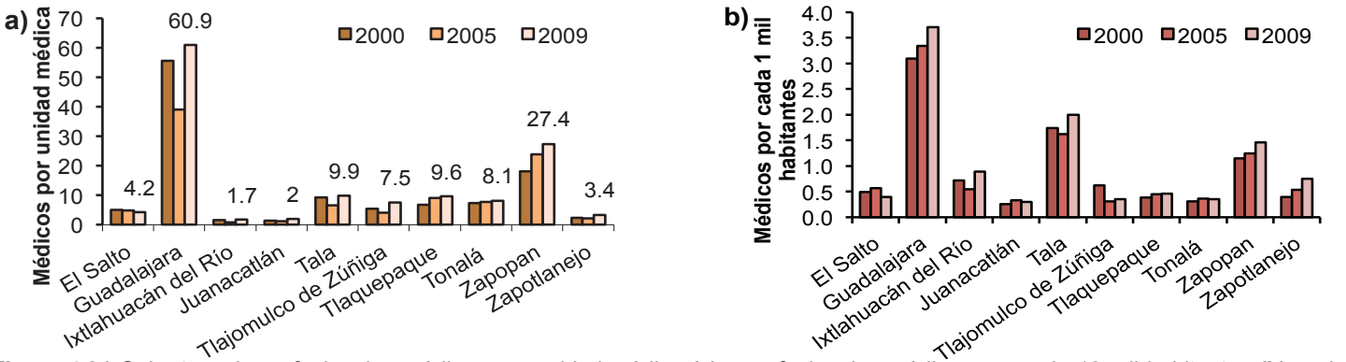


Figura 4.31 *Cobertura de profesionales médicos por unidad médica* ***(a)*** *y profesionales médicos por cada 10 mil habitantes* ***(b)*** *en los municipios del POFA. Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda 2000-2010.*

La cobertura de servicios de salud a la población también debe medirse en calidad de la atención médica. La atención médica ofrecida por los profesionales de salud está relacionada con el número de personas que atienden, que a su vez depende del número de médicos disponibles para la población. En este sentido el número de médicos por unidad médica tampoco ha incrementado mucho en la última década. En el 2000 había un promedio de 11.3 médicos por unidad médica, cifra que permaneció casi sin cambio alguno, ya que en 2009 se estimaron 13.5 médicos por unidad médica en promedio para los diez municipios del POFA (INEGI, 2010).

No obstante, el 40% de los municipios (Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, Zapotlanejo y El Salto), tienen menos de 5 médicos por unidad médica, otro 40% (Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Tlaquepaque y Tala) tienen poco menos de 10 médicos por unidad médica y solamente los municipios de Zapopan y Guadalajara, las dos grandes urbanidades del POFA, superan notoriamente el promedio con 27.4 y 60.9 médicos por unidad médica, respectivamente (Figura 4.31a).

Mientras que la cobertura por habitante sigue un patrón distinto, donde el 50% de los municipios del POFA (Juanacatlán, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto y Tlaquepaque) tienen de 0.3 a 0.55 médicos por cada 1 mil habitantes; los municipios de Zapotlanejo, Ixtlahuacán del Río y Zapopan tienen de 0.7 a 1.5 médicos por cada 1 mil habitantes y Tala y Guadalajara, sobresalen con 2.0 y 3.7 médicos por 1 mil habitantes (Figura 4.31b) (INEGI, 2010).

4.8.5. Manejo de Residuos Sólidos (RS)

El manejo de residuos sólidos en nuestro país se ha caracterizado por la falta de planeación y carencia de infraestructura (PND, 2007-2012). El incremento constante en los volúmenes de residuos, en los núcleos urbanos sigue siendo un problema prioritario para la mayoría de los estados del país ya que de acuerdo a la legislación ambiental vigente, en ellos recae la responsabilidad de aplicar las disposiciones para la regulación y control que están contempladas en: la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección

al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos(LGPGIR), la Ley General de Salud, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las Normas Técnicas (NMX), además de las Leyes Estatales y sus Reglamentos, que actualmente constituyen el marco jurídico en la materia.

El estado de Jalisco no es ajeno a esta problemática, ya que alberga a la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), la segunda más poblada del país después de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), y concentra una población de 4,364,069 habitantes (INEGI, 2010), indicador que asociado al desarrollo de actividades económicas, lo convierte en uno de los principales generadores de residuos.

Los residuos y su clasificación

Los residuos poseen diferentes características físico-químicas por las que pueden ser diferenciados a partir de su origen, composición y estado físico, lo que además define las condiciones para su clasificación, manejo, transporte y disposición final.

Para clasificarlos, se recurre a una tipificación establecida en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) emitida en el 2003, que los caracteriza como, Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (Art. 5, Frac. XXIX, LGPGIR).

Desde esta perspectiva, este mismo ordenamiento establece una clasificación general para los residuos basada en cuatro criterios principales: por la fuente que los genera, por sus propiedades o características inherentes, por los efectos que pueden causar a la salud o al ambiente, o por los materiales que los constituyen (Figura 4.32).

El manejo de los residuos en el estado de Jalisco se da a través de diferentes esquemas, en la mayoría de los municipios, el servicio es prestado por el propio ayuntamiento, y en otros se tiene contratado el servicio con empresas particulares mediante un contrato de concesión y también se tiene el manejo a través de Organismos Públicos Descentralizados (OPD), denominados, Sistema Intermunicipal para el Manejo de los Residuos (SIMAR).

Los residuos generados en varios municipios son manejados de manera integral cubriendo todas las fases de la gestión a través del sistema Recolección-transferencia-Sitio de disposición final. A la fecha se

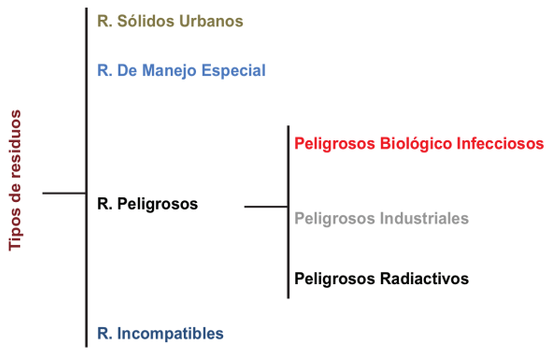


Figura 4.32. *Clasificación de los Residuos en México. Fuente: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2003.*

han constituido 6 de estos organismos y 7 más están en proceso de conformación (Figura 4.33). Este sistema pretende hacer eficiente la prestación del servicio, tener una mayor cobertura, reducir el número de vertederos municipales y evitar la proliferación de vertederos clandestinos y tiraderos a cielo abierto.

En el caso particular del POFA, algunos de los municipios cuentan con sitios de disposición final operados por ellos mismos, como son: Ixtlahuacán del Río, Tala y Zapopan, mientras que El Salto, Juanacatlán y San Pedro Tlaquepaque, prestan el servicio de recolección con unidades propias y al carecer de sitios de disposición final en su jurisdicción, utilizan el relleno sanitario conocido como Los Laureles, operado por la empresa CAABSA Eagle.

La empresa CAABSA Eagle, tiene concesionado el servicio que incluye la recolección, transporte, tratamiento y disposición final en los municipios de Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá, cuyos residuos son depositados en el relleno sanitario conocido como Los Laureles, ubicado en el límite del municipio de Tonalá con El Salto.

Para ello se utilizan dos estaciones de transferencia, una localizada en el antiguo vertedero de Coyula, también conocido como Matatlán y otra dentro de la ciudad en el cruce de la calle 18 de Marzo y Gobernador Curiel. En estas instalaciones los camiones recolectores concentran los residuos para transportarlos en góndolas de mayor capacidad para ser trasladados al vertedero Los Laureles y reducir los costos de traslado.

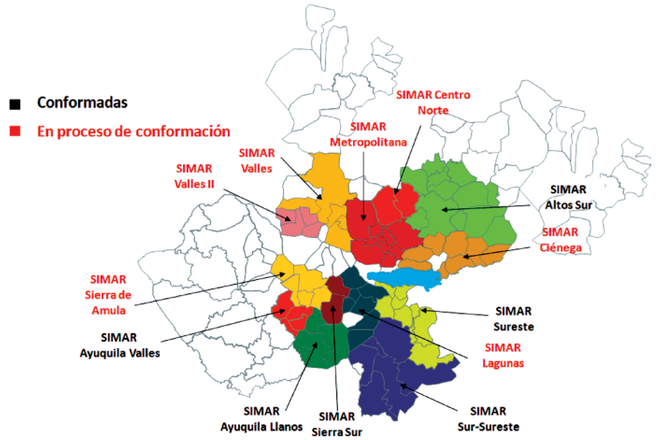


Figura 4.33. *Conformación de Organismos Públicos Descentralizados (OPD) Denominados: Sistema Intermunicipal para el Manejo de los Residuos (SIMAR). Fuente: SEMADES. Dirección General de Planeación y Vinculación Ambiental 2011.*

El Municipio de Zapotlanejo tiene concesionado el servicio con la empresa ENERWASTE, que opera rellenos sanitarios dentro del mismo municipio, al norte de la cabecera municipal, cerca al límite del POFA.

Las empresas recolectoras que tienen contratado el servicio a empresas particulares depositan los residuos en diferentes rellenos sanitarios operados por distintas empresas, entre ellas Hasar's (en Zapopan) y GEN (en Ixtlahuacán de los Membrillos), ambos operan un relleno sanitario de su propiedad para la disposición final (Figura 4.34).

Considerando la clasificación de los residuos establecida por la LGPGIR, con el propósito de elaborar los inventarios correspondientes, y orientar la toma de decisiones basada en criterios de riesgo y en el manejo de los mismos, de conformidad con el artículo 15 de dicho ordenamiento, se agruparon los residuos de manera general en tres categorías: peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial.

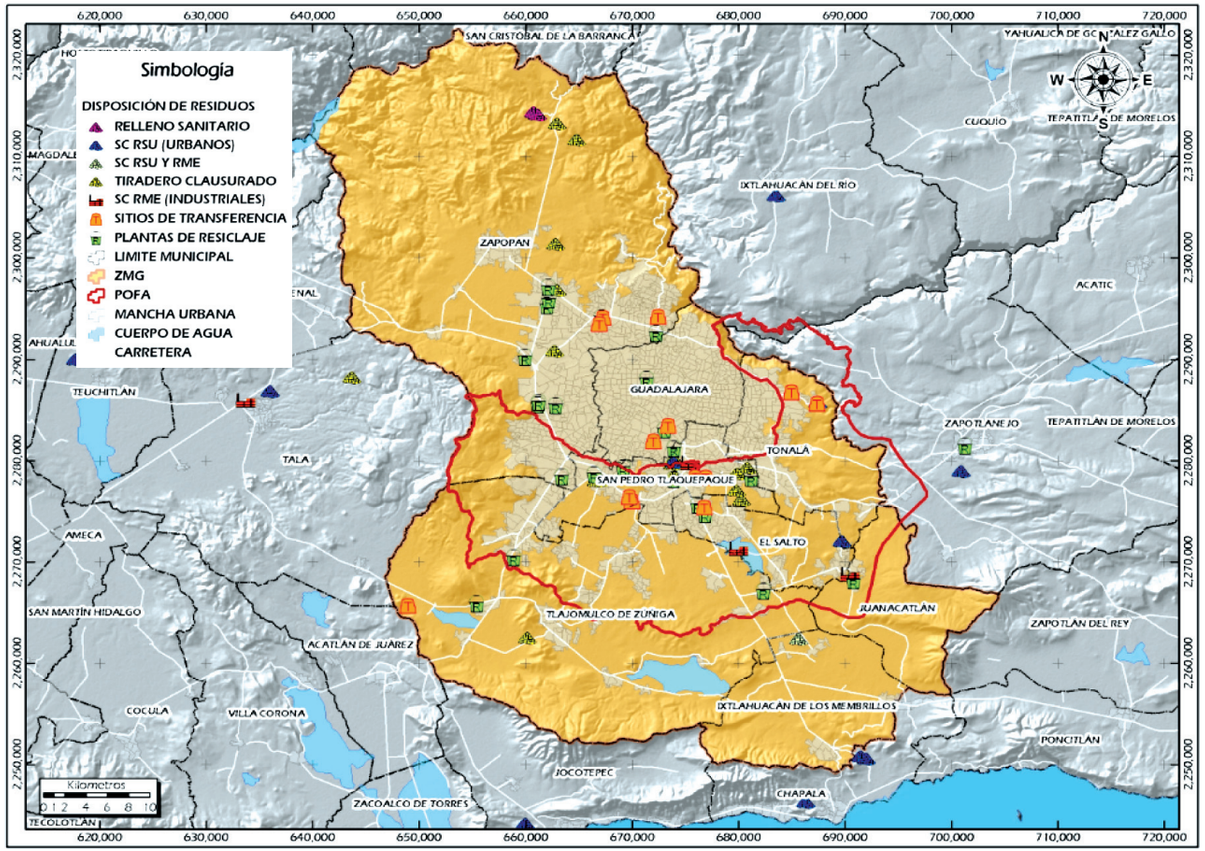


Figura 4.34. *Localización de la infraestructura disponible para el transporte y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la región central del estado incluyendo el POFA. Fuente: SEMADES. Dirección General de Planeación y Vinculación Ambiental 2011.*

Por los volúmenes de generación, los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y los Residuos Peligrosos (RP), son los que mayores impactos ambientales, daños a la salud y ecosistemas causan, además de que los costos económicos que implica su manejo, han rebasado las capacidades de gestión de las instituciones encargadas.

La infraestructura con que se cuenta para llevar a cabo las acciones de recolección, transporte y disposición final son flotillas de camiones compactadores con capacidad variable que diariamente recorren rutas establecidas. Además, las estaciones de transferencia y los sitios de disposición final cuyas instalaciones deben de cumplir con las condiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (Tabla 4.17).

Tabla 4.17. Infraestructura disponible para el transporte y disposición final de RSU[1] en los municipios que integran el POFA.

Municipio	Producción de RSU ton/día	Unidades de Transporte (Vehículos)	Estación de Transferencia	Sitio de Disposición Final
Guadalajara*	2 006.54	345	Coyula (Matatlán) 18 de Marzo	Los Laureles, operado por la empresa CAABSA
Ixtlahuacán del Río**	18.34	2	No	Vertedero municipal
Juanacatlán	12.76	2	No	Los Laureles
El Salto	133.39	56	No	Los Laureles
Tala	66.61	8	No	Vertedero municipal
Tlajomulco de Zúñiga*	402.04	55	No	Los Laureles
San Pedro Tlaquepaque	586.83	107	Periférico Sur	Relleno Sanitario Operado por la empresa Hasar's
Tonalá	462.89	72	No	Los Laureles
Zapopan**	1 200.22	131	Los Belenes	Picachos
Zapotlanejo*	61.41	5	No	Relleno Sanitario operado por la empresa Enerwaste

** Tiene servicio concesionado ** Cuenta con servicio de recolección y sitio de disposición propio*
[1] RSU-Residuos Sólidos Urbanos. Fuente: SEMADES. Dirección General de Planeación y Vinculación Ambiental. 2011.

4.9. Participación ciudadana y organizaciones de la sociedad civil en los conflictos del POFA

A partir de la década de 1960 comenzaron a hacerse visibles alrededor del mundo diferentes problemas relacionados con el ambiente. Conforme los problemas se hicieron más severos y evidentes, surgió también una nueva propuesta basada en las virtudes de la antropología ecológica, la ecología cultural, el estudio de las relaciones de poder y las ciencias del ambiente. Se trata de la ecología política, área de estudio cuyo principal objetivo era y sigue siendo el análisis de los conflictos ambientales vistos y abordados desde una perspectiva global, para así poder emprender acciones locales para su resolución (Durand-Smith, 2011).

Los conflictos ambientales son también llamados conflictos ecológico-distributivos y son los desacuerdos que surgen en las sociedades contemporáneas por la percepción de una distribución inequitativa de activos y pasivos ambientales entre los miembros de las mismas (Martínez-Alier, 2005).
El estudio y propuesta de alternativas para resolver los conflictos, no corresponden exclusivamente al área académica o científica, sino que políticos y ciudadanos también se ven implicados en su dinámica.

Esto se debe a que la ciencia y la tecnología no tienen discernimiento automático entre lo que es apropiado o no para situaciones específicas, sino que deben formar parte de discusiones en las que expresen y justifiquen sus conclusiones y propuestas ante un escrutinio público (Giddens, 1998). Por ello, las iniciativas ciudadanas de participación en temas con implicaciones sociales y ambientales son cada vez más frecuentes en los procesos de toma de decisiones, desarrollo y aplicación de políticas ambientales (Del Moral y Pedregal, 2002). Las primeras personas en movilizarse con frecuencia son aquellas que padecen los prejuicios directos del deterioro ambiental (Martínez-Alier, 2005).

Algunos de los factores cuyas interacciones tienen la capacidad de generar conflictividad son las políticas, planes, programas y proyectos públicos; la dinámica económica de una región y las actividades productivas de incidencia local, regional, nacional o incluso internacional; eventos naturales; gestión de residuos urbanos, especiales y peligrosos; gestión del agua y del aire; usos del suelo; migración; educación; entre muchos más. Las zonas de transición peri-urbanas son especialmente susceptibles al surgimiento de disputas ambientales (Allen, 2003). En estas regiones conviven actividades de diferentes sectores y usos de suelo muy diversos.

Taller de diálogo con las ONGs

Una gran extensión del territorio del POFA puede ser descrito con esa abstracción, ya que en él existen usos de suelo muy diversos, desde agropecuario y cuerpos de agua lóticos y lénticos con sus respectivas zonas federales, hasta residencial e industrial.

El estudio de la dinámica en el área del POFA requiere de especial atención y la participaciónde los actores sociales involucrados, en especial de las asociaciones de la sociedad civil y otras formas de participación ciudadana que han surgido a partir de los conflictos ambientales y el contexto local. Su participación es fundamental para la adecuada negociación y la búsqueda de soluciones para la problemática.

Las principales organizaciones de la sociedad civil en el POFA, como el Grupo Vida, Un Salto de Vida y el Grupo Roble, han sido formadas por habitantes de Juanacatlán y El Salto, así como de la región, que comparten preocupaciones por la salud del ecosistema y sus consecuencias para el bienestar humano.

A partir del año 2006 comenzaron a mostrar a la luz pública la degradación ambiental en la región, y a través de los años y diversas iniciativas han posicionado el tema como prioritario en el estado de Jalisco. La Fundación Lerma-Chápala-Santiago, el Instituto de Derecho Ambiental (IDEA) y el Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (IMDEC), se han sumado en apoyo a las organizaciones locales.

En 2007, derivado de inconformidades de organizaciones sociales, la Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco (CEDHJ) emitió una queja por el estado de contaminación del Río Santiago y solicitó a las autoridades de salud la realización de estudios epidemiológicos.

En 2009 la CEDHJ emitió una recomendación al gobernador del estado, a los directores del SIAPA y la entonces CEAS y a los presidentes municipales de 14 municipios que vierten sus afluentes al Río Santiago para que contribuyeran a mejorar la situación desde sus respectivos ámbitos de competencia.

A la fecha, estas organizaciones han llevado a cabo diversas asambleas, en 2007 en El Salto, se realizó la II Asamblea Nacional de Afectados Ambientales, reunión en la que representantes de poblaciones que viven conflictos ecológico-distributivos similares expusieron en común sus casos. Otras organizaciones civiles que se han sumado a esta problemática son la Asamblea Regional de Afectados Ambientales en Jalisco, que ha organizado eventos similares, cuatro en el municipio de Zapopan, dos en el municipio de Guadalajara, una en Cañadas de Obregón, una en Ixtlahuacán del Río y una en San Cristóbal de la Barranca.

5. Actividades productivas

5. Actividades productivas

Las metrópolis y la industria crecen aceleradamente requiriendo cada vez de más servicios e infraestructura, multiplicando los efectos degradativos y comprometiendo la sustentabilidad de los recursos. El acelerado crecimiento demográfico e industrial de los asentamientos en la zona Metropolitana de Guadalajara genera demandas de todos los recursos del ambiente. En este sentido, el presente apartado brinda información desde una perspectiva analógica de la situación económica actual de los municipios que integran el POFA.

5.1. Dinámica económica

El estado de Jalisco presenta una vocación económica sustentada principalmente en las actividades orientadas al comercio y servicios, de igual forma se realiza actividad industrial de manufactura, quedando rezagadas las actividades de producción agrícola, piscícola y pecuaria. Esto representa que el 66% de las actividades sean terciarias, el 27% secundarias y el 7% primarias (Figura 5.1).

El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), basado en el censo económico del 2009, reportó 412 unidades económicas con más de 50 empleados localizadas en el POFA concentradas principalmente en los municipios de Tlajomulco de Zuñiga, San Pedro Tlaquepaque y El Salto.

Destacó la industría manufacturera con 180 unidades (industrias), el comercio al por mayor con 42 unidades, industria de la construcción con 12 unidades y diversas industrias de servicios como son de alojamineto, transporte, financieros y seguros, recreación, manejo de residuos y de remediación, entre otras (INEGI, 2011) (Mapa 5.1).

5.2. Sistemas de producción agropecuaria

Los sistemas de producción agropecuaria se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios (Jouve, 1988). Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, infraestructura y programas, lo que facilita su evaluación ante la posibilidad de inversiones y políticas concernientes con la población rural (Dixonet al., 2001).

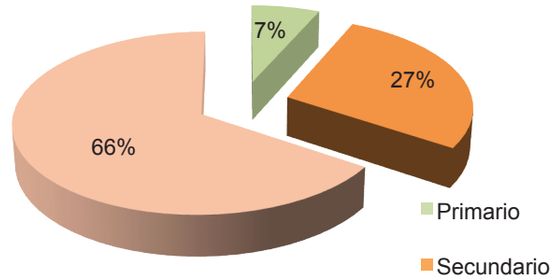


Figura 5.1. *PIB, Jalisco por sector de actividad. INEGI, 2010.*

5.2.1. Actividad agrícola

De acuerdo al Censo Agrícola y Ejidal de 2007 de INEGI, se reportan 8,897 unidades de producción agrícola en los municipios que conforman el POFA. Para el año 2011, en el POFA la superficie agrícola total ocupó 93,383 ha (87% de temporal y 13% de riego), esto representa 10.6% menos que en 2007, lo que refleja el cambio de uso de suelo agrícola a urbano o industrial (Figura 5.2).

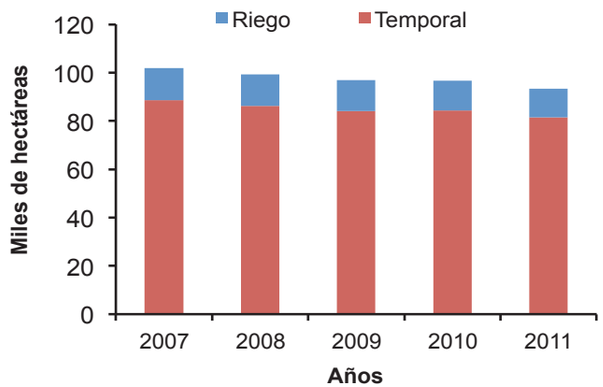
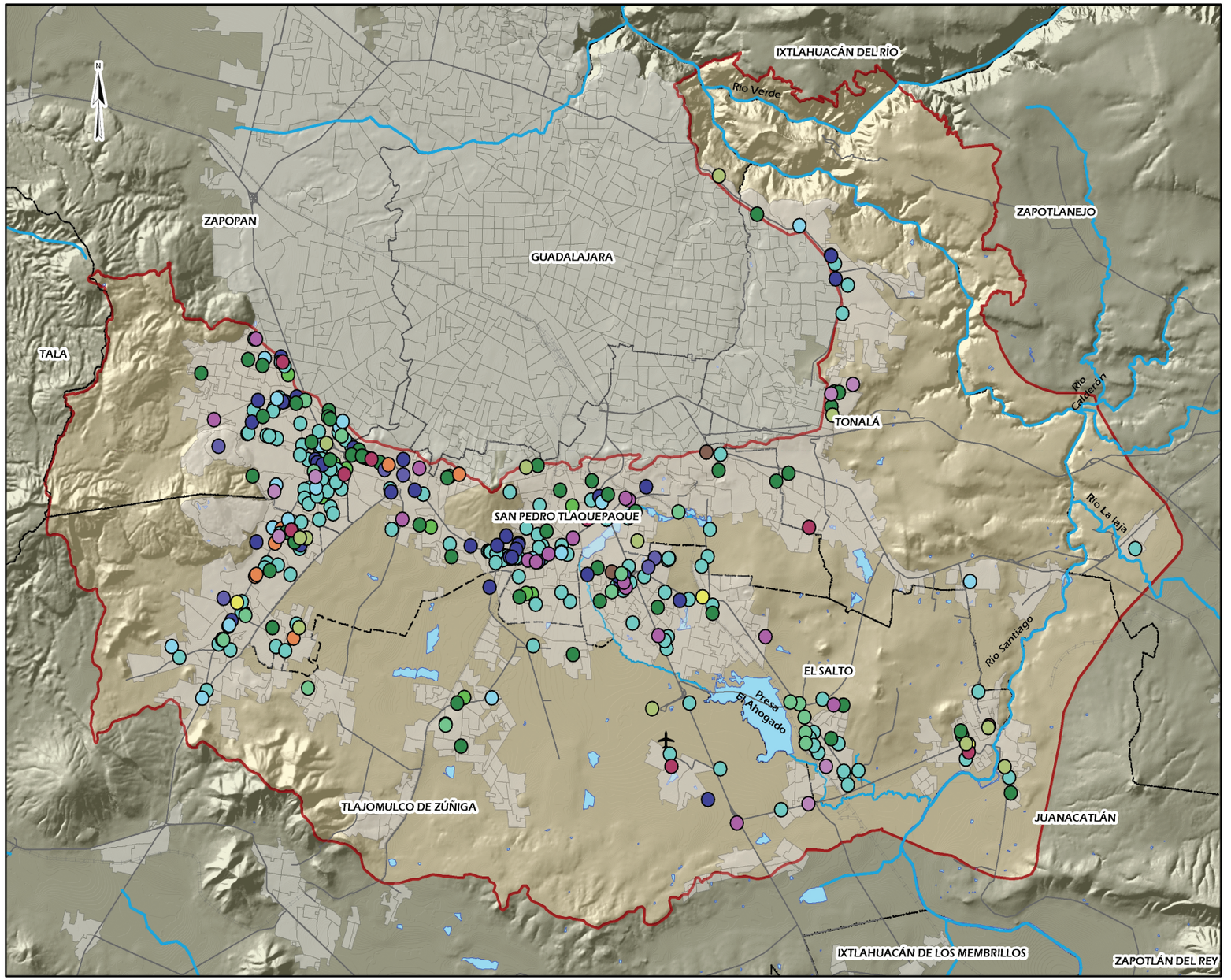


Figura 5.2. *Superficie Sembrada POFA 2007-2011. Fuente: SIAP, 2011.*

Mapa: 5.1

Actividades Económicas



Simbología

Categoría

- Actividades gubernamentales
- Comercio al por mayor
- Comercio al por menor
- Construcción
- Generación y distribución de energía
- Industrias manufactureras
- Minería
- Otros servicios
- Servicios educativos
- Servicios financieros y de seguros
- Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes
- Servicios profesionales, científicos y técnicos
- Servicios de alojamiento temporal y alimentos
- Servicios de manejo de desechos
- Servicios de esparcimiento y recreación
- Servicios de salud y asistencia social
- Transportes, correos y almacenamiento

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

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

Fuente: INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales
Marco Geoestadístico 2010
DENUE

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

En los municipios del POFA la mayor superficie sembrada de temporal y riego se observa en los municipios de Ixtlahuacán del Río, Tala, Tlajomulco de Zúñiga, Zapopan y Zapotlanejo, aportando el 88% del total del área sembrada. El municipio de Guadalajara no se presenta en la gráfica debido a que no cuenta con superficie destinada a la agricultura. La superficie de riego se encuentra en menores extensiones en los municipios del POFA (Figura 5.3).

Aunque en la actualidad, la agricultura es una de las actividades económicas que emplea a un número considerable de la población del POFA, esta actividad ha venido disminuyendo principalmente al crecimiento urbano que absorbe la superficie dedicada al cultivo, sólo existen en el POFA 34 ejidos.

La agricultura es la actividad productiva relacionada al cultivo y explotación de recursos agrícolas, como lo son: frutas, hortalizas y otros. En el estado de Jalisco se producen 148 cultivos (granos, hortalizas y frutales principalmente).

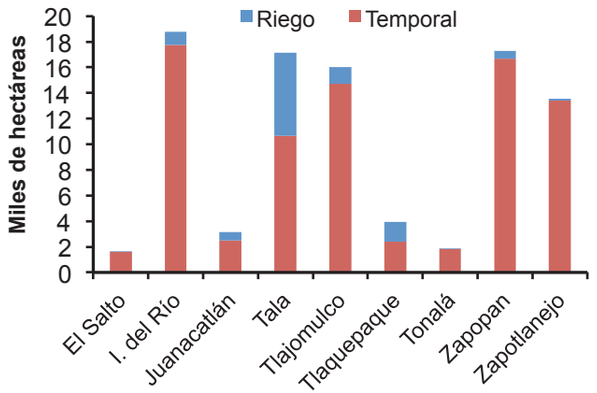


Figura 5.3. *Superficie Sembrada 2011. Fuente: SIAP, 2011.*

Tabla 5.1. Producción agrícola, pecuaria y tenencia ejidal de la tierra en municipios agrícolas del POFA.

Municipio	Producción agrícola	Producción pecuaria	Tenencia ejidal de la tierra (ha dentro del POFA)
Zapopan	Maíz, pastos, agave	Avícola, porcina, huevo	1,938.17
Tlaquepaque	Maíz, pastos	Avícola, porcina, huevo	2,737.83
Tlajomulco de Zúñiga	Maíz, pastos	Avícola, porcina, huevo	10,611.77
Tonalá	Maíz, pastos	Avícola, porcina, huevo	3,486.84
Juanacatlán	Maíz, pastos	Avícola, porcina, huevo	1,642.18
El Salto	Maíz, pastos	Avícola, porcina, huevo	2,136.31

Fuente: SIAP, 2011.

Sin embargo, solamente nueve cultivos tienen una cobertura el 86% de la superficie agrícola neta de la región del POFA. Entre ellos, dos cultivos (maíz y pastos) que ocupan el 80% de la superficie agrícola (Figura 5.4).

En general, el bajo rendimiento de varios cultivos en el estado y su tendencia temporal exigen la necesidad de analizar y reflexionar sobre el costo-beneficio socio ambiental del uso del territorio (Mollard et al., 2005; Cotler et al., 2006).

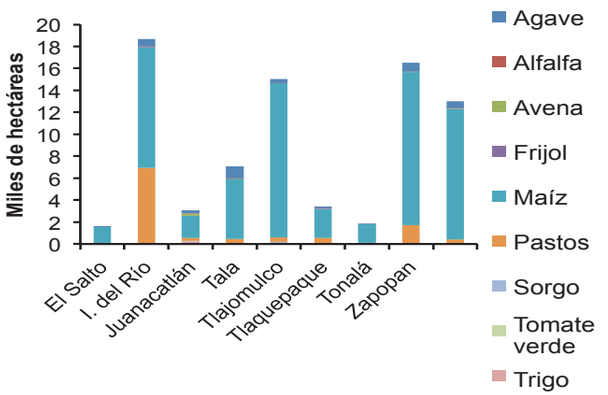


Figura 5.4. *Superficie sembrada por principales cultivos. Fuente: SIAP, 2011.*

Actualmente la principal zona productora de hortalizas (espárrago, brócoli, coliflor, papas, cebollas y chiles) para el mercado doméstico e industrial, se emplaza sobre el valle de Toluquilla y comprende una superficie aproximada de 632 km^2. Comprende parcialmente a los municipios de Zapopan, San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga. Los municipios que cuentan con áreas agrícolas dentro del POFA pueden ser clasificados de acuerdo con su especialización, como se muestra en la Tabla 5.1.

Cultivo de hortalizas en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga

La caracterización de los sistemas de producción a escala regional permite tener una perspectiva espacial integral del uso del territorio, de sus recursos (suelo, agua y vegetación), del manejo actual y por ende de las posibles alternativas. La dominancia de monocultivos, acentuada por el uso de variedades mejoradas, sugiere el desplazamiento de variedades locales, lo cual incrementa la vulnerabilidad ambiental, agrícola, social y económica. Sobre este tema se requieren más estudios de agrodiversidad que permitan determinar la situación de deterioro y vulnerabilidad.

Los bajos rendimientos, los impactos negativos por el uso de agroquímicos, la declinación de la fertilidad, los problemas de erosión, así como problemas de contaminación difusa sugieren a su vez la necesidad de un replanteamiento de las actividades agropecuarias, así como de los programas de políticas públicas que fomentan y sustentan esta actividad.

5.2.2. Actividad ganadera

La actividad ganadera es considerada como un complemento de la actividad agrícola. La ganadería representa una de las actividades económicas más antiguas y es la actividad productiva que se relaciona con la cría y desarrollo de animales, para la obtención de alimentos y otros productos.

El tipo de ganado presente en el POFA es principalmente bovino y porcino. Su presencia se encuentra en estrecha relación con el cultivo de pastos, maíz y sorgo, el cual les sirve de alimento.

En ese sentido, Mollard et al. (2005) mencionaron que es posible que la aparición del sorgo haya aumentado la especialización porcina. El ganado bovino es principalmente no estabulado, lo cual además de ocasionar problemas de sobrepastoreo, compactación de suelos y promover la formación de cárcavas, también genera problemas de contaminación difusa.

En la Figura 5.5 se muestra que los municipios del POFA con mayor producción pecuaria son Zapopan, Zapotlanejo y Tlajomulco de Zúñiga, los cuales producen más de 50 mil ton de huevo equivalentes al 98% de la producción total, 22 mil ton de ganado porcino (70%) y 387 ton de ganado ovino, que representa el 60% de la producción total por los municipios que integran el POFA. En esta figura al igual que en la de agricultura, el municipio de Guadalajara no se menciona debido a que no cuenta con ninguna unidad de producción ganadera.

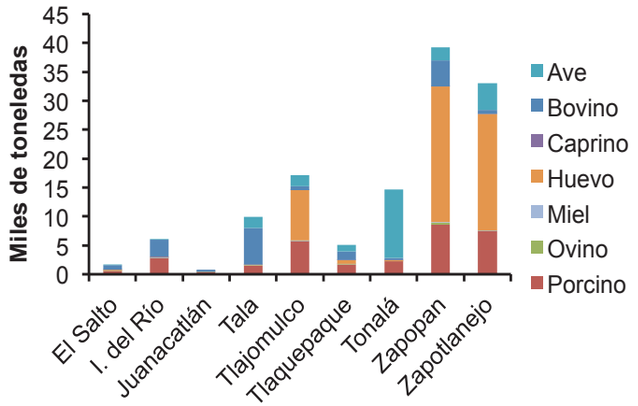


Figura 5.5. *Actividad pecuaria por tipo de producción. Fuente: SIAP, 2011.*

5.2.3. Actividad piscícola

Pese a que en décadas pasadas, la actividad piscícola fue una de las principales actividades económicas, como producto de la contaminación y descargas de aguas residuales, la producción piscícola ha desaparecido en los cuerpos de agua naturales. Sin embargo, esta actividad recientemente ha sido adoptada como una opción al desarrollarse en pequeños estanques y bajo ambientes de invernadero.

La actividad piscícola actual en la zona se reduce a los aprovechamientos mediante estanques que utilizan agua subterránea extraída de los pozos. Las especies de peces con mayor demanda son la tilapia, la carpa y el bagre. La tilapia es un pez que tuvo el tiempo suficiente de adaptarse a las condiciones hidrológicas y climáticas del país y en esta zona del POFA no es la excepción.

La actividad piscícola se inició a partir del año 1965 y tuvo un crecimiento bastante lento hasta 1985, llegando a totalizar 12 granjas piscícolas que se instalaron en el transcurso de dos décadas. A partir de 1986 y hasta 1990, se registró un fuerte desarrollo en la actividad piscícola con la creación de 34 nuevas granjas piscícolas.

De acuerdo a los datos reportados en el Censo Económico de 2009 de INEGI, 1,372 personas reciben ingresos realizando actividades de pesca y captura de peces, crustáceos, moluscos y otras especies en los municipios que inciden en el POFA.

5.3. Actividad industrial

La actividad industrial representa uno de los sectores productivos más dinámicos, crecientes y diversificados dentro del POFA. Jalisco es uno de los estados más industrializados del país. Participa con alrededor del 7% del PIB nacional, lo que lo convierte en el cuarto lugar en importancia nacional en este rubro. Junto con su principal ciudad, Guadalajara, el estado de Jalisco ha sido históricamente el centro del occidente de México, pues concentra 56% de las unidades económicas de la región y genera el 65% del empleo.

Las industrias de extracción, mejoramiento, conservación y transformación de materias primas y la elaboración, fabricación, ensamble y acabando de bienes y productos, son generadores de micro-empresas.

Actualmente, en la estructura industrial manufacturera del estado siguen predominando las pequeñas y medianas empresas. Sin embargo, empiezan a surgir algunas de gran importancia por su dinámica económica y que están generando, relativamente más empleos.

Para 1993, el 97% de las unidades económicas en el estado eran microempresas, las cuales ocupaban el 53.5% del personal y generaban el 32% del ingreso total. Mientras que, menos del 1% eran medianas y grandes, sin embargo ocupaban más del 25% del personal y generaban alrededor de 41% del ingreso total.

En 1980 se encontraban en Guadalajara el 61% de los establecimientos industriales de Jalisco y el 78% del personal ocupado en las manufacturas, observándose actualmente el mismo patrón de concentración de estas actividades en la zona metropolitana de Guadalajara.

Es importante mencionar, que en las últimas décadas se ha impulsado el desarrollo de la industria manufacturera y de la construcción.

De acuerdo con el Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI del 2012, en el POFA existen 4,214 unidades económicas que realizan actividades manufactureras y 128 unidades económicas dedicadas a la construcción (Figura 5.6).

La actividad industrial se relaciona con la política de descentralización y la creación del denominado corredor industrial o de parques industriales.

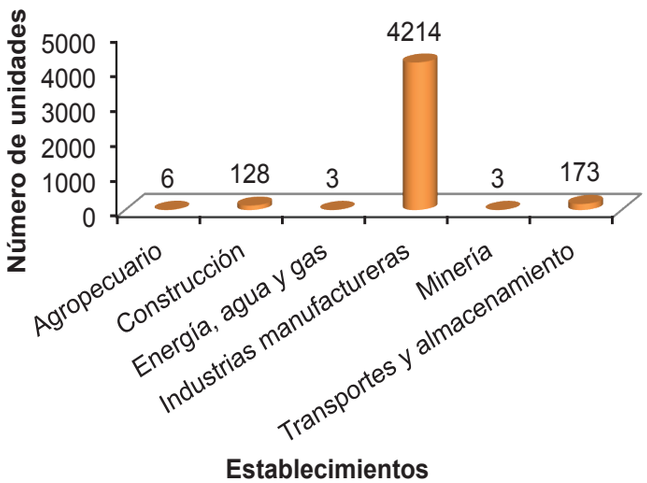


Figura 5.6. *Unidades económicas. Fuente: INEGI, 2012. DENUE.*

La minería es la actividad productiva que está relacionada con la extracción de recursos mineros como el hierro, cobre y otros. Según datos económicos captados por INEGI (2009), en los municipios de el POFA, el 73% de la actividad se realiza en el municipio de Zapopan, mientras que en el resto de los municipios se desarrolla el 27% (Figura 5.7).

La industria en general y los nuevos asentamientos urbanos demandan el uso de energía eléctrica. Las principales industrias consumidoras de energía son: la hulera, alimenticia, petroquímica, acero, textil, construcción y tecnológica que se localizan en el "Corredor Industrial de El Salto", donde tienen operacionesv grandes industrias tales como Honda, Hella, Yakult, IBM y Sanmina.

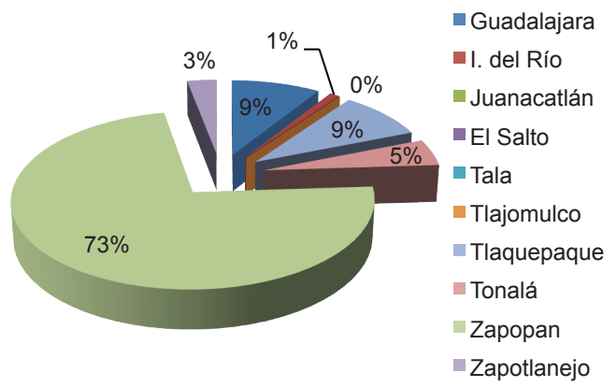


Figura 5.7. *Porcentaje de la actividad industrial: minería. Fuente: INEGI, 2009. SCIAN.*

De esta manera, en los municipios que conforman el POFA, la actividad industrial manufacturera genera el mayor número de empleos e ingresos, generando con ello un impacto económico considerable en la Zona Metropolitana de Guadalajara. De acuerdo con la información reportada en el DENUE (INEGI, 2012), existen 253,069 personas trabajando en 16,159 empresas dedicadas a la actividad del sector industrial de manufactura (Figura 5.8 y Tabla 5.2).

Población económicamente activa

La población económicamente activa en los municipios del POFA se concentra en Guadalajara y Zapopan, los que en conjunto alcanzan el 61% del total, seguidos por el municipio de San Pedro Tlaquepaque que concentra el 14% (Figura 5.9). En el rubro por sectores, de igual manera, los municipios de Guadalajara y Zapopan concentran el mayor porcentaje de población empleada en el sector de servicios, mientras que en el sector secundario que comprende la industria, el mayor porcentaje de población se concentra en los municipios de Juanacatlán, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga (INEGI, 2009).

5.4. Comercio y servicios

El comercio y la prestación de servicios constituyen actividades de gran importancia económica en el POFA. Por definición, el comercio comprende todas las actividades de enajenación de toda clase de bienes, ya sea en estado natural o manufacturado. Por otro lado, la prestación de servicios, son actividades económicas relacionadas con la prestación de obligaciones de hacer que realiza una persona a favor de otra, a título gratuito u oneroso, así como aquellas por las que se proporcione el uso o goce temporal de bienes muebles de manera habitual, y de inmuebles total o parcialmente.

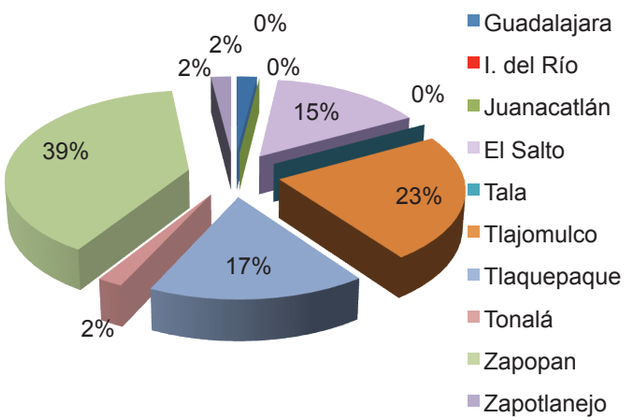


Figura 5.8. *Porcentaje de la actividad industrial: manufactura (Valor agregado censal bruto). Fuente: INEGI, 2009. SCIAN.*

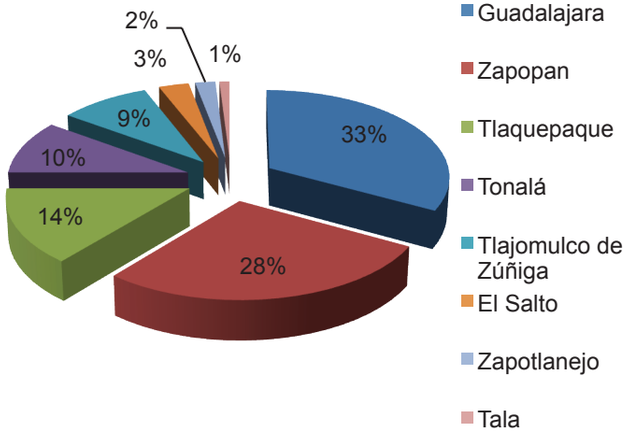


Figura 5.9. *Población económicamente activa de los municipios del POFA. Fuente: INEGI, Censo de Población de Vivienda 2010.*

Tabla 5.2. Número de unidades económicas en el POFA.

Municipio	Gran Sector	Número de unidades económicas	Total de personal ocupado
Ixtlahuacán del Río	Minería	1	3
	Pesca	2	33
	Manufactura	3	3
Zapopan	Minería	5	80
	Manufactura	3373	85951
Tala	Minería	3	3
	Pesca	3	3
	Manufactura	199	1456
Tlajomulco de Zúñiga	Pesca	7	209
	Manufactura	767	23840
Tlaquepaque	Minería	3	3
	Manufactura	3	3
Guadalajara	Minería	4	57
	Manufactura	8298	116095
El Salto	Manufactura	562	30806
Tonalá	Minería	3	3
	Pesca	3	3
	Manufactura	2444	11139
Juanacatlán	Manufactura	33	269
Ixtlahuacán de los Membrillos	Manufactura	87	2957
Zapotlanejo	Minería	3	3
	Pesca	3	3
	Manufactura	390	2250

Fuente: INEGI, 2012. DENUE.

Tabla 5.3. Unidades económicas, personal ocupado y su producción total en servicios y comercio.

Sector	Unidades Económicas	Personal Ocupado Total	Producción Bruta Total (Miles De Pesos)
Servicios	52.2%	39.9%	18.8%
Comercio	53.1%	29.9%	15.5%

Fuente: Censos Económicos INEGI, 2009.

Según el Censo Económico de 2009, realizado por INEGI, el comercio representa el 15% de la producción bruta total de los municipios del POFA, mientras que los servicios representan el 19%. En cuanto al empleo que proporcionan estas actividades económicas, los servicios representan casi un 40%, mientras que el comercio se encuentra en un nivel más bajo con un 29.9%, como se indica en la Tabla 5.3.

Unidades económicas dedicadas al comercio

La cantidad de unidades económicas dedicadas al comercio en los municipios que conforman el POFA, está fuertemente concentrada en Guadalajara y Zapopan, siendo ambos municipios los de mayor importancia en este rubro en todo el estado de Jalisco (Figura 5.10). Entre los principales productos que forman parte de la comercialización del estado destacan los cosméticos, aparatos electrónicos, textiles, tabaco, alimentos y bebidas, artículos deportivos, etc.

Unidades económicas dedicadas a los servicios

En lo referente a servicios, en primer lugar de importancia con casi el 40% de las unidades económicas, recae "otros servicios excepto actividades gubernamentales", que según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) del 2007, se refiere a los servicios de reparación y mantenimiento, asociaciones y organizaciones, y servicios personales como salones de belleza, servicios funerarios, lavanderías, y revelado de fotografías entre otros (Tabla 5.4).

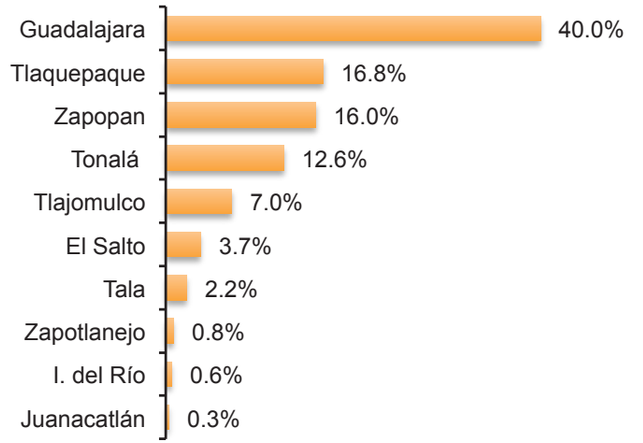


Figura 5.10. *Unidades económicas dedicadas al comercio. Fuente: Censos Económicos 2009, INEGI.*

Tabla 5.4. Porcentaje de las Unidades Económicas de servicios en el POFA.

Tipos de Servicios	Unidades Económicas (%)
82 Otros servicios excepto actividades gubernamentales	38.24
73 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	26.10
63 Servicios de salud y de asistencia social	10.89
55 Servicios profesionales, científicos y técnicos	6.46
57 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	6.32
54 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3.81
62 Servicios educativos	3.67
72 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	2.81
53 Servicios financieros y de seguros	1.56
49 Transportes, correos y almacenamiento	0.14

Fuente: Censos Económicos 2009, INEGI.

El municipio de Guadalajara, al igual que en el rubro de comercio, concentra la mayor cantidad de unidades económicas de servicios, comparado al resto de los municipios del POFA. Sin embargo, en esta actividad, San Pedro Tlaquepaque está en segundo lugar seguido de Zapopan (Figura 5.11).

En segundo lugar se encuentran los "servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos y bebidas" referentes principalmente a hoteles y restaurantes.

Entre las empresas más importantes de servicios,

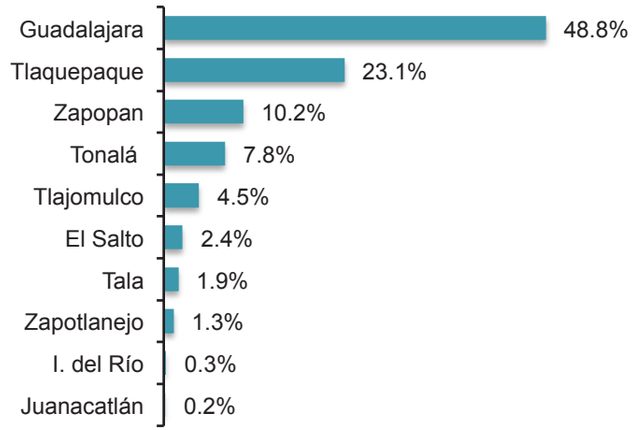


Figura 5.11. *Unidades Económicas dedicadas a los servicios. Fuente: Censos Económicos 2009, INEGI.*

se encuentran las desarrolladoras de software de relevancia internacional; tales como Intel y MGDC S.C, las empresas prestadoras de servicios de comunicación como el Tren Eléctrico Urbano y el Aeropuerto Miguel Hidalgo perteneciente al Grupo Aeroportuario del Pacífico e importantes centros educativos como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y la Universidad del Valle de México (UVM), también están hubicadas dentro del POFA.

La mayor cantidad de empresas grandes dedicadas a comercio o servicios se concentran en los municipios de Zapopan y San Pedro Tlaquepaque. Estas empresas en su mayoría se dedican al comercio al por mayor de alimentos, y a los servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos. Además, existen pocas empresas con más de 250 empleados dentro del POFA, entre las que destacan las de comercio al por mayor (8 unidades), servicios de apoyo y manejo de desechos (6 unidades), servicios educativos, de transporte y comercio al por menor (3 unidades), entre otros.

5.5. Recreación y turismo

Las actividades de recreación y turismo dependen en gran medida de la presencia de recursos naturales susceptibles de ser explotados por sus cualidades y atributos. Es indudable que estas actividades generan presión sobre el medio ambiente, lo cual sumado al aumento de la población, ha provocado que los conflictos asociados al turismo se hayan incrementado en los últimos años.

Como lo muestra la Tabla 5.5, el turismo en el estado continúa siendo mayormente de origen nacional, mostrando una mayor cantidad de turismo extranjero en Puerto Vallarta. En proporción del total de turistas, el municipio de Guadalajara continua siendo en donde se concentra la mayor cantidad de visitantes.
En cuanto a la infraestructura, tanto la mayor cantidad de establecimientos, como los de mejor calidad de hospedaje se encuentran en el municipio de Guadalajara con 222, mientras que Ixtlahuacán del río solamente tiene registrado un establecimiento (Tabla 5.6). Dentro del POFA, el hotel Holiday Inn Express localizado en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, es el de mayor relevancia.

Dentro de las actividades del turismo, la pesca deportiva o recreativa, que en todos lugares atrae a un gran número de turistas, es prácticamente desconocida en la región del POFA. Por lo que podría ser una actividad a desarrollar y fomentar si se restauran los cuerpos de agua.

El turismo formal se concentra de manera constante en los poblados comprendidos en la región del POFA. Los residentes temporales de origen extranjero se sienten atraídos por el clima de la región, el acceso a servicios —como centros comerciales, restaurantes, hospitales y aeropuertos—, las múltiples atracciones

Tabla 5.5. Llegada de turistas a establecimientos de hospedaje por centro turístico.

Centro turístico	Total	Residentes en el país	No residentes en el país
Total del Estado	5,802,264	4,998,364	803,900
Centros turísticos	4,509,100	3,847,389	661,711
Guadalajara	2,512,252	2,283,328	228,924
Puerto Vallarta	1,201,078	769,897	431,181
San Juan de los Lagos	755,385	755,265	120
Tequila	40,385	38,899	1,486
Resto del Estado	1,293,164	1,150,975	142,189

Fuente: Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado. SECTUR. Monitoreo Data Tur http://datatur.sectur.gob.mx (13 de mayo de 2011).

Tabla 5.6. Número de los hoteles encontrados en los municipios del POFA de acuerdo a su categoría.

Municipio	Total	Cinco	Cuatro	Tres	Dos	Una	S/C*
Guadalajara	222	18	37	36	15	40	76
Zapopan	71	9	18	9	2	2	31
Tlaquepaque	34	3	8	4	0	2	17
Tonalá	11	0	0	6	0	3	2
Zapotlanejo	9	0	1	1	4	1	2
Tala	5	0	0	2	0	1	2
Tlajomulco de Zúñiga	5	0	0	1	0	0	4
El Salto	2	0	1	0	0	0	1
Ixtlahuacán del Río	1	0	0	0	0	0	1

*Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Jalisco 2011, Turismo INEGI. * S/C= sin categoría.*

folclóricas y culturales y, sobre todo, por los bajos costos de vida y de la propiedad (Lamont, 1988). La derrama económica de estos residentes en la región probablemente excede los 500 millones de dólares americanos al año (Hyman, 1994).

Es indudable que en un futuro próximo continuará el incremento de residentes temporales de Estados Unidos y Canadá. Esta situación podrá capitalizarse sólo si se logra ofrecer mejores esquemas de planeación y desarrollo para estas ciudades.

Hay algunos puntos turísticos que se encuentran bajo presión ambiental extrema ya que en ciertas temporadas del año reciben un número de turistas que excede su capacidad de residencia.

El turismo bien manejado puede generar los recursos necesarios para las actividades de conservación y protección. Para tener éxito en estos proyectos se requiere de una buena planeación. La mayoría del turismo gusta de tener una combinación de experiencias y la zona del POFA ofrece una gran variedad de posibilidades (Burton, 2004).

Balneario "La Esperanza" en Santa Anita, San Pedro Tlaquepaque

Entrada al mirador de la Barranca de Huentitán

Los nichos de mercados culturales y comerciales pueden desarrollarse, considerando esencial una ordenada planeación para un buen manejo de los recursos y de los ecosistemas, a fin de evitar continuar la destrucción del hábitat de numerosas especies endémicas de la cuenca que ahora se encuentran en peligro de extinción.

Entrada al área natural de la Barranca de Oblatos

6. Marco Legal e Institucional para la gestión del agua en el POFA

6. Marco Legal e Institucional para la gestión del agua en el POFA

La disponibilidad y calidad del agua son dos aspectos fundamentales que se abordan en este capítulo. La situación actual de este recurso es analizada a partir de cifras oficiales y de información proporcionada por instituciones encargadas de la gestión de este recurso. Sin embargo, el diagnóstico realizado no es independiente del análisis del marco legal; el cual refleja la situación actual del manejo integral del recurso en cuanto a su disponibilidad superficial y subterránea, además de su calidad para sus diferentes usos.

La primera sección del capítulo se divide en 3 puntos, el primero trata de la descripción del Marco Legal del Agua en México; el segundo aborda la competencia y atribuciones de las diferentes instituciones en materia de gestión del agua; finalmente el tercer punto analiza la problemática y los avances de la administración del agua en el ámbito local y concretamente en el POFA.

Antes de abordar estos puntos, es conveniente precisar el concepto “gestión del agua”, el cual se entiende como “una serie de acciones desarrolladas de manera integral por los actores de una zona geográfica para la conservación, manejo, suministro y disposición del agua en una cuenca, que garanticen la calidad y cantidad para el desarrollo sostenible de la sociedad”.

6.1. Marco Legal

En México existe un marco legal para la gestión del agua, en los tres niveles de gobierno, nacional, estatal y principalmente a nivel municipal. Este marco normativo, fue concebido con la mejor intención de facilitar y agilizar la administración del recurso hídrico para el bienestar de la sociedad; actualmente, se ha convertido en una serie de instrumentos legales y administrativos que retarda y merma la calidad de los servicios de este recurso. La Figura 6.1 muestra en forma jerárquica el marco legal y normativo en México en materia de agua.

Figura 6.1. *Marco legal y normativo en materia de agua.*

El Artículo 27 de la Constitución Mexicana señala claramente que las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación. En el párrafo quinto enlista las aguas que deben entenderse como aguas nacionales (mares territoriales, lagunas, lagos, ríos y sus afluentes, entre otros). En 1992, el gobierno mexicano promulgó la Ley de Aguas Nacionales y dictó la reglamentación correspondiente en 1994.

Estos instrumentos legales son la principal base jurídica para el manejo y aprovechamiento del agua en el país, a la vez que otorgan a la nación la propiedad original sobre prácticamente todas las aguas. La Ley de Aguas Nacionales declara explícitamente que el desarrollo sustentable es su objetivo principal; además de ser coherente con los esfuerzos iniciales de México, en lo que se refiere a la descentralización, participación de los usuarios del agua, uso eficiente del agua, expansión de la participación del sector privado y a las políticas fiscales relativas a la recaudación de impuestos del agua tanto para su uso como para su tratamiento.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) se enfoca principalmente en ordenar la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos. La Ley establece varios criterios que son importantes de enunciar, por ejemplo, señala que la prevención y control de la contaminación del agua es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y proteger los ecosistemas del país.

Reuniones de acuerdo entre CONAGUA y otros organismos e instituciones. Fuente: CEA

La LGEEPA también enfatiza la responsabilidad compartida entre el Estado y la sociedad para prevenir la contaminación de aguas superficiales y del subsuelo.

La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, publicada el 24 de Diciembre de 2007 en el Diario Oficial de la Federación, establece que estarán obligados a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales las personas físicas o morales que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita, aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como las personas que descarguen aguas residuales en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, en términos de lo dispuesto en esta Ley.

Por su parte la Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios establece en su Artículo 1ro que la presente Ley es de observancia general en todo el territorio del estado de Jalisco; sus disposiciones son de orden público e interés social y regulan la explotación, uso, aprovechamiento, preservación y reúso del agua, la administración de las aguas de jurisdicción estatal, la distribución, control y valoración de los recursos hídricos y la conservación, protección y preservación de su cantidad y calidad, en términos del desarrollo sustentable de la entidad.

En el marco legal se inscriben las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) en materia de agua, las cuales son regulaciones técnicas que contienen información, requisitos, límites, especificaciones, procedimientos y metodologías que permiten a las distintas dependencias gubernamentales, SEMARNAT y CONAGUA, establecer parámetros prácticos y confiables para la correcta gestión del agua.

Si bien es cierto que existe todo un marco legal para la gestión del agua, los instrumentos legales muchas veces son poco claros y a veces contradictorios en sus formas y alcances, lo cual se puede traducir en una baja cobertura del servicio y sobre todo en una mala calidad de los servicios asociados a la gestión del agua.

Por un lado, la Constitución Mexicana en su Artículo 115, apartado III; establece y faculta a los municipios para tener a su cargo las funciones y servicios públicos como son entre otros, agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

Además, establece que cuando a juicio del ayuntamiento respectivo sea necesario, podrán celebrar convenios con el Estado para que éste, de manera directa o a través del organismo operador correspondiente, se haga cargo en forma temporal de algunos de los servicios antes mencionados, o bien se presten o ejerzan coordinadamente entre el estado y el propio municipio.

Aún con las facultades que la Constitución Mexicana otorga a los municipios para prestar servicios en materia de gestión del agua, el Artículo correspondiente no establece una forma o esquema de sostenibilidad financiera para hacerse cargo de dichos servicios y responsabilidades. Esta situación se ha convertido en una de las principales causas o razones por las cuales los servicios que ofrecen los municipios son incompletos y muchas veces de mala calidad; bajo este contexto, los municipios que integran el POFA no son la excepción.

6.2. Marco Institucional

La crisis del agua en México de la que toda persona habla; más que ser una crisis del recurso natural, es fundamentalmente una crisis de gestión o mejor dicho de gobernabilidad del agua.

Esto significa que la problemática está en el campo de la acción pública, el diseño e implementación de políticas gubernamentales, negociación y regulación de intereses sociales, económicos y políticos, y en la manera en que funcionan los arreglos institucionales.

En este sentido se han creado diversas comisiones y consejos de cuenca cuyo objetivo es la gestión del recurso hídrico, los cuales están distribuidos en todo el país (Figura 6.2).

Así, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se creó en 1989, como la Autoridad Nacional del Agua, un organismo autónomo integrando a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

CONAGUA es la encargada de coordinar inversiones en el sector del agua, fijar prioridades y restricciones que reflejen la situación real de cada cuenca hidrológica.

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, serán los Consejos de Cuenca los entes más importantes para la gestión del agua, los cuales "Son instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal, municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica. Su objetivo es formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca (Art. 13, LAN). Para su funcionamiento, los Consejos de Cuenca pueden contar con organizaciones auxiliares a nivel de subcuenca, microcuenca y/o acuífero, denominadas respectivamente Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS)". Al 31 de Diciembre de 2010, había 26 Consejos de Cuenca.

Es importante señalar que el área del POFA se encuentra adscrito al Consejo de Cuenca número16, llamado "Río Santiago", el cual fue instalado el 14 de Julio de 1999; además de estar dentro del Organismo de Cuenca "VIII Lerma Santiago Pacífico".

En el proceso de consolidación de los Consejos de Cuenca, surgió la necesidad de atender problemáticas muy específicas en zonas geográficas más localizadas, por lo que se crearon órganos auxiliares entre los que se encuentran los Comités de Cuenca que atienden microcuencas. Al 31 de Diciembre de 2010, se habían creado e instalado 34 Comités de Cuenca.

De forma similar, con el fin de lograr el uso sustentable del agua de los acuíferos del país, se han creado Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS); al 31 de Diciembre de 2010 se habían creado 81 COTAS. En la Tabla 6.1 se describe la división administrativa en el manejo de dichas cuencas.

En 1986, para fomentar el esfuerzo tecnológico necesario para la implementación de políticas, en especial, las relativas al uso eficiente del agua y a la conservación de la calidad del agua en todos los sectores de uso del agua, se creó el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

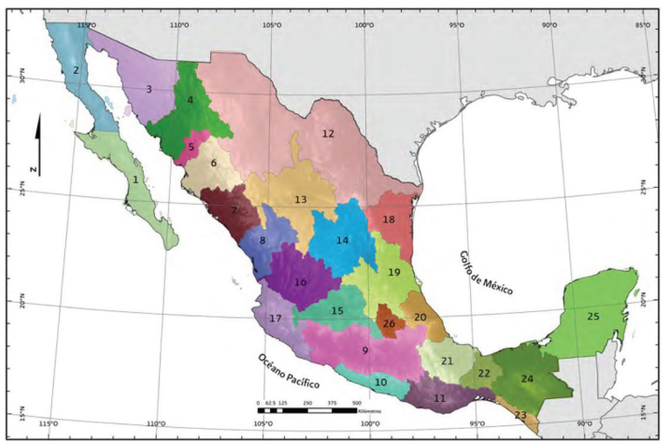


Figura 6.2. *Mapa de distribución de los Consejos de Cuenca.*

Tabla 6.1. División Administrativa del Manejo de Cuencas.

Manejo de Cuencas	
Tipo	**Número**
1. Consejos de Cuenca	26
2. Comisiones de Cuenca	30 (actúan en subcuencas)
3. Comités de Cuenca	34 (actúan en microcuencas)
4. Comités de Playas Limpias	36
5. Comités Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS)	81 (preservan los acuíferos del país)
6. Gerencias Operativas para el Apoyo Técnico y Administrativo de diversos Comités de Cuenca, Comisiones y COTAS	41

Fuente: Elaboración propia con base en el Plan Nacional Hídrico 2007-2012.

A nivel estatal, se encuentra la Comisión Estatal del Agua de Jalisco, que es el organismo que coordina y planifica los usos del agua en la entidad con funciones de autoridad administrativa. Ésta tiene su domicilio social en la capital del estado, su creación, establecimiento y funcionamiento se regula por la Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus municipios.

Desde 1978 cuando se constituyó el SIAPA (Sistema de Alcantarillado y Agua Potable, Jalisco), la principal misión del Organismo Operador ha sido el mantener la demanda actual de los servicios de agua potable y alcantarillado de la zona metropolitana de Guadalajara, con calidad y cantidad suficiente.

Este análisis acerca de la gestión del agua en México, coincide con otros realizados por organismos oficiales, investigadores de universidades y de centros de investigación, así como por la sociedad civil; concluyendo que tanto la distribución como la disponibilidad del agua se encuentran amenazadas para las futuras generaciones en diversas regiones de nuestro país.

Los estudios muestran que en ciertas zonas del territorio nacional, la situación es una dificultad del presente.

Esta situación obliga a las diferentes instituciones y actores en materia de gestión del agua, a jugar un rol proactivo y no pasivo; en la búsqueda de soluciones realistas de implementación inmediata y visión de largo plazo para evitar futuros problemas naturales y sociales.

Uno de los principales aciertos del gobierno federal fue el Plan Nacional Hídrico 2007-2012, el cual estuvo financiado para cumplir sus principales objetivos:

- Que los mexicanos, tanto en las ciudades como en las comunidades rurales, cuenten con servicios adecuados de agua potable y alcantarillado.

- Que las aguas residuales se traten y se reúsen.

Sin embargo, el comportamiento y el diseño del marco legal e institucional para la gestión del agua, parecieran no tener el mismo sentido, lo cual provoca disminuir en importancia las acciones y el esquema que dan sustento a los objetivos de dicho plan.

Este plan hace énfasis en que su éxito dependerá de la buena coordinación entre las diferentes instituciones responsables de manejar el recurso hídrico, sin dejar de lado el marco legal.

Tal como se mencionó anteriormente, “la crisis del agua, no es una crisis del recurso natural, es una crisis de gestión y gobernabilidad del agua”, lo cual significa que la problemática tal y como es entendida ahora, está más en el campo de la acción pública, el diseño e implementación de políticas y convenios gubernamentales como entes reguladoras y de negociación de intereses sociales, económicos y políticos.

Reunión para integración de una agenda para la restauración del POFA. Fuente: CEA.

6.3. Problemática y avances en materia de agua en el POFA

6.3.1. Antecedentes

En respuesta a la recomendación emitida en 2008 por la Comisión Estatal de Derechos Humanos (CEDH) con respecto a la elevada contaminación imperante en el Río Santiago, autoridades ambientales de los tres niveles de gobierno se unieron para firmar un convenio con el fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico dentro del POFA con especial atención en la Cuenca de El Ahogado. Dicho convenio, incluye al Sistema de Alcantarillado y Agua Potable de Jalisco (SIAPA), y a la SEMADES.

Por su parte, la CONAGUA al realizar el proceso de planificación hídrica nacional y por Organismo de Cuenca, se involucra en la elaboración de la actualización del Programa Hídrico del Estado de Jalisco 2007-2030.

Este programa se caracteriza por estar acotado al período de planeación 2007-2012, estableciendo prioridades en las acciones y proyectos por desarrollar, tomando en cuenta las necesidades de inversión y las posibilidades reales de las diversas fuentes de financiamiento.

Durante la reunión de "Integración de una agenda para restauración del POFA en torno a la cuenca del Ahogado y del Salto de Juanacatlán", el gobernador C. Emilio González Márquez instruyó al secretario de la SEMADES, C. Héctor Gómez Hernández, a realizar un diagnóstico integral del estado actual de los factores ambientales y socioeconómicos en torno al POFA que permita establecer un programa con proyectos y acciones para su restauración.

El objetivo central de este Programa es lograr el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con énfasis en el agua y salud pública, cuidando su preservación en cantidad y calidad, y contribuyendo al desarrollo sustentable del estado de Jalisco, estableciendo metas, así como las estrategias y acciones.

6.3.2. Problemática

Desde un punto de vista legal e institucional, la gestión del agua dentro del POFA no ha sido fácil; a causa de la falta de coordinación de los tres niveles de gobierno, y particularmente por las instituciones en la materia. Además, los instrumentos legales muchas veces son poco claros y hasta contradictorios en sus formas y alcances, lo cual se traduce en una reducción y/o retraso en la aplicación del recurso y en consecuencia en bajos niveles de cobertura de agua potable, tratamiento y explotación del recurso hídrico.

Los recursos materiales y humanos en materia de gestión de agua no son suficientes para llevar a cabo una buena aplicación de las leyes y normas, pero sobre toda para hacer una vigilancia eficiente en materia de protección de cuerpos de agua y en general del ambiente. Bajo este contexto, hacemos algunas precisiones de problemas derivados de esta situación.

Con una superficie de 520 km^2, la Cuenca El Ahogado es la más contaminada dentro del sistema Lerma-Chapala-Santiago, en torno a ella se asientan importantes industrias de diferentes giros: tequileras, procesadoras de leche, granjas porcícolas y químicas. A pesar de que diferentes industrias tienen una planta de tratamiento de sus efluentes, en ocasiones, éstos no reciben un tratamiento adecuado antes de ser descargados a un cuerpo receptor, impactando negativamente con ello todos los ecosistemas por donde corren las aguas de este sistema fluvial.

Vista de la Presa de El Ahogado. Fuente CEA

Antes del año 2010, la cobertura de tratamiento de aguas residuales domésticas en la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG) era menor al 10%; una cobertura similar se tenía en el área del POFA, pues sólo se contaba con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de "Río Blanco" y algunas plantas de fraccionamientos particulares. Para este año y de acuerdo a los registros del SIAPA, en la ZMG había más de 4 mil empresas con registro de descarga al sistema de drenaje y alcantarillado, la mayoría de estas empresas tienen como cuerpo receptor final el Río Santiago.

La mayoría de las descargas industriales en este tramo del Río Santiago se concentra en la cuenca El Ahogado, territorio que drena la parte sur de la ZCG y en gran parte dentro del POFA, incluyendo parte de los municipios de Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y El Salto. El Río Santiago presenta un deterioro severo y la calidad de sus aguas es similar a la de un efluente de un sistema de tratamiento y no a la de un río. Es de destacar que actualmente existen 38 granjas activas en la zona, de las cuales seis de ellas reportan el 81% de la contaminación a la cuenca.

El Río Santiago está contaminado por descargas industriales en el tramo paralelo al corredor industrial Ocotlán–El Salto, pues aunque existen plantas de tratamiento, la vigilancia y el control de las descargas es mínima.

El corredor Ocotlán-El Salto, es el mayor del estado y uno de los ejes más importantes del país, reúne más de 300 industrias. No hay un sólo giro que predomine, los que incluyen mayor número de instalaciones son la metalurgia (15), química y farmacéutica (14), metalmecánica (10), electrónica (9), automotriz (9) y alimentos y bebidas (8).

6.3.3. Avances y beneficios

a) Plantas de tratamiento

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) "El Ahogado" y "Agua Prieta" (PTAR El Ahogado y Agua Prieta) forman parte del programa de Abastecimiento y Saneamiento de la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG); además de contribuir significativamente al rescate del POFA (Figura 6.3).

Con la construcción de estas plantas se estima que alrededor del 97% del volumen de agua residual generada en la ZCG, es tratada; un 20% es tratada en la PTAR "El Ahogado" y un 77% será tratada en la PTAR "Agua Prieta". El agua tratada de ambas plantas será utilizada principalmente en la agricultura y la industria y un bajo porcentaje será descargada al Río Santiago.

La PTAR "El Ahogado" cuenta con una capacidad nominal de 2,250 L/s y se ubica al extremo suroriente de la ZCG. Por su parte, la PTAR "Agua Prieta" cuenta con una capacidad nominal de 8,500 L/s y se ubica en el extremo norponiente de la ZCG. La construcción de ambos proyectos incluye toda la infraestructura requerida por las operaciones y procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales, de lodos así como la operación y mantenimiento de las mismas.

Para llevar a cabo ambos proyectos, la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA Jalisco) licitó un contrato de prestación de servicios (CPS) a largo plazo para cada proyecto, que incluye la elaboración de los proyectos ejecutivos, la construcción, equipamiento electromecánico, pruebas, operación, mantenimiento y conservación de las PTAR "El Ahogado" y la PTAR "Agua Prieta" (Figura 6.4).

Actualmente, se encuentra en operación y estabilizada la PTAR "El Ahogado"; en el caso de "Agua Prieta" se tiene un avance del 85% y se espera que a finales de año 2012 entre en operación.

BANOBRAS participa en ambos proyectos con recursos no recuperables del Fondo Nacional de Infraestructura (antes FINFRA); en el caso de la PTAR "El Ahogado", con recursos crediticios otorgados a la empresa ganadora de la licitación a través de un sindicado de bancos.

En el caso de la PTAR "Agua Prieta", el crédito se encuentra en evaluación. Tanto los recursos crediticios como los recursos del Fondo se destinan a cubrir parcialmente la inversión total del proyecto. Estos recursos se complementaron con capital de riesgo que aportó la misma empresa.

La aportación de la empresa en crédito y capital de riesgo, así como los costos de operación y mantenimiento en ambos proyectos, se cubrirán mediante el pago de una contraprestración que la CEA se obligó a cubrir en los CPS. Adicionalmente, BANOBRAS participa con créditos en cuenta corriente a la CEA para cada proyecto, a fin de garantizar la liquidez de recursos para cumplir con el pago de la contraprestación, en caso de incumplimiento por parte de la CEA.

Figura 6.3. *Planta de tratamiento de aguas residuales "El Ahogado".*

Figura 6.4. *Render de la planta de tratamiento de aguas residuales "Agua Prieta". Fuente CEA.*

b) Otras obras de saneamiento

Dentro del programa de saneamiento de las aguas residuales de la ZCG se proyecta la construcción del Túnel Interceptor San Gaspar-San Juan de Dios, con una longitud de 10 km y diámetro de 3 m permitirá conducir las aguas residuales del área nororiente de la ciudad hacía la PTAR “Agua Prieta”.

Además, se construye el Túnel interceptor “San Gaspar” con 10 km de longitud; Túnel interceptor “San Martín” con 1.4 km de longitud; construcción de poco más de 600 km de redes de alcantarillado (134 colonias); y la construcción de casi 250 km de colectores (Figura 6.5).

La Tabla 6.2. resume las redes de alcantarillado y colectores de saneamiento con un total de 861,800 m.

Tabla 6.2. Resumen de las redes de alcantarillado y colectores de saneamiento en la ZCG.

Municipio	Colonias redes		Colectores		Totales	
	No.	m	No.	m	No.	m
El Salto	32	219,100	16	51,200	48	270,300
Guadalajara			2	7,600	2	7,600
Tlajomulco de Zúñiga	4	43,300	15	71,100	19	114,400
San P. Tlaquepaque	33	96,300	12	21,900	45	118,200
Tonalá	32	96,100	17	54,650	49	150,750
Zapopan	33	168,400	17	22,150	50	190,550
ZCG	0	0	2	10,000	4	10,000
TOTALES	**134**	**623,200**	**81**	**238,600**	**217**	**861,800**

Fuente: CEA.

Figura 6.5. *Fotos que muestran los trabajos de los sistemas conductores de aguas residuales. Fuente: CEA.*

6.3.4. Cronología en la Gestión del Agua: CEA

Los avances importantes en materia de conducción y tratamiento de aguas residuales en la ZCG han sido posibles por la coordinación de los tres niveles de gobierno de gestión del agua.

Las instituciones de financiamiento han jugado un papel muy importante en este tipo de programas y proyectos (Figura 6.6).

La cronología de algunos avances importantes en materia de gestión del agua es la siguiente:

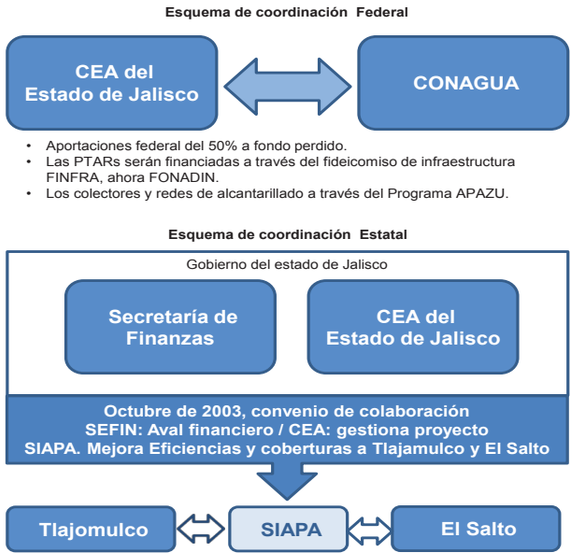


Figura 6.6. *Esquema de coordinación Federal y Estatal para la gestión del agua.*

1. Julio de 2005, se firma el primer anexo de ejecución para colectores en el marco del Programa APAZU por una inversión total de 40 mdp. El gobierno del Estado contrata el crédito con BANOBRAS por 1750 mdp.

2. Febrero 2006, se obtiene la autorización del FINFRA para el financiamiento de las PTARs y Túneles.

3. Mayo de 2006, se obtiene el registro en SHCP el Programa Integral de Saneamiento de la ZCG por un monto 4500 mdp a precio de 2005.

4. Agosto de 2006, se publica la licitación del paquete de obras autorizadas por el FONADIN.

5. Junio de 2007, se declara desierta la licitación convocada en Agosto 2006, proponiéndose realizar convocatorias de cada una de las PTAR's por separado.

6. Enero de 2008, el Programa Integral de Saneamiento se integra al Plan Nacional de Infraestructura y se considera un proyecto emblemático del sector. La Secretaría de la Función Pública instala mesas de acompañamiento para este proyecto.

7. Marzo de 2008, se formalizó el anexo de Ejecución del Programa APAZU por una inversión total de 398.2 mdp.

8. Mayo de 2008, el comité del FONADIN, ratifica la autorización al Proyecto y autoriza la licitación en procesos independientes, para cada una de las PTARs. Los túneles se transfirieron al programa APAZU.

9. Diciembre de 2008, se firma el contrato de Prestación de Servicios CPS para la construcción de la PTAR "El Ahogado" con una inversión estimada 858 mdp a valores de Septiembre de 2008.

10. Marzo de 2009, se formaliza el anexo de ejecución del Programa APAZU, con una inversión total de 79 mdp.

11. Septiembre de 2009, se firma el contrato de Prestación de Servicios CPS, para la contratación de la PTAR" Agua Prieta", con una inversión de 2,605 mdp a precios de Julio de 2009.

12. Enero de 2010, se radica en el Fideicomiso de Administración y Pago "El Ahogado" los 367 mdp de apoyo del FONADIN al Proyecto.

13. Abril de 2010, se formalizaron los anexos de ejecución en el programa APAZU, por un monto de inversión global de 380 mdp.

14. Octubre de 2010, se obtienen las autorizaciones de H. Congreso del Estado de Jalisco para el cumplimiento de las condiciones suspensivas del contrato de la PTARs. "Agua Prieta"

6.4. Balance hídrico

Generalidades

Debido a los requerimientos de agua por parte de las sociedades se hace indispensable conocer el balance hídrico de un sistema, con el fin de cuantificar la disponibilidad y los volúmenes de agua existentes para hacer un uso racional de los mismos.

El balance hídrico de un sistema involucra el proceso de transporte del agua debido al movimiento ascendente dado por la evaporación y al descendente debido a la precipitación y al escurrimiento. La ecuación general del balance hídrico se basa en la ley de la conservación de la masa:

$$\sum \text{Entradas} - \sum \text{Salidas} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

Al aplicar esta ecuación se deben considerar dos condiciones importantes: la unidad o delimitación hidrogeológica, es decir, que el agua que se mide y se compare pertenezca al mismo sistema, y el período de tiempo de medición deberá ser al menos de un año.
El balance hídrico realizado en una cuenca o en una

región determinada permite obtener información sobre el volumen anual de escurrimiento o excedentes; el período en el que se produce el excedente y por tanto la infiltración al acuífero; el período en el que se produciría un déficit de agua o sequía y en consecuencia el cálculo de demanda de agua para riego en ese tiempo (Campos Aranda, 1987; Chapman, 1996; Freeze y Cherry, 1979; Monsalve Sáenz, 1999).

El balance parte de la medición de flujos de agua (caudales) y de los niveles de almacenamiento de la misma. Se pueden establecer balances de forma general, incluyendo aguas superficiales y subterráneas y parciales de sólo aguas superficiales ó de un acuífero. En cualquier caso, es importante examinar los elementos de entrada y salida particulares del sistema analizado.

6.4.1. Balance de agua subterránea

La disponibilidad de agua subterránea permite conocer y establecer la autorización de concesiones para su uso, transparentar la administración del recurso, desarrollar planes de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver casos de sobreexplotación de acuíferos y conflictos entre usuarios.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la responsable de publicar en el Diario Oficial de la Federación la disponibilidad de las aguas nacionales, y en lo que se refiere al agua subterránea, ésta se realiza por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales.

Los resultados presentados en esta sección se basan en la información plubicada por CONAGUA de los balances hídricos correspondientes en los acuíferos, en base a estudios técnicos de fisiografía (que incluyen estudios de clima e hidrografía), geología (estratigrafía, geología estructural y geología del subsuelo), hidrogeología (determinaciones del tipo de acuífero, de parámetros hidráulicos, piezometría, comportamiento hidráulico e hidrogeoquímica), censos de aprovechamiento e hidrometría.

Como se mencionó, la importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios, el 98% del volumen total concesionado para usos consuntivos pertenece a este

Cascada de El Salto en Juanacatlán

origen (143.20 Mm^3 de agua concesionada en el año 2011), en lo que se refiere al POFA (CONAGUA, 2012).

La ecuación de balance para el agua subterránea es:

$$\sum \text{Recarga Total} - \sum \text{Descarga total} = \text{Cambio del almacenamiento}$$

La diferencia entre la suma total de las entradas del acuífero, conocidas como recarga total, (Rt), y la suma total de las salidas del acuífero, llamada descarga total (Dt), representan el cambio en el volumen de agua del acuífero en el periodo de tiempo establecido (ΔVS).

Las entradas de agua al acuífero incluyen la recarga natural que se produce por la infiltración de las lluvias a lo largo de los escurrimientos (Rv) y la recarga que proviene de zonas montañosas contiguas a través de la recarga por flujo horizontal subterráneo (Eh).

Otra fuente de recarga al acuífero la constituye la recarga inducida (Ri), en la que se agrupan las infiltraciones de los excedentes del riego agrícola y del agua residual de las descargas urbanas.

Las salidas o descargas del acuífero ocurren principalmente por extracción total bruta o bombeo, ya sea para uso agrícola, público urbano, industrial u otros (B); salidas subterráneas (Sh); evapotranspiración (Evtr) que es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida por transpiración de la vegetación y por descargas a través de manantiales (Dm).

El cambio de almacenamiento del acuífero se basa en la configuración de la evolución anual del nivel hidrostático del período de tiempo en el que se realiza el balance, la variación se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta VS - Sy * A * h$$

Donde: ΔVS es el cambio de almacenamiento de agua en el periodo analizado; Sy es el coeficiente de almacenamiento promedio de la zona de balance; A es el área de influencia de curvas de igual evolución del nivel estático y h es el valor de la variación piezométrica en el período.

Disponibilidad de agua subterránea

Para determinar la disponibilidad media anual de las aguas subterráneas se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece la metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, en su fracción de aguas subterráneas, mediante la siguiente expresión:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS$$

Donde DAS es la disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica; Rt es la recarga total media anual; DNCOM es la descarga natural comprometida y VCAS es el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA).

El balance de agua subterránea presentado para la zona de estudio se basa en el correspondiente publicado por CONAGUA y está actualizado en el término VCAS, a partir de los volúmenes concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales registrados en el REPDA, considerando que la mayoría de los usuarios ya se encuentran inscritos en éste.

CONAGUA actualiza anualmente la disponibilidad media anual de agua subterránea por unidad hidrogeológica y publica esta información en el Diario Oficial de la Federación (información disponible http://www.conagua.gob.mx/).

Es importante reconocer la existencia pozos clandestinos en la zona, es decir, que los volúmenes de agua utilizados no están cuantificados de manera real y por lo tanto no están considerados en el balance, sin embargo, es claro que estos pozos clandestinos contribuyen de forma negativa a la disponibilidad media anual de agua subterránea.

Diagnóstico en la zona del POFA

El POFA utiliza agua subterránea de diversos acuíferos; principalmente de los acuíferos Toluquilla (clave 1402), Atemajac (clave 1401), Altos de Jalisco (clave 1413) y Cajititlán (clave 1403). Otros acuíferos de los que se extrae agua son Tepatitlán (clave 1414), Chapala (clave 1428), Arenal (clave 1436), La Huerta (clave 1430), San Isidro (clave 1450), Poncitlán (clave 1404), Lagunas (clave 1449) y Huejotitlán (clave 1451). La clave de los acuíferos corresponde al Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas, SIGMAS, de la CONAGUA.

Es importante resaltar que el acuífero Toluquilla representa aproximadamente el 79% de la superficie del POFA. Por su importancia en la zona del POFA, sólo se describe y se presenta el balance de agua subterránea para los acuíferos Toluquilla, Atemajac, Altos de Jalisco y Cajititlán. La Tabla 6.3 muestra el balance de agua subterránea para los acuíferos Toluquilla, Atemajac, Altos de Jalisco y Cajititlán.

Tabla 6.3. Balance de Agua Subterránea en el POFA.

Acuífero	Rt* (Mm³ anual)	Dt* (Mm³ anual)	ΔVS* (Mm³ anual)
Toluquilla	49.10	3.90	-17.00
Atemajac	147.30	185.20	-37.90
Altos de Jalisco	62.30	10.10	52.20
Cajititlán	47.50	45.10	2.40

*** Rt**: Recarga total, **Dt:** Descarga total, Δ**VS**: Cambio de volumen. *Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, Junio 2010; CONAGUA, Agosto 28, 2009a; CONAGUA, Marzo 2009; CONAGUA, Agosto 28, 2009b*.

En el acuífero Toluquilla no existe disponibilidad de agua subterránea para otorgar nuevas concesiones, existe un déficit de 62.55 Mm^3 anuales de agua que se están extrayendo del acuífero, sin que exista un plan de recarga del acuífero. En cuanto al acuífero Atemajac, el déficit es de 5.44 Mm^3 anuales sin que exista de igual forma, un plan de recarga del acuífero.

Esto también se observa para el acuífero Cajititlán, que presenta un déficit de 1.09 Mm^3 anuales (Tabla 6.4). Los acuíferos Toluquilla, Atemajac y Cajititlán están sobreexplotados, es decir, las reservas de agua subterránea se están agotando, esto se puede ver de las cifras de disponibilidad de agua en los acuíferos.
Los acuíferos se convierten en sobreexplotados o dejan de serlo, en función de la relación extracción/ recarga. Es importante resaltar que la disponibilidad de agua en el POFA es negativa, el 79% de su superficie ocupa el acuífero Toluquilla, del cual se extrae y se utiliza el 100% del agua subterránea de este acuífero, la urgencia de implementar planes para su recarga natural y artificial es evidente.

Con este antecedente, es claro que no existe posibilidad de otorgar nuevas concesiones de uso de agua.

6.4.2. Balance de agua superficial

Los estudios sobre hidrología superficial proporcionan información útil para el diseño de proyectos de aprovechamiento y control del agua.

En cuanto a los proyectos de aprovechamiento, éstos se basan en los volúmenes de escurrimiento medidos o estimados en el sitio de interés en intervalos de tiempo relativamente grandes (un mes).

En cambio, los proyectos de control se basan en fenómenos de crecientes (escurrimiento excesivo) que ocurren en el cauce y cuya duración es menor (de minutos a días), según el tamaño de la cuenca.

La estimación de este parametro se optiene aplicando la ecuación general al sistema de agua superficial:

$$P - R - EVTR - I = \Delta VS$$

Donde las entradas al sistema se consideran las precipitaciones atmosféricas (P), lo cual provoca que el agua llegue a la superficie del suelo. Una parte de estas precipitaciones se evapora en contacto con el aire o es absorbida por las plantas y después transpirada por las mismas (EVTR).

Entonces, el agua sigue dos caminos: una parte fluye por la superficie de la corteza terrestre y otra parte se infiltra en el terreno. El agua de infiltración aún puede ser captada por el suelo y las plantas, sufriendo entonces fenómenos de evapotranspiración o el resto circula en la superficie del suelo, denominándose al conjunto, aguas de escurrimiento (R).

La parte de agua infiltrada que alcanza una zona más profunda constituye la verdadera agua de infiltración (I) que se junta con las aguas subterráneas, alimentando el acuífero.

Tabla 6.4. Disponibilidad de Agua Subterránea en el POFA.

Acuífero	Rt* (Mm^3 anual)	DNCOM* (Mm^3 anual)	VCAS* (Mm^3 anual)	DAS* (Mm^3 anual)
Toluquilla	49.10	2.40	109.25[a]	-62.55
Atemajac	147.30	25.70	127.04[b]	-5.44
Altos de Jalisco	62.30	0.60	54.72[c]	6.98
Cajititlán	47.50	0.50	48.09[d]	-1.09

* Rt: Recarga total, DNCOM: Descarga Natural Comprometida, VCAS: Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA, DAS: Disponibilidad de Aguas Subterráneas. *Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2012). La actualización de la disponibilidad media anual de las aguas subterráneas publicada en este documento corresponde a las siguientes fechas de corte en el Registro Público de Derechos de Agua: a) Marzo 31, 2011; b) Septiembre 30, 2008; c) Marzo 31, 2009; d) Septiembre 30, 2008.*

Descarga de aguas residuales a Río Santiago

Diagnóstico en la zona del POFA

El balance hídrico climático para la zona del POFA, se realizó siguiendo el método directo (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite y Mather, 1955, 1957). La ventaja de este método es que sólo se requieren datos de variables climáticas como la precipitación y la temperatura así como la estimación de la evapotranspiración potencial, además de la compatibilidad para su aplicación en regiones húmedas y subhúmedas.

Los datos utilizados corresponden a diez estaciones climatológicas en operación reportadas en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para realizar el balance hídrico se tomaron 10 años de registros de datos de precipitación y temperatura, los cuales fueron promediados para cada mes, de esta forma se obtuvo un valor promedio para cada una de las estaciones climatológicas (Figura 6.7).

Para la estimación del balance hídrico, la única entrada que se consideró es la precipitación, mientras que como única salida se consideró a la evapotranspiración potencial.

En el POFA se distinguen dos períodos, uno seco (Octubre–Mayo) en el que se presenta un déficit de agua de hasta 330.59 mm; y uno húmedo (Junio–Septiembre) en este período se presenta exceso de agua de alrededor de 289.48 mm/anual. El excedente de agua permitirá que exista escurrimiento superficial que alimente ríos y arroyos e infiltración (Figura 6.8).

El escurrimiento superficial mensual en el POFA se determinó en base a los excesos de agua mensuales que arrojó el balance hídrico. El parámetro que determina el escurrimiento superficial es el drenaje ó desagüe (D), considerando que el 50% del excedente de agua mensual escurre en el mismo mes y el 50% restante se reparte progresivamente en los meses siguientes.

El escurrimiento generado en la zona de estudio es de 289.18 mm/anual. En el período húmedo, se presenta la recarga de humedad por la precipitación, el exceso de agua de Junio a Octubre, genera el escurrimiento de Junio a Diciembre.

La Figura 6.9 resume los procesos del balance hídrico climático en la zona de estudio.

6.5. Usos de agua superficial y subterránea

Generalidades

El POFA ha tenido grandes cambios poblacionales e industriales en los últimos 10 años. La población se ha incrementado en un 19% con respecto al año 2000 (INEGI, 2010). Estos dos factores han provocado que la demanda de agua se incremente notablemente.

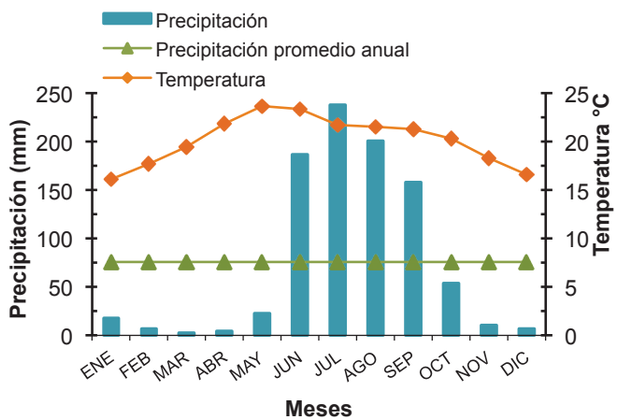


Figura 6.7. *Precipitación y temperatura promedio mensual en el POFA.*

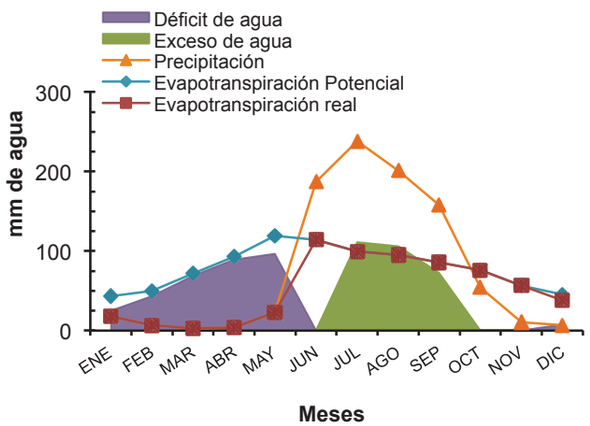


Figura 6.8. *Déficit y exceso de agua en el POFA.*

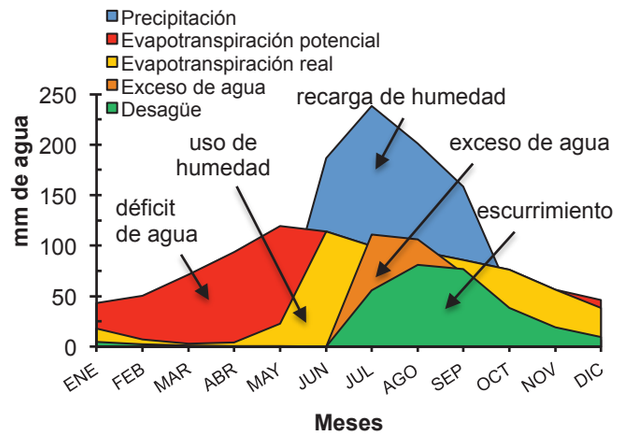


Figura 6.9. *Déficit y exceso de agua en la zona de estudio.*

En cuanto al uso consuntivo del agua, éste se refiere al uso del agua que no se devuelve en forma inmediata y directa al ciclo del agua, como son los usos agrícolas, agroindustrial, doméstico, servicios, industrial y público urbano entre otros. En cuanto a los usos no consuntivos, estos se refieren a que el agua regresa de forma inmediata y directa al ciclo hídrico sin transformación alguna. Uno de los usos no consuntivos más importantes es el uso del agua en la generación de energía (Mapa 6.1).

La Tabla 6.5 resume los usos consuntivos del agua subterránea y superficial agrupada en categorías e indicando el número de títulos concesionados correspondientes.

6.5.1. Agua superficial

El volumen total de agua superficial consumida por el POFA, tomando en cuenta los municipios que lo integran, a partir de datos del Registro Público de Derechos del Agua (CONAGUA, 2011) es de 1,417.45 Mm^3/año, con 28 concesiones para aprovechamientos de agua superficial.

Los principales afluentes son el Río Santiago y las Presas El Mulato, El Cuervo, El Molino, El Guayabo, el Manantial San Javier, el Arroyo Sin Nombre y el Arroyo Colorado.

Tabla 6.5. Usos del Agua en el POFA.

	AGUA SUBTERRÁNEA		AGUA SUPERFICIAL		
Uso	**Títulos**	**Volumen de extracción concesionado (Mm^3año)**	**Títulos**	**Volúmen de extracción concesionado (Mm^3año)**	**Volumen de extracción (Mm^3/año)**
Agrícola	1,224	49.57	12	1.09	50.67
Agroindustrial	1	0.04	0	0	0.04
Doméstico	26	2.04	0	0	2.04
Industrial	121	14.93	1	~0.01	14.94
Múltiples	143	7.89	3	0.035	7.93
Pecuario	43	0.24	3	~0.01	0.25
Público Urbano	141	50.28	6	1.75	52.03
Servicios	108	18.17	0	0	18.17
Generación de Energía Eléctrica	0	0	3	1,414.55	1,414.55
Otros	0	0	0	0	0
TOTAL	**1,807**	**143.20**	**28**	**1,417.45**	**1,560.65**

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, REPDA, 2012.

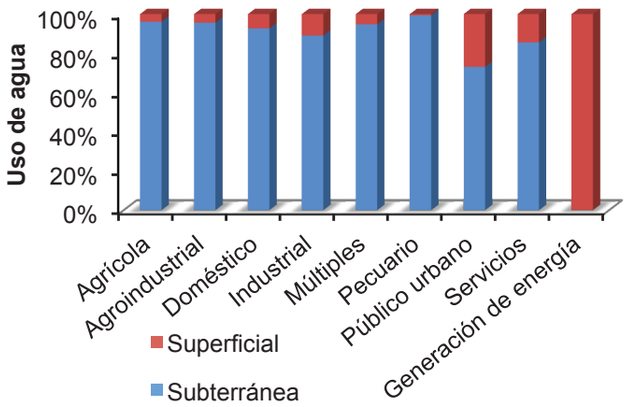


Figura 6.10: *Uso de agua subterránea y superficial en la zona de estudio (REPDA, 2012).*

La información se agrupa en 10 categorías de aprovechamiento: agrícola, agroindustrial, doméstico, industrial, múltiples, pecuario, público urbano, servicios, generación de energía y otros. Es importante aclarar que en zonas urbanas, la industria se abastece también de la red municipal, por lo que el volumen reportado está subestimado.

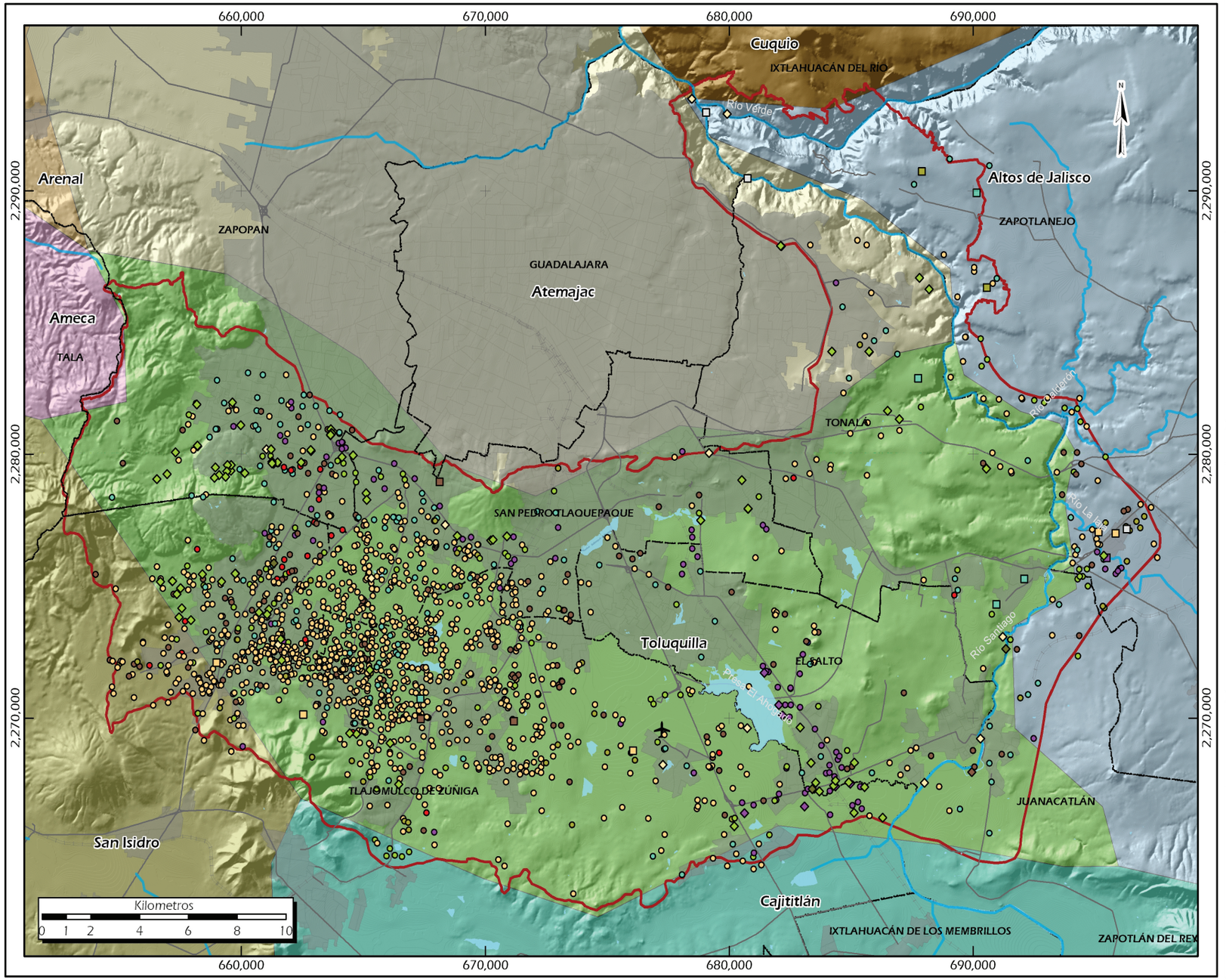
El agua superficial se usa principalmente para la generación de energía eléctrica (Figura 6.10), con un total de 1,414.55 Mm^3/año, como uso no consuntivo. El uso consuntivo público urbano es el más importante con 1.75 Mm^3/año, seguido del agrícola (1.09 Mm^3/año), múltiple (0.03 Mm^3/año), industrial y pecuario con aproximadamente 0.01 Mm^3/año.

6.5.2. Agua subterránea

Al igual que el agua superficial, los acuíferos en los cuales se encuentra inscrito el POFA son administrados por el REPDA, los usos se agrupan en 10 categorías de aprovechamiento: agrícola, agroindustrial,

Mapa: 6.1

Tipos y usos de aprovechamientos



Simbología

Uso

- Agrícola
- Agroindustrial
- Doméstico
- Energía eléctrica
- Industrial
- Múltiple
- Pecuario
- Público urbano
- Servicios

Tipo de aprovechamiento

- Federal
- Subterráneo
- Superficial

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

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

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

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

doméstico, industrial, múltiples, pecuario, público urbano, servicios, generación de energía y otros.

El volumen total de extracción de agua subterránea correspondiente a los municipios que integran el POFA es de 143.20 Mm^3/año con 1,807 títulos de aprovechamiento (REPDA, 2011).

El uso predominante es el público urbano con un volumen 50.28 Mm^3/año, es decir, 29 veces más que el volumen de agua superficial utilizado para este caso y que representa el 35.11% del agua subterránea. El otro uso predominante del agua subterránea es el agrícola con el 34.61% de la extracción, con un volumen de 49.57 Mm^3/año, 46 veces más que el de agua superficial dedicado a este uso.
El volumen para servicios es de 18.17 Mm^3/año (no hay uso de agua superficial en este rubro); para uso industrial con 14.93 Mm^3/año (2,045 veces más que el correspondiente al agua superficial); y finalmente para el uso pecuario con 0.24 Mm^3/año (41 veces más que la extracción superficial para el mismo uso).

La Tabla 6.6 muestra los volúmenes extraídos de agua subterránea correspondientes a los acuíferos más importantes de los cuales el POFA obtiene agua para las diversas actividades que ahí se desarrollan. El volumen total de agua extraída de estos acuíferos corresponde al 96.63% del total del agua concesionada al POFA (CONAGUA, REPDA, 2012).

En orden de importancia se encuentran el acuífero Toluquilla, que representa el 76.3% del volumen total de agua concesionada al POFA, Altos de Jalisco (9.73%), Atemajac (6%) y Cajititlán (4.60%) (Figura 6.11).

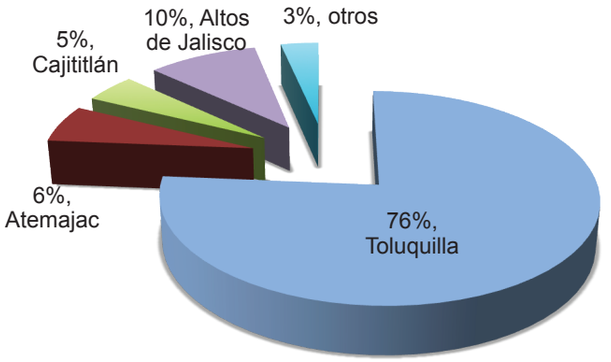


Figura 6.11. *Porcentajes de volúmenes de agua subterránea concesionados con respecto a los acuíferos inscritos en el POFA.*

El número de títulos concesionados del acuífero Toluquilla representa el 85.44% del total que existen en el POFA, de ahí la importancia de proponer planes de recarga ya que como se observó, el acuífero tiene un déficit de 62.55 Mm^3 anuales de agua.

El siguiente acuífero de importancia del que se extrae agua subterránea es el de Atemajac (4.81% del número total de títulos), seguido por el de Altos de Jalisco (3.37% del número total del títulos) y finalmente el de Cajititlán (2.26% del número total de títulos). El 4.12% del número total de títulos concesionados en el POFA está repartido entre los acuíferos Tepatitlán, Chapala, Arenal, La Huerta, San Isidro, Poncitlán, Lagunas y Huejotitlán.

Tabla 6.6. Usos del Agua en los acuíferos inscritos en el POFA.

	Acuífero Toluquilla		Acuífero Atemajac		Acuífero Altos de Jalisco		Acuífero Cajititlán	
Uso	**Títulos**	**Volumen de extracción concesionado (Mm^3/año)**	**Títulos**	**Volumen de extracción concesionado (Mm^3/año)**	**Títulos**	**Volumen de extracción concesionado (Mm^3/año)**	**Títulos**	**Volumen de extracción concesionado (Mm^3/año)**
Agrícola	1,108	40.32	35	2.84	26	2.91	18	1.39
Agroindustrial	1	0.04	0	0	0	0	0	0
Doméstico	23	0.04	0	~0.01	0	0	0	0
Industrial	99	12.59	8	0.30	3	0.89	4	0.92
Múltiples	119	6.72	7	0.11	5	0.43	0	0
Pecuario	26	0.17	1	0.01	5	0.02	4	0.01
Público Urbano	100	43.42	27	5.10	2	0.05	6	1.38
Servicios	68	3.91	6	0.18	20	9.62	9	2.87
TOTAL	**1,544**	**109.25**	**87**	**8.57**	**61**	**13.94**	**41**	**6.60**

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, REPDA, 2012.

6.6. Redes de monitoreo de calidad del agua

6.6.1. La red nacional de monitoreo de CONAGUA

En el 2010, la red nacional de monitoreo contaba con 1,627 puntos de medición, distribuidos en todo el país. Las determinaciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se llevan a cabo en la Red Nacional de Laboratorios, la cual está constituida por 13 laboratorios ubicados en los Organismos de Cuenca y 15 en las direcciones locales.

La CONAGUA realiza las evaluaciones de la calidad del agua utilizando tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día (DBO_5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST).

De manera global, la DBO_5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales tanto de origen municipal como no municipal.

La DBO_5 determina la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de estos parámetros está relacionado directamente con la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua lo cual conlleva a la afectación de los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, el aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática.

Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa. Es oportuno mencionar que los sitios con monitoreo de calidad del agua están ubicados en zonas con una alta influencia antropogénica (Atlas del Agua, 2011).

En la zona de influencia del POFA, la red nacional cuenta con 6 puntos de monitoreo sobre el Río Santiago, los cuales se ubican desde la población de Cuitzeo, municipio de Poncitlán, hasta las inmediaciones de la presa Santa Rosa (Figura 6.12).

Solamente un punto de monitoreo de la red se encuentra dentro de los límites del POFA, y se ubica después de la confluencia del Arroyo del Ahogado. Una evaluación desde 2000 hasta 2011 para este punto indica que en términos de DQO, a excepción de 2011, los resultados lo catalogan en la clasificación de agua contaminada, con valores entre 40-200 mg/l. El promedio para 2011 alcanzó un valor de 260 mg/l que lo ubicó en el intervalo de clasificación de agua fuertemente contaminada.

En el parámetro DBO_5 los resultados anuales muestran que para 2000, 2001, 2007, 2008, 2009 y 2011 se alcanzaron valores que los ubican dentro de la clasificación de agua contaminada (entre 30-120 mg/l), el resto se ubicaron en la clasificación de agua aceptable, ente 6 y 30 mg/l. Respecto al criterio de SST, se reportó que para los años 2002, 2004 y 2011 los resultados se encuentran en la clasificación de calidad aceptable (entre 75 y 150 mg/l), mientras que para los años restantes se ubican entre buena calidad y excelente, con valores menores a 75 mg/l.

Un punto importante sobre la red de monitoreo de CONAGUA es el hecho de que, si bien se han medido más parámetros que los que se utilizan como criterio de evaluación, a la fecha no hay una homogeneidad en cuanto al número de mediciones por estación y por año, y además existen algunas diferencias en cuanto a los parámetros medidos de un año a otro.

Como se mencionó, actualmente sólo existe una estación dentro del POFA, por lo que una propuesta de mejora para la red sería incrementar el número de estaciones de monitoreo en la zona de influencia del Polígono.

6.6.2. La red de monitoreo de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco

Con el objetivo de contar con información actualizada sobre la calidad del agua del Río Santiago y sus afluentes, la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA) realiza muestreos periódicos desde 2009. Este monitoreo se lleva a cabo mediante muestreos puntuales que incluyen 10 sitios sobre el Río Santiago, dos sobre el Arroyo El Ahogado y uno en el Río Zula.

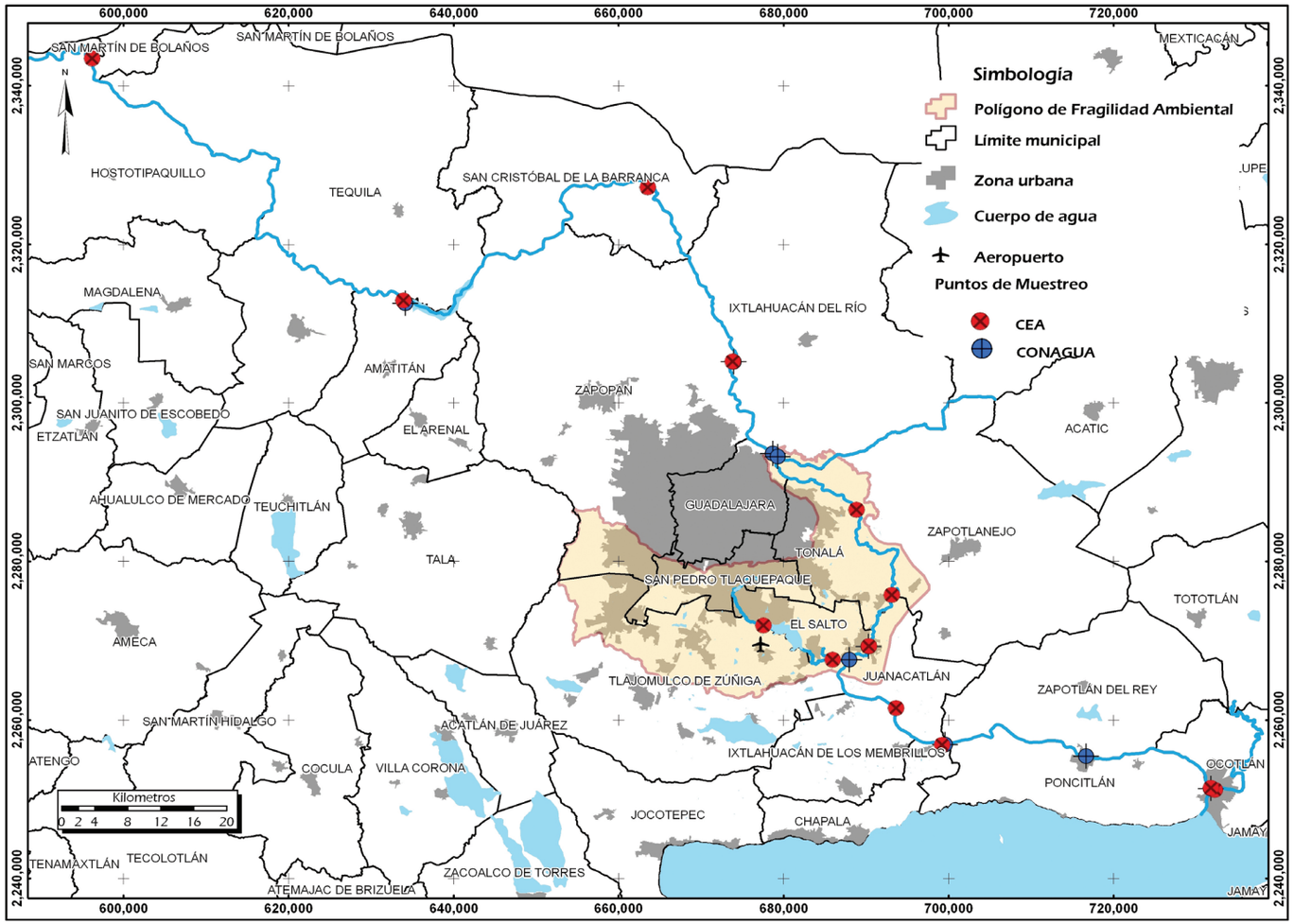


Figura 6.12. *Localización de los puntos de monitoreo de la CEA.*

De los 13 puntos, solamente 3 de ellos estan sobre el cauce del Río Santiago (Compuerta-Puente El Salto-Juanacatlán, Puente Grande y Vertedero controlado de Matatlán) y dos sobre el Arroyo El Ahogado (Carretera a Chapala antes del Aeropuerto y Puente localidad El Muelle) se encuentran dentro de los límites del POFA (Figura 6.12). Es importante señalar que la CEA ha realizado monitoreos mensuales desde febrero de 2009 totalizando 9 monitoreos en 2009, 11 durante 2010, 8 en 2011 y 9 reportados durante 2012.

Todos los resultados están publicados en la página web de la CEA, en el apartado de estudios de calidad del agua (CEA, 2012). Los 38 parámetros (23 fisicoquímicos, 13 metales pesados y 2 microbiológicos) monitoreados por el laboratorio de la CEA se enlistan en la Tabla 6.7.

Respecto al análisis de la información, en particular la interpretación de los resultados de calidad del agua, la CEA se ha basado en los lineamientos de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales de CONAGUA, 2009) para uso 3: protección a la vida acuática (agua dulce y humedales), además de los tres indicadores propuestos por la CONAGUA (DQO, DBO_5 y SST).

En los datos publicados por la CEA, los resultados de cada punto de monitoreo (para cada año) son contrastados contra los lineamientos de calidad del agua y se enumeran los parámetros que superan estos lineamientos. Además, se mencionan los puntos que muestran mayor contaminación en términos de cuántos parámetros superan los lineamientos de calidad.

Esta interpretación, aunque proporciona información espacio-temporal muy específica (por cada parámetro medido) dificulta la presentación ágil y global del estado de los cuerpos de agua.

6.7. Evaluación de la calidad del agua mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA)

Una visión complementaria a la interpretación por parámetro, es la construcción de índices de calidad del agua. Estos índices han sido desarrollados para evaluar la adecuación de la calidad del agua para una variedad de usos de la misma. Los índices reflejan el estado de la calidad del agua en lagos, arroyos, ríos y reservorios.

Tabla 6.7. Parámetros medidos por la CEA.

Parámetro	Unidad
Fisicoquímicos	
Temperatura	°C
pH	U.P.
Oxígeno disuelto	mg/l
Conductividad	µS/cm
Turbiedad	UNT
Alcalinidad total	mg $CaCO_3$/l
Cloruros totales	mg/l
Dureza total	mg $CaCO_3$/l
Fluoruros	mg/l
Nitrógeno de nitratos	mg/l
Nitrógeno de nitritos	mg/l
Nitrógeno amoniacal	mg/l
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/l
Sulfatos	mg/l
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l
Grasas y aceites	mg/l
Fósforo total	mg/l
Sólidos suspendidos totales	mg/l
Sólidos disueltos totales	mg/l
Sólidos sedimentables	ml/l
Sulfuros	mg/l
Metales pesados	
Aluminio	mg/l
Arsénico	mg/l
Bario	mg/l
Cadmio	mg/l
Cobre	mg/l
Cromo	mg/l
Fierro	mg/l
Manganeso	mg/l
Mercurio	mg/l
Níquel	mg/l
Plomo	mg/l
Sodio	mg/l
Zinc	mg/l
Microbiológicos	
Coliformes totales	NMP/100 ml
Coliformes fecales	NMP/100 ml

El concepto se basa en la comparación de la concentración de contaminantes con los respectivos estándares regulatorios ambientales. Los índices reflejan el número, la frecuencia y magnitud por la que los estándares para variables específicas no se cumplen en un período de tiempo dado (Khan y col., 2003).

En la Tabla 6.8 se muestran las categorías en que se clasifica la calidad del agua, según el valor resultante del cálculo del índice de calidad del agua.

6.7.1. Resultados del ICA para 2009-2012

En la Figura 6.13 puede verificarse que los valores del ICA, calculados desde 2009 hasta 2012 en todos los puntos de monitoreo de la CEA, se han mantenido debajo de 40; lo cual de acuerdo a la Tabla 6.8 significa que la calidad del agua se encuentra en la categoría más baja (pobre).

Los valores obtenidos de ICA reflejan el número, la frecuencia y magnitud por la que los estándares establecidos para los parámetros incluídos no se cumplen en un período anual. Por tanto, los resultados plasmados en la Figura 6.13 muestran que la calidad del agua está casi siempre amenazada y que su condición se aparta frecuentemente de los niveles naturales deseables.

En la Figura 6.13 los puntos de monitoreo desde Ocotlán hasta Paso La Yesca se ubican sobre el cauce del Río Santiago. Analizando la misma figura es notoria una tendencia hacia la disminución del ICA sobre el cauce del río, desde el punto Ex Hacienda Zapotlanejo hasta San Cristóbal de la Barranca. Esto se relaciona con la ubicación de las descargas de la ZMG y el aporte contaminante del Arroyo El Ahogado que también presenta valores bajos del índice.

Tabla 6.8. Categorías e intervalo de valores del ICA.

Color Simbología	Categoría	Intervalo de valores	Descripción
	Excelente	100-95	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales.
	Buena	94-80	La calidad del agua está frecuentemente protegida, bajo grado de amenaza o daño, su condición rara vez se aparta de los niveles naturales o deseables.
	Aceptable	79-65	La calidad del agua está usualmente protegida, pero ocasionalmente es amenazada o dañada, su condición algunas veces se aparta de los niveles naturales o deseables.
	Marginal	64-45	La calidad del agua está frecuentemente amenazada o dañada, su condición frecuentemente se aparta de los niveles naturales o deseables.
	Pobre	44-0	La calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada, su condición casi siempre se aparta de los niveles naturales o deseables.

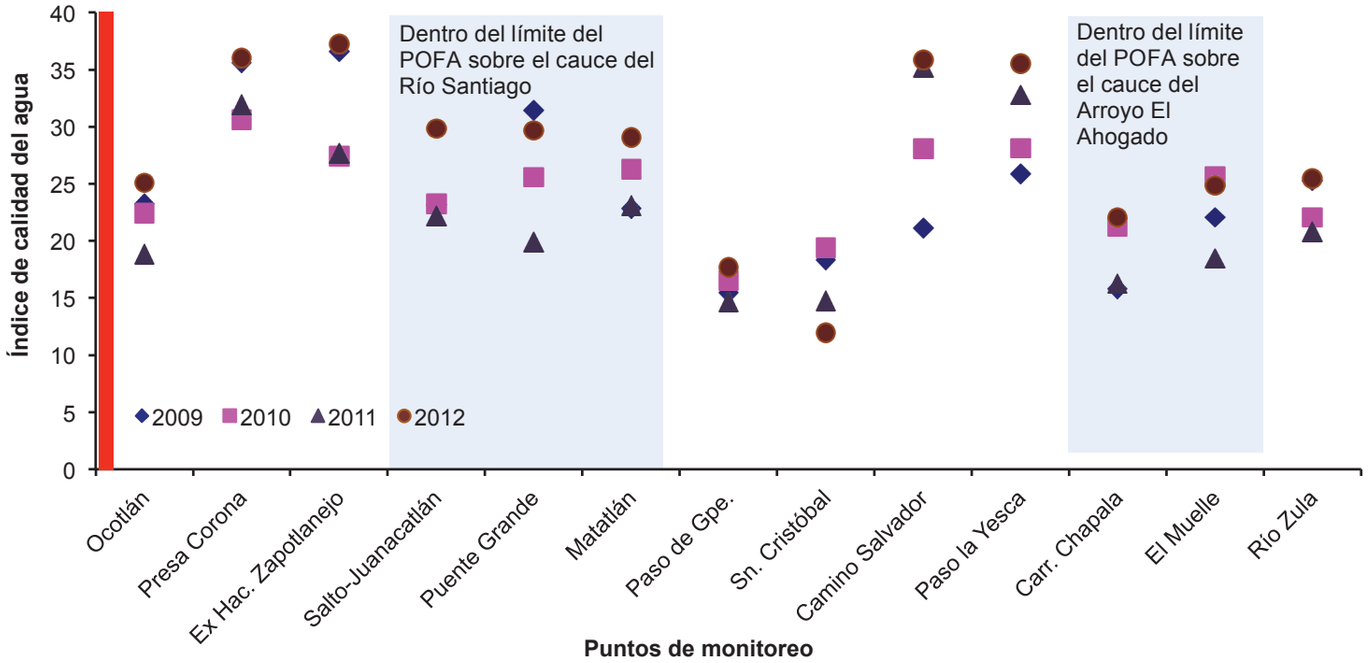


Figura 6.13. *Resultados del ICA para El Arroyo el Ahogado y el Río Santiago (Elaboración propia con datos de la CEA). Nota: los puntos estan en el orden de representación sugerido por la CEA, ubicándose los 10 primeros puntos (Ocotlán a Paso La Yesca) sobre el cause del Río Santiago y los últimos 3 (carretera a Chapala, El Muelle y Río Zula) en afluentes del mismo. La figura no representa la distancia que existe entre los puntos.*

Es importante señalar que de los puntos que se monitorearon dentro del POFA, los valores más bajos del ICA se encontraron en el Arroyo El Ahogado, particularmente a la altura de su cruce con la carretera a Chapala. Valores cercanos se obtuvieron fuera del POFA, para los sitios de Paso de Guadalupe y San Cristóbal de la Barranca.

Un resultado notorio es que exceptuando los puntos de Puente Grande, San Cristóbal de la Barranca y El Muelle, los resultados del ICA para 2012 son más altos que en los años anteriores.

Por otro lado, es interesante resaltar que en las cercanías del POFA (aguas arriba) se nota una mejora en la calidad del agua en el transcurso de Ocotlán hasta la Ex Hacienda Zapotlanejo, por lo que sería interesante realizar estudios a detalle en esta zona para identificar las condiciones que favorecen la autodepuración del río, con la idea de potenciarlas y poder establecerlas en otras regiones.

6.7.2. Calidad microbiológica del agua en el POFA

Como consecuencia de las descargas de aguas residuales sin tratar, tanto el arroyo El Ahogado como el Río Santiago han presentado históricamente una diversidad de contaminantes, además de la presencia de microorganismos considerados de riesgo para la salud humana (McCulligh, 2010). En los monitoreos periódicos que la CEA realiza desde 2009 es evidente la alta concentración de coliformes (totales y fecales), siendo el parámetro que rebasa la norma con mayor frecuencia y en la mayoría de puntos (CEA, 2012).

Un análisis complementario a esta información, que se propone en este trabajo sería la detección de *Escherichia coli* O157, *Salmonella* y *Campylobacter*. La cepa *E. coli* O157 es una de los cientos de variedades existentes de *E. coli*.

Aunque la mayoría de cepas de esta enterobacteria son inocuas y viven en intestinos de animales y humanos saludables, existen variedades de la O157 que son fuertemente tóxicas. Algunas variedades de O157 son causantes de infecciones (frecuentemente sin fiebre) que provocan dolores abdominales, diarreas severas,

Rio La Laja con estancamientos de aguas residuales

incluso acompañadas de excreciones sanguinolentas. En general, la presencia de *E. coli* O157 en agua está considerada como de riesgo para la salud humana. (EPA, 2012).

Por otro lado, los organismos del género *Salmonella*, pueden existir de manera natural en el ambiente (vida libre), pero también se encuentran en aguas contaminadas con heces fecales de humanos o animales infectados. Esta enfermedad provoca diarreas, fiebres y dolores abdominales entre las 12 y 72 hrs después de la infección. En general, la presencia de *Salmonella* en agua está considerada como de potencial riesgo para la salud humana debido a su patogenicidad (CDC, 2012b).

Otro microorganismo con presencia en agua es *Campylobacter*, una bacteria gram negativa, microaerofílica, es una de las causantes de enfermedades diarreicas bacterianas más común. *Campylobacter jejuni*, es la cepa asociada con la mayor parte de las infecciones reportadas en los seres humanos, puede estar presente en el cuerpo sin causar una enfermedad notable o síntomas. Los microorganismos del género *Campylobacter* se pueden encontrar en cualquier lugar y comúnmente se encuentran en el tracto intestinal de ganado vacuno, porcino, roedores, monos, aves silvestres y en algunos humanos. La bacteria pasa a través del cuerpo en las heces y circula a través del ambiente. También, se encuentra en agua residual no tratada (CDC, 2012a).

En la Figura 6.14 se observan los puntos de muestreo de agua que se realizaron; puede notarse que diversos puntos dieron positivo para *Salmonella*, particularmente los sitios cercanos a las descargas municipales de localidades tales como La Laja o después de los colectores de drenaje de la zona metropolitana de Guadalajara, como lo es el sitio de Arcediano y Las Juntas. Estos resultados positivos se someteran a análisis microbiológicos especializados para detectar *Escherichia coli* O157 y *Campylobacter.*

Un aporte importante de contaminantes es el Canal o Arroyo El Ahogado, en el cual a la altura de la localidad de El Muey dio positivo para Salmonella. También después de la confluencia del Arroyo El Ahogado y el Río Santiago a la altura de Juanacatlán, se encontró la presencia de este microorganismo. Resultados negativos se obtuvieron para el punto del Río Santiago antes de entrar al área de influencia del POFA (Ex Hacienda Zapotlanejo), a la altura de la localidad de Puente Grande y en la Presa Las Pintas.

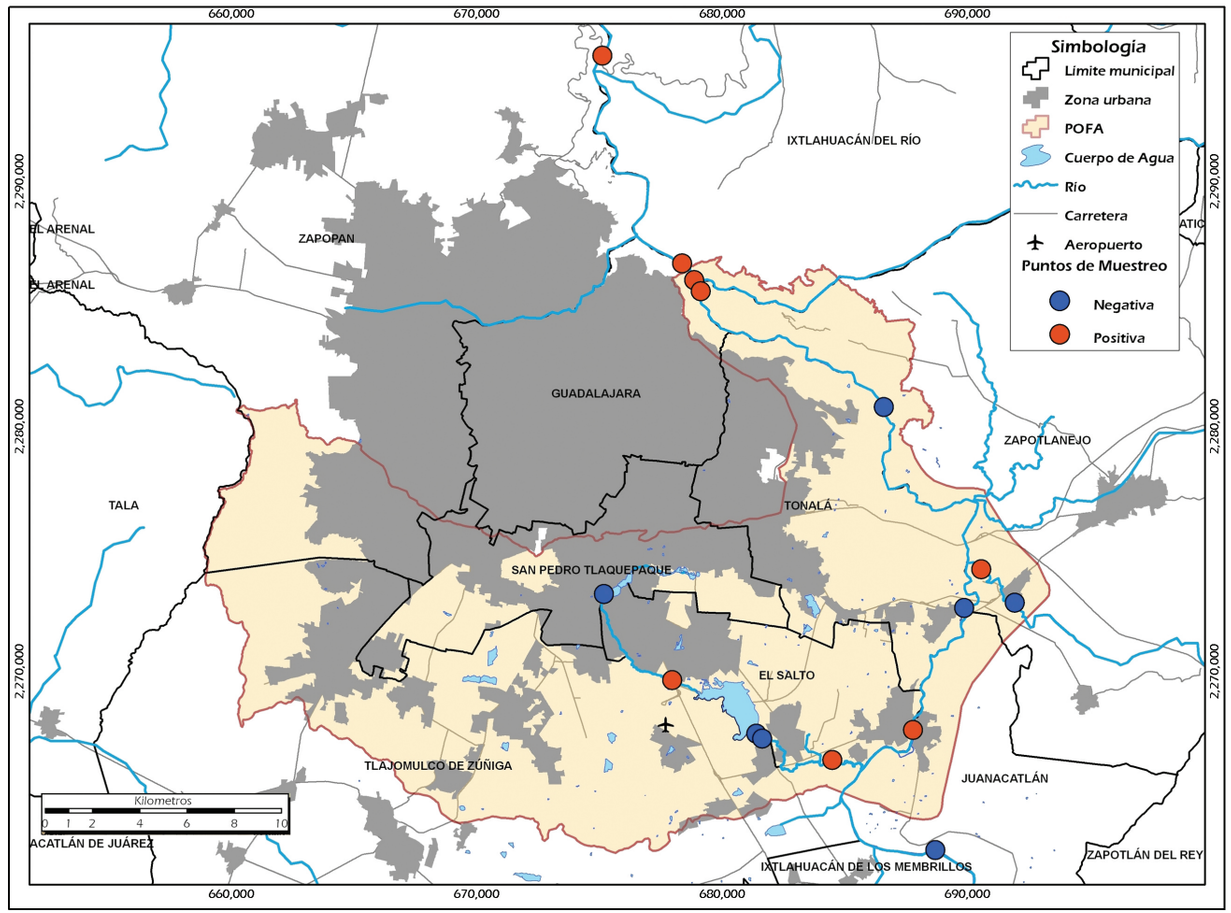


Figura 6.14. *Sitios con presencia de Salmonella.*

7. Marco Institucional para la gestión de los recursos naturales en el POFA

7. Marco Institucional para la gestión de los recursos naturales en el POFA

En este capítulo se describe el marco legal para la gestión de los recursos naturales en los tres niveles de gobierno, particularmente se destaca el marco institucional de las Áreas Naturales Protegidas en el POFA.

Desde el inicio de su evolución los seres humanos se han organizado para adquirir y usar los recursos de la naturaleza que les permiten satisfacer sus necesidades de supervivencia. El uso de los elementos naturales ha permitido a la civilización sobrevivir y evolucionar durante miles de años.

Algunas veces, la sobreexplotación de los recursos naturales ha traído como consecuencia la extinción de especies de animales y plantas, o la transformación de ecosistemas con la consecuente pérdida de los servicios ambientales que brindan.

Por otra parte, la sociedad ha dado respuesta a los cambios en la disponibilidad de recursos mediante tecnologías alternativas o nuevas formas de aprovechamiento. Es así que se da una mutua influencia y dependencia entre el sistema natural y el sistema social.

En México las políticas en materia de gestión de los recursos naturales tienen su fundamento legal en el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, con su última reforma en el 2012, en el cual se señala que corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental.

Además, de que ésta tendrá el derecho de regular el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación y de dictar las medidas necesarias para estable cer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de suelo, agua y bosques; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

7.1. Marco legal para la gestión de los recursos naturales en el POFA

La legislación mexicana para la gestión de los recursos naturales tiene soporte en el Artículo 73 Fracción XXIX-G de la Constitución, donde se señala que el Congreso esta facultado para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y los municipios, dentro de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Ley que regula la gestión de recursos naturales es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada desde 1988 y con la última reforma en el 2012, la cual establece la política ambiental para la gestión de los recursos naturales, así como las atribuciones y ámbitos de competencias de la Federación, los Estados y los Municipios.

De la LGEEPA se desprenden los demás ordenamientos legales que regulan la gestión de los recursos naturales, como lo son las leyes generales de temas específicos y sus reglamentos, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX); las leyes estatales, sus reglamentos y las Normas Ambientales Estatales (NAE); así como los reglamentos y programas municipales en materia ambiental.

El Plan Nacional de Desarrollo es el documento rector de la política nacional del gobierno federal y el actual (2007-2012) contiene un eje dedicado a la sustentabilidad ambiental de los recursos naturales, definiendo estrategias para el aprovechamiento sustentable de éstos.

A nivel estatal es el Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030, dentro de los programas sectoriales especiales para el desarrollo social (numerado 11), el cual establece la temática de Preservación y Restauración del Medio Ambiente, con varios subprogramas relacionados con la preservación de los recursos naturales.

Sin embargo, aún con todos los instrumentos jurídicos con que cuenta la legislación ambiental, se presentan serios problemas para llevar a cabo acciones de conservación del ambiente, y en específico sobre los recursos naturales. Estos problemas no se deben a la falta de leyes, reglamentos y normas, sino a la falta de precisión y coordinación de éstos.

Estos instrumentos jurídicos usualmente no llegan a ser aplicables, ya que algunos de ellos son obsoletos, se traslapan o son tan generales que no son claros en los casos específicos reales (Galindo y Loa, 1998).

A continuación se presentan los ordenamientos legales que regulan la gestión de los recursos naturales en el POFA de competencia federal (Tabla 7.1), estatal (Tabla 7.2) y municipal (Tabla 7.3).

Todo el marco legal básico existente es complejo debido a la gran cantidad de instituciones gubernamentales que son responsables de su implementación; por lo que resulta indispensable contar con suficiente coordinación política para brindarle la jerarquía necesaria al tema de la gestión y conservación de los recursos naturales.

El diseño de leyes, políticas, proyectos e instrumentos para la gestión y conservación deben ser transversales a toda toma de decisiones en el país y de forma coordinada en los diversos sectores y niveles del gobierno mexicano, y estos deben ser efectivamente aplicados para garantizar la existencia y la conservación de los recursos naturales y áreas naturales protegidas.

7.2. Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son las zonas del territorio nacional sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, aquellas en que el ambiente original no ha sido significativamente alterado por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas (D.O.F, 2012; P.O.E, 2010).

Los principales objetivos del establecimiento de las ANP son:

• Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.

Tabla 7.1. Ordenamientos legales, fecha de publicacióny reforma, e instituciones que regulan la gestión de los recursos naturales en el POFA de competencia Federal.

ORDENAMIENTO LEGAL	FECHA DE PUBLICACIÓN Y ÚLTIMA REFORMA	INSTITUCIÓN ENCARGADA DE SU APLICACIÓN
COMPETENCIA FEDERAL		
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	1988-2012	SEMARNAT, PROFEPA
Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos	2003-2012	SEMARNAT, PROFEPA
Ley General de Vida Silvestre	2000-2012	SEMARNAT, PROFEPA
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	2003-2008	CONAFOR, SEMARNAT, PROFEPA
Ley de Aguas Nacionales	1992-2011	CONAGUA
Ley Federal de Pesca y Acuacultura Sustentable	2007-2012	SAGARPA, INAPESCA
Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental	2000-2012	SEMARNAT, PROFEPA
Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico	2003-2010	SEMARNAT, PROFEPA
Reglamento de la LGEEPA en materia de áreas Naturales Protegidas	2000	SEMARNAT (SNANP), PROEPA
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos	2006	SEMARNAT, PROFEPA
Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	2005	CONAFOR, SEMARNAT, PROEPA
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	1994-2011	CONAGUA
Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre	2006	SEMARNAT, PROFEPA
Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX), relacionadas con la gestión de recursos naturales	—	SEMARNAT, PROFEPA

Tabla 7.2. Ordenamientos legales, fecha de publicación y reforma, e instituciones que regulan la gestión de los recursos naturales en el POFA de competencia Estatal.

ORDENAMIENTO LEGAL	FECHA DE PUBLICACIÓN Y ÚLTIMA REFORMA	INSTITUCIÓN ENCARGADA DE SU APLICACIÓN
COMPETENCIA ESTATAL		
Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEEPA)	1989-2010	SEMADES, PROEPA
Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco	2007	SEMADES, PROEPA
Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios	2005	CEA, MUNICIPIOS QUE INTEGRAN EL POFA
Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Jalisco	2004-2007	SEDER
Reglamento de la LEEEPA en materia de Impacto Ambiental, explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera generada por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco	1992-2007	SEMADES, PROEPA
Reglamento de la LEEEPA en materia de áreas Naturales Protegidas	2009	SEMADES, PROEPA
Reglamento de la Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios	2005	CEA, MUNICIPIOS QUE INTEGRAN EL POFA
Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco en materia de Recolección y Transporte de Residuos de Manejo Especial	2011	SEMADES, PROEPA
Normas Ambientales Estatales (NAE) 001, 002, 003, 004, 005 y 007	2003, 2003-2006, 2006, 2005, 2005 y 2008	SEMADES, PROEPA

- Proteger sitios escénicos de interés y valor histórico, cultural y arqueológico.
- Proteger zonas de especial importancia por su valor hidrológico y forestal, que constituyan fuentes de servicios.
- Proporcionar un campo adecuado para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.
- Propiciar el ecoturismo y la recreación, conforme a criterios ambientales definidos en cada ANP.

En el estado de Jalisco se ubican 18 Áreas Naturales Protegidas que cuentan con protección legal, mediante decreto del Ejecutivo Federal y el Poder Legislativo Estatal (Congreso del Estado), en conjunto suman una superficie de 789,884.24 ha y 87.9 kilómetros de litoral (tortuga marina) (Tabla 7.4).

Considerando que Jalisco cuenta con un territorio de 7'859,900 hectáreas (78,599 km^2 INEGI), se puede mencionar que el 10.04% de la superficie del territorio del estado de Jalisco se encuentra legalmente protegido (789,884.24 ha), además de 87.9 kilómetros de su litoral, lo que significa un 25.7% del total.

Sin embargo, dentro del POFA sólo está incluida una fracción del área natural protegida del “Bosque La Primavera”, correspondiente a una superficie de 4,170 ha, de las cuales 3,022 ha corresponden al territorio municipal de Zapopan; 1,139 ha a Tlajomulco de Zúñiga y sólo 9 ha a Tala (Mapa 7.1).

En general, el ANP “La Primavera” se puede identificar como una corriente de bienes y servicios ambientales principalmente para la Zona Conurbada de Guadalajara, proporcionando protección a la cuenca y subcuencas hidrológicas en que se ubica. Ésta representa uno de los principales aportes de agua a la región; funcionando como sitio fundamental para la captación, filtración, transporte y saneamiento natural de agua superficial y subterránea.

Por la conformación y composición de su macizo boscoso, el área tiene funciones ecológicas relevantes evitando la erosión, regulando la composición química de la atmósfera, mediante la captura de carbono y la fijación de nutrientes; así como del clima en la región, al funcionar como amortiguador y catalizador de las fluctuaciones provocadas por el área urbana adyacente a la Reserva.

Funciona como hábitat crítico para especies de la flora y fauna representativa de la región, como reservorio genético y corredor biológico entre los sistemas naturales de la región, al mantener la diversidad biológica y el patrimonio genético y favorecer la continuidad de los procesos evolutivos.

Tabla 7.3. Ordenamientos legales, fecha de publicacióny reforma, e instituciones que regulan la gestión de los recursos naturales en el POFA de competencia Municipal.

ORDENAMIENTO LEGAL	FECHA DE PUBLICACIÓN Y ÚLTIMA REFORMA	INSTITUCIÓN ENCARGADA DE SU APLICACIÓN
COMPETENCIA MUNICIPAL		
Reglamento de Ecología de El Salto, Jalisco	2004	H. Ayuntamiento de El Salto
Reglamento de Protección al Medio Ambiente del Municipio de Guadalajara	2001	H. Ayuntamiento de Guadalajara
Reglamento de Protección al Medio Ambiente del Municipio de Tonalá	2004	H. Ayuntamiento de Tonalá
Reglamento de Protección al Medio Ambiente del Municipio de Zapopan	2001	H. Ayuntamiento de Zapopan
Ordenamiento de Ecología y Medio Ambiente para el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga	2002-2006	H. Ayuntamiento de Tlajomulco de Zúñiga
Reglamento Municipal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente de Tlaquepaque	—	H. Ayuntamiento de Tlaquepaque

Todo esto lo convierte en un laboratorio vivo para el desarrollo de la investigación científica y la educación ambiental, además de representar valores escénicos y paisajísticos de vital trascendencia que permiten la implementación y desarrollo de actividades de recreación y ecoturismo (SEMARNAT, 2000).

El ANP siempre ha estado sujeto a presiones como lo son la urbanización incontrolada, principalmente de los municipios conurbados de Guadalajara y los asentamientos irregulares, que han provocado serios problemas ambientales con afectaciones hacia la biodiversidad.

Esto se debe principalmente a que no se contempló una zona de amortiguamiento, en la cual se definieran los usos de suelo que no afectaran el área natural. Como consecuencia de la urbanización, se generan contaminantes de todo tipo; deteriorando el ambiente.

En los últimos años se ha aumentado la presión sobre el ANP al dar concesiones para realizar proyectos habitacionales y de infraestructura ajenos a los objetivos de conservación (Curiel, 2009). Aunado al crecimiento urbano se encuentran los impactos provocados por actividades agropecuarias, así como las actividades de uso público, que han provocado año tras año incendios forestales, dañándose en forma prioritaria los estratos arbustivos, herbáceos y renuevo del arbolado, y en menor proporción el estrato arbóreo.

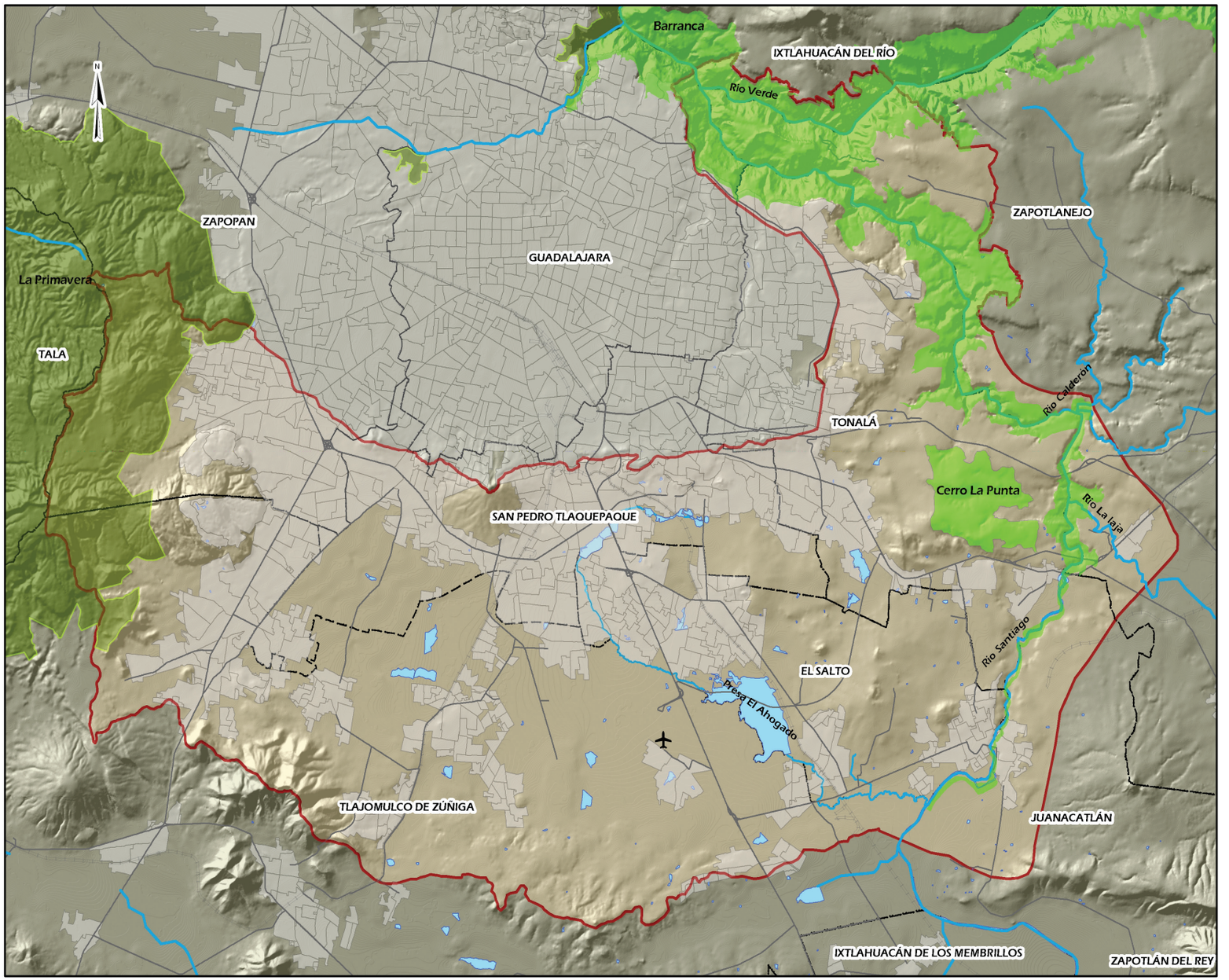
La época de mayor intensidad de incendios coincide con la de anidación y reproducción de algunas aves y mamíferos, los cuales se ven obligados a abandonar sus crías, nidos o madrigueras, o bien perecen víctimas del humo y el fuego. Además, el establecimiento de la caña de azúcar en grandes extensiones de las zonas aledañas al ANP implica el uso periódico del fuego, el cual destruye no sólo las hojas del cultivo durante la zafra, sino también toda la vegetación que lo rodea.

Otra Área Natural Protegida, aunque ubicada fuera del límite decretado para el POFA, pero que tiene influencia sobre éste, se refiere al Área Municipal de Protección Hidrológica “Barranca del Río Santiago” comprendida en el Municipio de Zapopan, con una superficie de 17,729.91 ha (Mapa 7.1). Esta área fue decretada por el Congreso del Estado de Jalisco y publicado en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco el 7 de Octubre de 2004, acompañado dicho decreto con el Programa de Manejo de esta ANP.

Las áreas prioritarias en el POFA son: 1) Bosque La Primavera, 2) Cerro Las Latillas, 3) Las Pintas-Canal El Ahogado-Presa El Ahogado, 4) Salto de Juanacatlán, 5) Ex Vertedero Las Juntas, 6) Relleno Sanitario Los Laureles, 7) Cerro La Punta y 8) Barranca (Río Santiago-Río Verde), las cuales se muestran en el mapa 7.2

Por otra parte, dos municipios que integran el POFA han establecido y aprobado en sesión de cabildo la declaratoria de área natural protegida a las Barrancas del Río Santiago; como el municipio de Guadalajara que en 1997 declaró como Zona Sujeta a Conservación Ecológica la Barranca Oblatos-Huentitán y el municipio de Tonalá, que en 2010 declaró como Zona de Preservación Ecológica la zona del Cerro de la Punta y Barranca del Río Santiago.

Mapa: 7.1 Áreas naturales



Simbología

- Área a proteger
- Área natural protegida
- Límite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Zona urbana
- Cuerpo de agua
- Río
- Carretera
- Vía férrea
- Aeropuerto

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

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

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

Tabla 7.4. Áreas naturales protegidas en el Estado de Jalisco.

Nombre	Categoría	Extensión	Decreto
Sierra de Manantlán	Reserva de la Biosfera	139,577.12 ha	Federal
Volcán Nevado de Colima	Parque Nacional	6,430 ha	Federal
Bosque la Primavera	Área de Protección de Flora y Fauna	30,500 ha	Federal
Sierra de Quila	Área de Protección de Flora y Fauna	15,192.50 ha	Federal
Chamela - Cuixmala	Reserva de la Biosfera	13,141.69 ha	Federal
Playa de Mismaloya	Santuario	69 Km	Federal
Playa Teopa	Santuario	6 Km	Federal
Playa Cuitzmala	Santuario	5.9 Km	Federal
Playa Tecuán	Santuario	7 Km	Federal
Islas de la Bahía Chamela	Santuario	1,981 ha	Federal
Estero El Salado	Zona de Conservación Ecológica "Parque Estatal"	168.96 Km	Iniciativa municipal y decreto Estatal
Barranca del Río Santiago	Área Municipal de Protección Hidrológica	17,729.91 ha	Iniciativa municipal y decreto Estatal
Piedras Bola	Formaciones Naturales de Interés Municipal	256 ha	Iniciativa municipal y decreto Estatal
Bosque los Colomos	Área Municipal de Protección Hidrológica	90.72 ha	Iniciativa municipal y decreto Estatal
Sierra del Águila	Área Estatal de Protección Hidrológica	20,746.3727 ha	Estatal
Bosque Mesófilo Nevado de Colima	Parque Estatal	7,213.04 ha	Estatal
Bosque El Nixticuil-San Esteban - El Diente	Área Municipal de Protección Hidrológica	1591.39 ha	Iniciativa municipal y decreto Estatal
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit	Área de Protección de Recursos Naturales	Subcuencas de los Ríos Juchipila, Atengo, Tlaltenango, Ameca, Atenguillo, Bolaños y Grande de Santiago 467,000 ha (Jalisco)	Federal

Fuente: Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco (SEMADES) 2012. http://www.jalisco.gob.mx/semades.

Sin embargo, a la fecha ambas declaratorias no han podido ser decretadas por el Congreso del Estado de Jalisco y por ende legalmente no pueden ser consideradas como Áreas Naturales Protegidas. No obstante los municipios en sus Planes de Desarrollo tienen estás áreas consideradas como zonas de conservación, tratando de protegerlas, en tanto se logra cumplir con los lineamientos establecidos por la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas, para el establecimiento y decreto de estas áreas de competencia Municipal.

Estas áreas en proceso de decreto, al igual que en el ANP "La Primavera", están siendo presionadas por el crecimiento urbano de cada municipio, con todas las consecuencias de la problemática ambiental que esto implica, lo que aumenta de manera importante su degradación ambiental.

Así, es de prioridad obtener el decreto de estas zonas y acompañarlo de programas de manejo y establecer zonas de amortiguamiento con usos definidos, que sean compatibles con las áreas declaradas.

8. Condición ambiental actual del POFA

8. Condición ambiental actual del POFA

En este capítulo se describen las características del entorno ambiental actual del POFA. En el caso de los recursos hídricos, se describen las principales fuentes de contaminación puntuales y difusas; en el caso del suelo los cambios de uso que ha presentado en los últimos años, así como su degradación y las fuentes de contaminación. También se presenta un análisis de generación, manejo y disposición de RSU.

Por otro lado, se presenta un análisis de la calidad del aire con información de los contaminantes criterio obtenida de las estaciones de monitoreo de la Red Automatica Monitoreo Atmosferico (RAMA). Además de considerar el inventario de emisiones por fuente y sector industrial; así como la calidad bacteriológica del aire.

Bajo este contexto, se describen las condiciones de salud de la población del POFA considerando los índices de morbilidad y mortalidad de enfermedades especiales (infecciosas intestinales y respiratorias agudas), así como la incidencia de cáncer y dengue. Por último se analiza el estado de la biodiversidad dentro del POFA afectados por los incendios, crecimiento urbano y el cambio en la cobertura vegetal.

8.1. Fuentes potenciales de contaminación de aguas superficiales

Los contaminantes pueden ser incorporados en el ambiente en forma de gases, sustancias disueltas, partículas o en forma sólida; éstos se incorporan al medio acuoso a través de rutas como la atmósfera y el suelo (fenómenos de escurrimiento y lixiviación). La contaminación se genera a través de fuentes puntuales o difusas, la diferencia entre ambas es que un contaminante originado por una fuente puntual puede ser recolectado, medido y tratado; además, la fuente puntual puede ser identificada o georeferenciada.

Una fuente difusa consiste de muchas fuentes puntuales que pudieran ser controladas si todas ellas fueran identificadas. Una de estas fuentes de contaminación más importantes del agua se origina en la colección y descarga de aguas residuales urbanas, industriales y ciertas actividades agrícolas.

Como fuentes difusas de contaminación se consideran algunas actividades agrícolas, como el rociado de pesticidas o la aplicación de fertilizantes.
La atmósfera es considerada como un medio de transporte de contaminantes que afecta de forma global el ambiente.

Descarga al Canal de El Ahogado junto al vertedor de la Presa "Las Pintas"

Atravez de la atmósfera se transportan contaminantes derivados de actividades antrópicas que incluyen el uso de combustibles fósiles (generación de energía; uso en el transporte; calefacción; requerimientos industriales); fundición de metales (principalmente sulfuros); hasta el transporte de partículas de suelo desde regiones áridas a zonas agrícolas; así como la volatilización y arrastre de contaminantes.

Estas fuentes proveen contaminantes de tipo orgánico, inorgánico y microbiológico a la atmósfera que se dispersan por agentes metereológicos y son depositados a gran escala. El depósito de contaminantes en la atmósfera como solutos en la lluvia o en forma particulada, ocurre sobre áreas importantes cubriendo suelos, bosques y/o cuerpos de agua.

En estos ecosistemas, los contaminantes llegan a formar parte de los ciclos hidrológicos y de sedimentación (erosión, transporte y depósito).

8.1.1. Fuentes puntuales

Una fuente puntual es una entrada de contaminantes cuantificable que puede ser relacionada con un punto único, como ejemplo, las aguas residuales sin tratar o tratadas inadecuadamente, que son las fuentes de contaminación puntuales a los cuerpos de agua. Éstas son localizadas y pueden ser caracterizadas por su descarga constante de contaminantes en el tiempo, como es el caso de las aguas residuales urbanas.

8.1.2. Fuentes difusas

Las fuentes de contaminación difusas no pueden ser asignadas a un solo punto o a una actividad antrópica específica y son el resultado de varias fuentes puntuales que afectan a los cuerpos de agua sobre una gran superficie. Algunos ejemplos son los escurrimientos por actividades agrícolas, incluyendo erosión del suelo desde la superficie hasta el subsuelo; estos procesos transfieren partículas orgánicas e inorgánicas, nutrientes, pesticidas y herbicidas a los cuerpos de agua adyacentes.

Otro ejemplo son los escurrimientos de las calles ó áreas cercanas, es el agua que no va directamente al drenaje municipal, los contaminantes que son transportados incluyen subproductos de la combustión de combustibles fósiles, efluentes industriales, metales pesados y bacterias patógenas.

Otras fuentes puntuales son los pesticidas y herbicidas utilizados en actividades agrícolas, de la jardinería urbana, horticultura y paisajismo.

Además, los sitios de disposición de residuos sólidos que incluyen a los residuos urbanos e industriales; la disposición de residuos líquidos (que afectan particularmente a las aguas subterráneas); los sitios de disposición de residuos (confinados y a cielo abierto). Dependiendo del tamaño relativo de los cuerpos de agua receptores, estas fuentes pueden ser consideradas como fuentes difusas o puntales.

Las fuentes de contaminación, según su variabilidad de emisión al ambiente acuático en función del tiempo, pueden ser clasificadas en cuatro categorías: permanentes o continuas (residuos domésticos y diferentes residuos industriales); periódicas (como la variación estacional asociada al flujo de turistas o a los residuos de procesamiento de comida); ocasionales (como ciertos residuos industriales); o accidentales (derrames de tanques, accidentes, incendios).

Los efectos de estos tipos de fuentes de contaminantes en los cuerpos de agua receptores son radicalmente diferentes.

8.1.3. Inventario de descargas en el POFA

Las actividades antrópicas generan contaminantes que afectan al ambiente y particularmente a los ecosistemas acuáticos.

Estos contaminantes provienen de diferentes fuentes puntuales y difusas; éstas pueden clasificarse en función de las principales actividades productivas dentro del POFA, como las industriales, agrícolas, pecuarias y comerciales, tanto para el área urbana como rural.

A partir de las actividades urbanas y rurales que se llevan a cabo en el POFA es posible definir la selección de las fuentes de contaminantes, así como su importancia, dependiendo del área de afectación y del tipo de impacto.

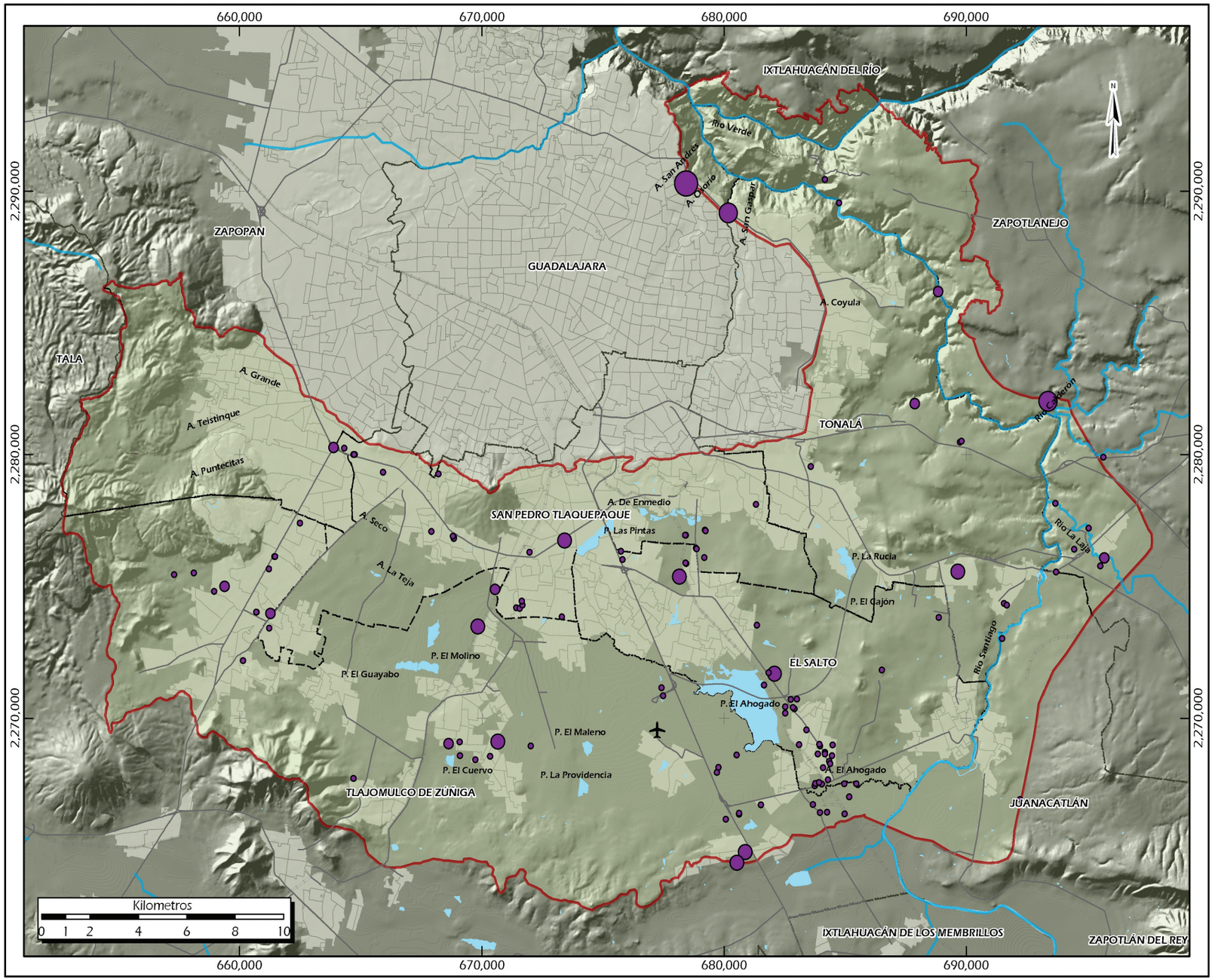
Para este estudio, se tomaron como fuentes puntuales el registro de descargas de agua según los 12 rubros que se definen en el REPDA (CONAGUA, 2012), esto se representa en el Mapa 8.1.

Las descargas más importantes se encuentran principalmente en el municipio de Guadalajara, seguido de El Salto y San Pedro Tlaquepaque.

Descarga del Arroyo de Osorio, al norte del municipio de Guadalajara en su límite con Tonalá

Mapa: 8.1

Descargas de aguas residuales



Simbología

Descargas m³/año

- 0 - 25000
- 250000 - 500000
- 500000- 5000000
- 5000000 - 15000000
- 15000000 - 30000000

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

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

Fuente: Elaboración propia a partir de Conjunto de Datos vectoriales. INEGI. REPDA, Resgistro Público de Derechos de Agua.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

La Tabla 8.1 muestra el inventario de descargas de agua residual por rubros definidos por el REPDA, por municipio. Los principales municipios que descargan agua residual en el área de estudio comprenden Guadalajara (58% del volumen total de agua descargada), seguido del municipio de Tonalá (26%).

Las fuentes puntuales de contaminación registradas en el REPDA (2012) en el área de estudio, provienen del agua que se descarga por uso público urbano (86%), seguida de los usos de servicios (7%) y del industrial (4%), el resto corresponde a uso doméstico. La Figura 8.1 muestra la proporción de los volumenes de agua descargada por rubro en el POFA.

Los cuerpos de agua superficiales se ven afectados por descargas de desechos líquidos generados por actividades urbanas y rurales, así como el agua de retorno de orígen agrícola que no es cuantificada, y que contiene además de nutrientes compuestos tóxicos como plaguicidas.

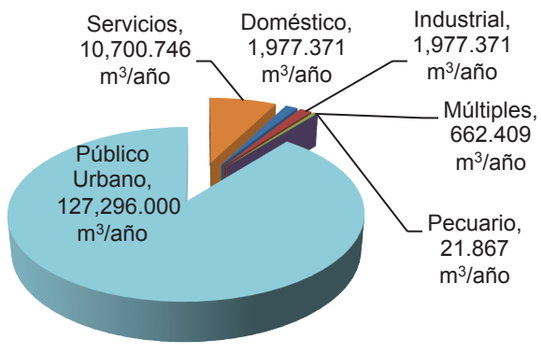


Figura 8.1. *Volúmenes de agua descargados en el área de estudio (CONAGUA, 2012).*

Es importante resaltar que los puntos de descarga mencionados son los registrados en el REPDA, sin embargo, existen otro tipo de descargas que no están registradas y que tienen incidencia en el ambiente del POFA. Estas fuentes puntuales de contaminación se localizan principalmente en el Río Santiago (siguiendo la trayectoria de la zona de estudio), el Arroyo Ahogado, Arroyo Seco, Arroyo Osorio, Río San Andrés, Presa El Ahogado y el Arroyo Las Juntas.

En los recorridos de campo que se realizaron durante el estudio se observaron descargas importantes de aguas residuales como San Gaspar, Osorio y San Andres que corresponde a una de las descargas de aguas residuales de Guadalajara (límite de Guadalajara y Tonalá), de estas la más importante dentro del POFA es la de San Andrés con alrededor de 30 millones de m^3/año, estas descargas son principalmente debido al uso público urbano y doméstico del agua.

8.2. Suelo

La degradación del suelo como medio natural está asociada a la pérdida del equilibrio de condición de estabilidad, que puede ser causado principalmente por la erosión dejando al suelo en su estado natural, es decir, suelo desnudo sin vegetación.

Tabla 8.1. Inventario de descargas de agua en la zona del POFA.

Uso	Tonalá (Mm^3/año)	Zapopan (Mm^3/año)	Zapotlanejo (Mm^3/año)	Guadalajara (Mm^3/año)	Juanacatlán (Mm^3/año)	El Salto (Mm^3/año)	Tlajomulco de Zúñiga (Mm^3/año)	San Pedro Tlaquepaque (Mm^3/año)	Total (Mm^3/año)
Doméstico	500,000	0	0	0	0	534,576	942,795	0	1,977,371
Industrial	1,422	481,800	521,972	48	0	2,818,461	1,370,545	551,610	5,745,858
Múltiples	0	0	0	0	0	121,325	1,541,084	0	1,662,409
Pecuario	5800	0	3,011	0	12775	0	0	281	21,867
Público Urbano	3,701,1000	0	0	85,191,000	0	0	276,000	4,818,000	127,296,000
Servicios	752,295	0	7,334,678	0	0	108,283	2,473,713	31,777	10,700,746
TOTAL (Mm^3/año)	38,270,517	481,800	7,859,661	85,191,048	12775	3,582,645	6,604,137	5,401,668	147,404,251

Fuente: CONAGUA, 2012.

Esta degradación está relacionada con el clima local y la presentación de vegetación, el reemplazo de vegetación primitiva por vegetación secundaria, o por el cambio de uso de suelo. Este cambio, se relaciona generalmente con actividades antrópicas.

8.2.1. Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo es una condición que define el potencial que puede tener este recurso en función de las actividades que se realizan desde el punto de vista de agroecosistemas y los tipos de vegetación presentes en el (Figura 8.2 y Tabla 8.2).

En los municipios que integran el POFA resalta el uso de suelo por las actividades agrícolas que hasta el 2008 era de 57.7% de superficie, con áreas de riego y temporal principalmente en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, seguido por El Salto, San Pedro Tlaquepaque, Juanacatlán, Tonalá, Zapotlanejo, Zapopan, Ixtlahuacán del Río y Guadalajara, estos dos últimos con <0.2%.

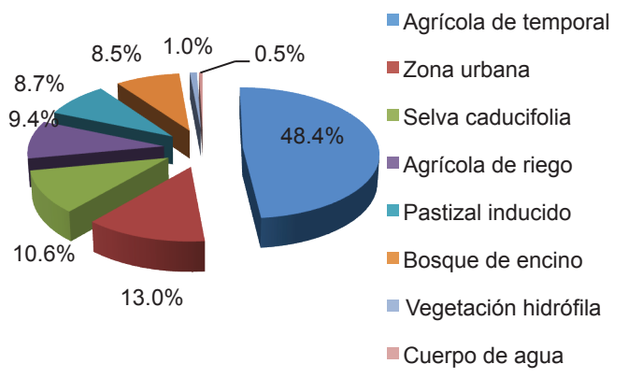


Figura 8.2. *Porcentaje del uso de suelo del POFA. Fuente: Elaboración con datos de INEGI, 2007-2008. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV, escala 1:250,000.*

En el POFA, en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Zapotlanejo, Juancatlán, Zapopan e Ixtlahuacán del Río, predomina el uso de suelo con agricultura de temporal (48.4%), mientras que San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán, El Salto, Guadalajara y Zapopan presentan uso de suelo con agricultura de riego (9.4%) (Figura 8.2).

Existen zonas de selva caducifolia (10.6%) en Tonalá, Zapotlanejo, Ixtlahuacán del Río, Guadalajara y San Pedro Tlaquepaque, con < 1% de selva en estos tres últimos. También se observa el uso de suelo de pastizal inducido (8.7%) principalmente en Tonalá, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Zapotlanejo, San Pedro Tlaquepaque, Zapopan, Ixtlahuacán y Juanacatlán, de los cuales los cuatro últimos tienen <1% (Mapa 8.2c).

En los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Zapopan, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Juanacatlán, Zapotlanejo y Guadalajara prodomina el suelo de uso urbano (13%), los tres últimos tienen menos del 1%. Existen áreas de bosque (8.5%) en Zapopan, seguido de Tlajomulco de Zúñiga, mientras que Tonalá sólo cuenta con el 0.8% y Tala e Ixtlahuacán con < 0.1%.

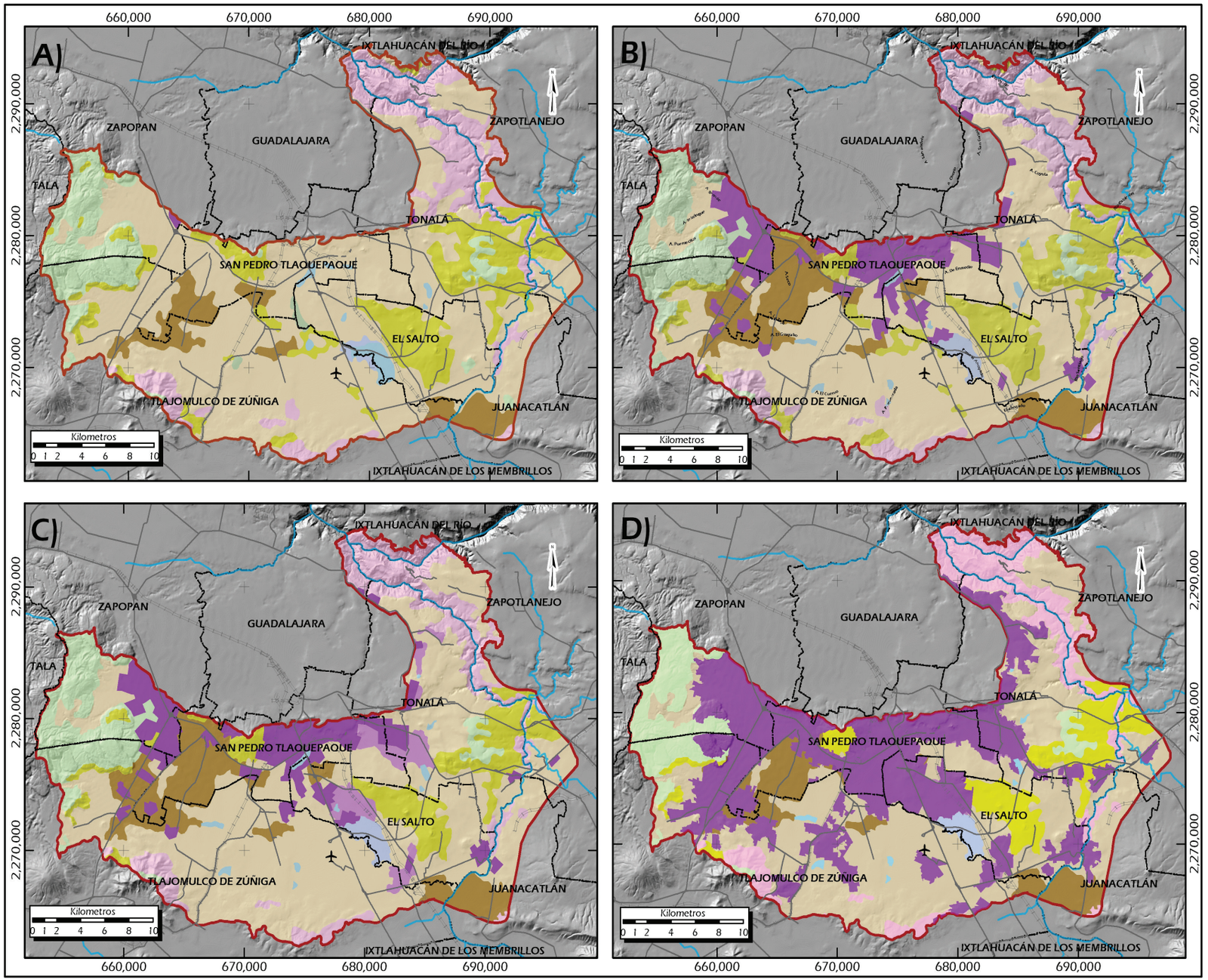
Otros usos de suelo dentro del POFA clasificados como otro tipo de vegetación (hidrófila), cubren en pequeñas superficies (1.0%) se localizan en El Salto y Tlajomulco de Zúñiga. Se cuenta además, con cuerpos de agua (0.5%) en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, El Salto y San Pedro Tlaquepaque (Figura 8.2 y Mapa 8.2).

Tabla 8.2. Porcentaje de superficie de uso de suelo para cada municipio del POFA.

Municipio	% de superficie de uso de suelo y vegetación						
	Agrícola	Bosque	Pastizal	Urbano	Vegetación hidrófila	Selva caducifolia	Cuerpo de Agua
El Salto	6.1	N.A*	2.8	2.4	0.82	0.099	0.073
Tlajomulco de Zúñiga	26.17	2.86	0.736	1.26	0.131	2.14	0.223
Guadalajara	0.65	N.A	N.A	0.062	N.A	0.65	N.A
San Pedro Tlaquepaque	7.46	N.A	0.98	4.19	N.A	0.018	0.02
Ixtlahuacán del Río	0.059	N.A	N.A	N.A	N.A	1.068	N.A
Tonalá	8.42	0.789	3.08	2.26	N.A	2.19	0.157
Zapopan	1.77	4.81	N.A	2.42	N.A	N.A	N.A
Tala		0.012	N.A		N.A	N.A	N.A
Juanacatlán	3.94	N.A	0.002	0.108	N.A	0.402	N.A
Zapotlanejo	3.86	N.A	0.935	0.057	N.A	4.02	N.A

**N.A: No aplica. Fuente: Elaboración con datos de INEGI 2007-2008, Carta de Uso de suelo y vegetación Serie IV.*

Mapa: 8.2 Uso de suelo y vegetación



Simbología

Uso de Suelo

- Agricultura de riego
- Agricultura de temporal
- Asentamiento humano
- Bosque
- Cuerpo de Agua
- Mezquital
- Pastizal inducido
- Selva caducifolia
- Vegetación hidrófila
- Zona urbana

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

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

Fuente de los datos:
INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie I, III,IV
Marco Geoestadístico 2010.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

El INEGI se refiere a las selvas como las formaciones vegetales de origen tropical y árido, mientras que el uso de pastizal está constituido por comunidades herbáceas en las que predominan las gramíneas, que en algunos casos son de origen natural y en otros, obedece a condiciones de perturbación por sobrepastoreo.

El uso forestal corresponde al aprovechamiento de especies forestales para la obtención de diferentes productos como madera y resinas, siendo los bosques el principal ecosistema sujeto a dicho aprovechamiento.

Por último, la clasificación de otro tipo de vegetación se refiere a vegetación hidrófila, que son ecosistemas constituidos básicamente por comunidades vegetales que habitan en terrenos pantanosos e inundables de aguas salobres o dulces poco profundas.

8.2.2. Cambio de uso de suelo y vegetación

El cambio de uso de suelo en el POFA se ha dado principalmente por el crecimiento y expansión de zonas urbanas, provocando una disminución de la superficie de agricultura de riego (3%) y temporal (34%), del bosque de encino (15%), de selva caducifolia (20%) y pastizal inducido (46%) (Figura 8.3).

Manifestando además una disminución del 69% de los cuerpos de agua presentes en el POFA y la desaparición total de áreas de mezquital.

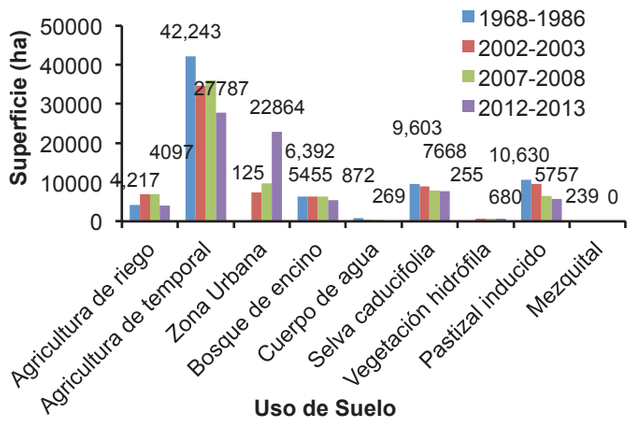


Figura 8.3. *Cambio del uso de suelo histórico en el POFA. Fuente: Elaboración con datos de INEGI, 2007 Cartografía digital de Uso de Suelo y vegetación, Escala 1:250,000, Datos vectoriales de las Series I, III, IV y AGEBs 2011.*

Los cambios históricos se perciben a través de los mapas de uso de suelo reportados por el INEGI desde el período 1968-1986 (serie I), del 2002-2003 (serie III) y hasta el 2007-2008 (serie IV); los cambios en el crecimiento de zonas urbanas son más evidentes si se consideran los últimos datos reportados a nivel de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) del 2011 (Mapas 8.2a-d).

La expansión de las zonas urbanas ha desplazado la frontera agrícola hasta el límite de los bosques (Bosque La Primavera), incrementando la superficie agricola de temporal (Mapa 8.2.a-d). Las zonas de mezquital fueron desaparecidas desde la serie III (2002-2003) y desplazadas por agricultura de temporal y zona urbana (Mapa 8.2b-d).

Este análisis histórico del cambio de uso de suelo, resalta la necesidad urgente de los planes de ordenamiento territorial (OT) para comprometer

Agricultura de temporal

un crecimiento urbano ordenado que se base en programas sustentables y de conservación del uso del recurso de suelo.

8.2.3. Degradación de suelos en el POFA

La degradación del suelo se refiere a los efectos adversos derivados de procesos relacionados con actividades humanas que reducen su capacidad actual y futura para sostener ecosistemas y producir sus servicios intrínsecos (Oldeman et al., 1990). Dichos procesos de degradación son principalmente de dos tipos:

1) La degradación física y química, que se refiere al detrimento de la calidad del suelo, al producir una alteración en su estructura y composición interna.

2) La degradación o erosión hídrica y eólica, ejercida por procesos físicos, caracterizados por la remoción o desplazamiento de las partículas que lo constituyen.

La degradación del suelo tiene efectos ambientales y socioeconómicos negativos, que se reflejan enla reducción de la biodiversidad, la pobreza, la migración y la seguridad alimentaria.

Entre las causas que producen la degradación se han identificado el uso productivo intensivo, el aumento en la deforestación, el sobrepastoreo, la hidrología, la intensidad y duración de la precipitación, entre otros (Cotler et al., 2007).

Sólo un 10% de la extensión del POFA se observó sin degradación aparente hasta el 2002 (SEMARNAT, 2002), en zonas de los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, Zapopan, Juanacatlán y Tala (Figura 8.4).

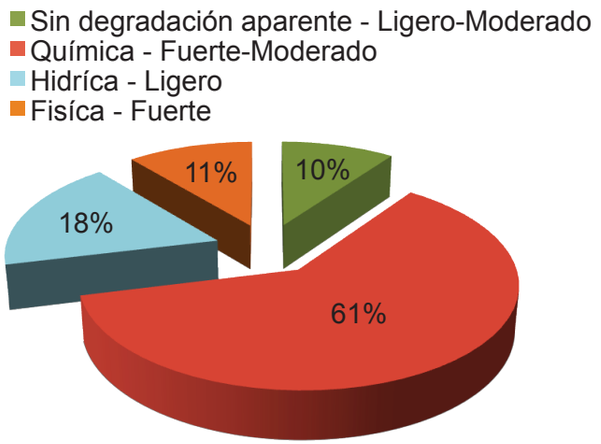


Figura 8.4. *Porcentaje de la superficie de suelo y tipo de degradación en el POFA. Fuente: Elaborado con datos de SEMARNAT y Colegio de Posgraduados, 2002. Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002.*

Es importante mencionar que desde el 2002 no se tiene algún otro dato referente a degradación de suelos a nivel nacional y mucho menos para la zona del POFA.

Tipo y nivel de degradación

A continuación se describen cada uno de los tipos de degradación encontrados en el POFA, de acuerdo al análisis de los datos reportados hasta el 2002 (SEMARNAT, 2002).

a) Degradación química

La degradación química está relacionada con la pérdida de la calidad del suelo y de su productividad. Esta degradación comúnmente se relaciona con algún tipo de contaminación, en este contexto, se genera por fuentes como tiraderos de residuos sólidos urbanos, derrames, residuos industriales, por la contaminación aérea, depósito de compuestos acidificantes y/o metales pesados.

Además, se consideran como posibles causas a fuentes biológicas, industriales, aplicación de agroquímicos, derrames y depósitos de hidrocarburos, entre otras. Estas causas pueden producir un aumento en el contenido de sales en el suelo (superficial) o de otros contaminantes, provocando una disminución en el rendimiento de los cultivos.

En el POFA se encontró principalmente degradación química (61%); predominando en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, San Pedro Tlaquepaque, Juanacatlán, Zapotlanejo, Zapopan y Tonalá, en orden de mayor a menor extensión de suelo afectado (Figura 8.4).

Esta degradación química, asociada a la reducción de la fertilidad y contenido de materia orgánica, se localiza principalmente en aquellas zonas que han sido históricamente de uso agrícola (Mapa 8.3a).

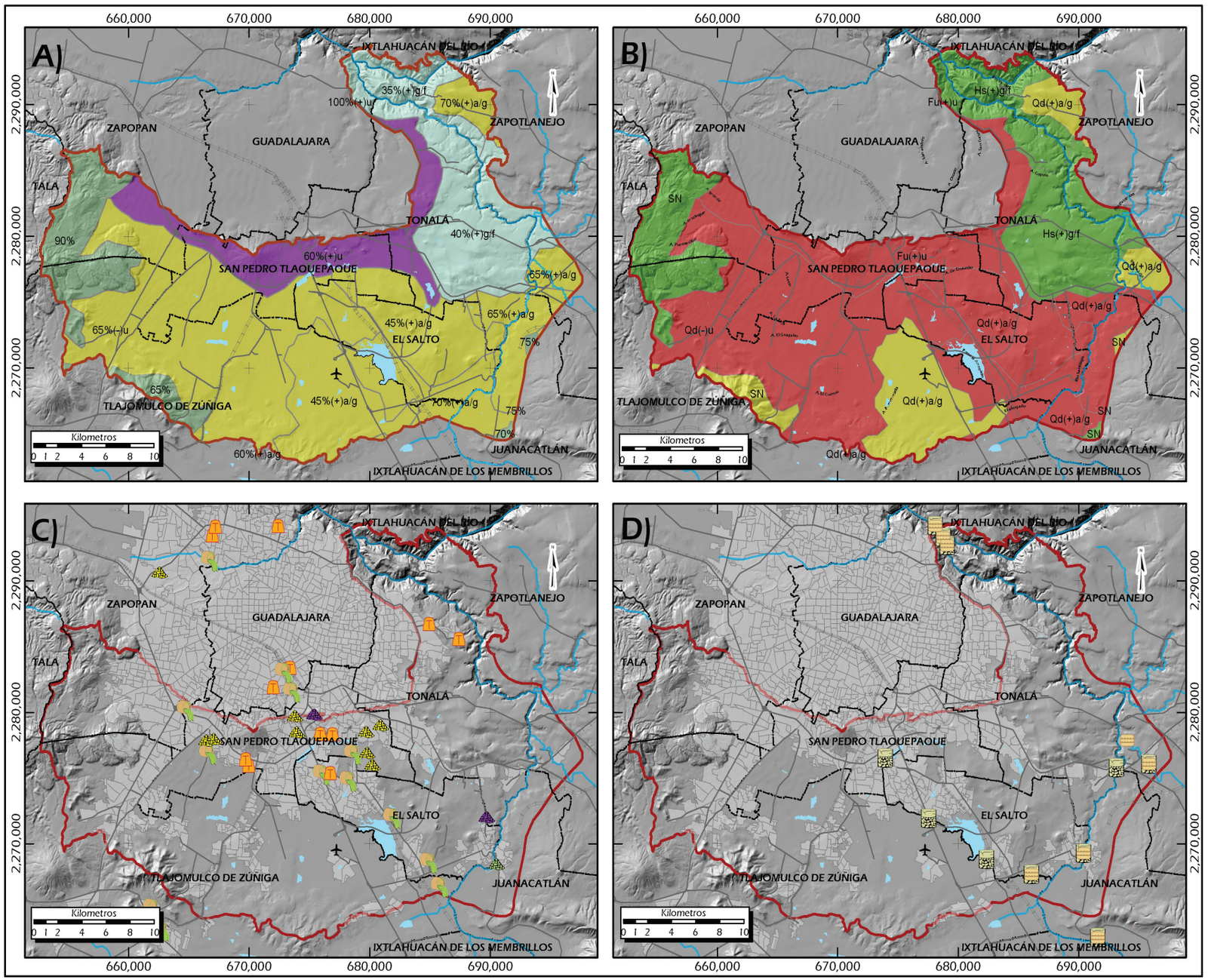
De acuerdo a los datos de SEMARNAT (2002), la principal causa por actividad asociada para este tipo de degradación en el POFA fueron las actividades agrícolas y el sobrepastoreo (Mapa 8.3a).

Los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Zapotlanejo y Tonalá, tuvieron una degradación química moderada donde el suelo de sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentaron una marcada reducción en su productividad, mientras que Zapopan y San Pedro Tlaquepaque tuvieron una degradación fuerte (severa), donde los suelos presentaron productividad irrecuperable (Mapa 8.3b).

b) Erosión hídrica

La erosión hídrica es un proceso de dispersión, desprendimiento y transporte de las partículas del suelo por la acción del agua y está relacionada con los flujos del agua a través de la cobertura vegetal, su movimiento y velocidad sobre la superficie del suelo.

Mapa: 8.3 Degradación y contaminación del suelo



Simbología

A)Tipo de degradación

- Física
- Química
- Hídrica
- Sin degradación

B)Grado de degradación

- Fuerte
- Moderado
- Ligero

Factor causativo
a- Actividades agrícolas
f- Deforestación
g- Sobre pastoreo
i- Actividades industriales
u- Urbanización

Tasa de degradación
(+)-Incremento ligero
(0)-Sin cambios
(-) -Urbanización

Extensión de la degradación (%)

C)Tipos de emisores

- Disposición final de RME
- Disposición final de RSU
- Industrial
- Planta de transferencia
- Vertedero clausurado

D)Puntos de muestreo

- Suelo
- Sedimento

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

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

Fuente de los datos:
INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales.
Trabajo de campo y fotointerpretación.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

El factor que más influye en este tipo de erosión es la precipitación, volúmenes excesivos de agua producen escurrimientos, ocasionando el desplazamiento del suelo de un lugar a otro.

El efecto directo de la erosión hídrica es la pérdida de la superficie del suelo y nutrientes causando el empobrecimiento de éste. El grado de erosión hídrica se determina mediante cuatro niveles: ligera, moderada, fuerte y extrema, en función de la reducción de la productividad del suelo.

En el POFA, la erosión hídrica se presentó en 18% de la superficie (Figura 8.4), principalmente en zonas con fuertes pendientes en los municipios de Tonalá, Zapotlanejo, Ixtlahuacán, Guadalajara y El Salto.

El nivel de erosión hídrica en estos municipios fue ligero, definido como terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales que presentaron alguna reducción apenas perceptible en su productividad (Mapa 8.3a, b).

c) Degradación física

La degradación física se refiere a la pérdida de la estructura del suelo y de la capacidad para absorber y almacenar agua. Esta degradación es asociada con la pérdida de porosidad, permeabilidad, densidad aparente o de volumen y de estabilidad estructural, lo que disminuye su calidad y hace que el suelo no soporte las funciones productivas.

La degradación física ocurre cuando el suelo se compacta (por el tránsito de vehículos o animales), su superficie se endurece (encostramiento) o se le recubre (por urbanización) o por inundaciones.

En el POFA se reportó hasta el 2002 degradación física (11%) en nivel fuerte en los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Guadalajara, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga (Figura 8.4 y Mapa 8.3a, b).

d) Otros tipos de degradación

Dentro del POFA otros tipos de degradación fueron detectados en menor porcentaje para los diferentes municipios. Se observó degradación física por compactación en Juanacatlán, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, Zapopan y Zapotlanejo. Y degradación química por polución (contaminación) en San Pedro Tlaquepaque, El Salto, Tonalá y Zapopan (Figura 8.5).

De acuerdo a los datos de SEMARNAT (2002), la superficie del suelo agrícola de riego fue el que presentó la más alta degradación de tipo química con 30,346 ha. La superficie de suelo con vegetación de matorral y de usos pecuarios presentó degradación física (8,199 ha), hídrica (5,202 ha), química (12,656 ha) y sólo una pequeña parte sin degradación aparente (1,511 ha). El suelo con vegetación de selva caducifolia tuvo degradación hídrica (8,101 ha), mientras que el suelo con bosque de encino no presentó degradación aparente (5,887 ha). Finalmente la superficie de suelo sin vegetación (7 ha) tuvo degradación física (Figura 8.6).

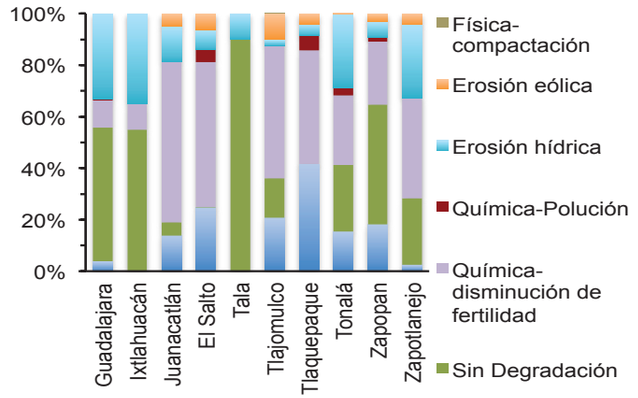


Figura 8.5. *Porcentaje de la superficie de los suelos en los municipios del POFA de acuerdo a los tipos de degradación. Elaborado con datos de SEMARNAT y Colegio de Posgraduados, 2002.*

Los datos del 2002 permitieron observar que desde entonces, ya se tenían problemas de degradación de suelo de moderada a severa y que el principal tipo de degradación es química, posiblemente por diferentes fuentes de contaminación.

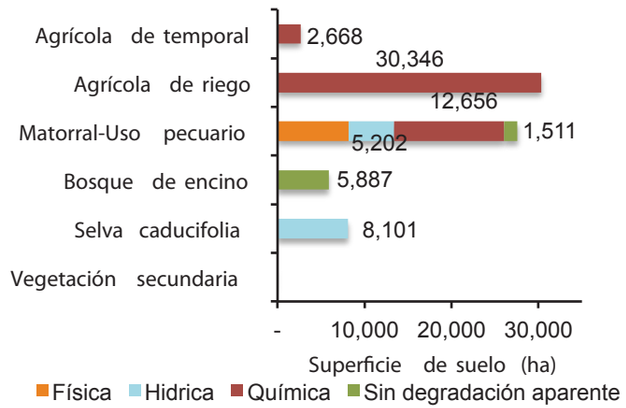


Figura 8.6. *Superficie de suelo afectada por los tipos de degradación de acuerdo al uso de suelo y actividades agroecosistémicas en el POFA. Elaborado con datos de SEMARNAT y Colegio de Posgraduados, 2002. Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002.*

Suelo con características de encostramiento y compactación

Esto hace evidente la necesidad de monitorear la calidad del suelo y de los contaminantes que llegan a él por medio de diferentes fuentes puntuales o difusas, para conocer el estado actual de contaminación del suelo.

8.2.4. Fuentes de contaminación de suelos

Hasta el año 2012 se tienen reportados 580 sitios contaminados a nivel nacional (SEMARNAT, 2012). De los cuales el Estado de Jalisco tiene 40 de ellos en los últimos 6 años, estos sitios están catalogados como pasivos ambientales.

Se considera pasivo ambiental a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos, que no fueron remediados para impedir la dispersión de contaminantes, y que implican una obligación de remediación. En esta definición se incluye la contaminación por emergencias con efectos a largo plazo en el ambiente.

a) Emisiones industriales

Dentro del POFA se tienen reportes de emisiones de contaminantes al suelo en Guadalajara, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque (Mapa 8.3c), de la industria química, automotriz, petroquímica, metalúrgica y electrónica, con emisiones de metales pesados (arsénico, plomo, mercurio, níquel, cromo, cadmio) y compuestos tóxicos como el cianuro (Tabla 8.3).

Dichos datos están disponibles en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de SEMARNAT (RETC) desde el 2004 a la fecha.

Dentro del POFA, destaca la emisión de contaminantes como plomo (Pb) en el 2004 con 13,758 kg/año, en 2005 con 1208 kg/año y 2006 con 5,142 kg/año por la industría electrónica en los municipios de El Salto y Tlajomulco de Zúñiga respectivamente. Además, la industria metalúrgica presentó emisiones al suelo en el 2007 y 2008 con 11,900 y 15 kg/año de cianuro, en Tlajomulco de Zúñiga.

Es importante destacar que la base de datos de SEMARNAT no precisa la extensión (área) de suelo afectada por estos contaminates, por lo que no se pueden comparar dichas concentraciones con los límites máximos permisibles por la normatividad mexicana para metales y contaminantes de acuerdo al uso de suelo.

Tabla 8.3. Emisiones de contaminantes al suelo por sectores industriales en algunos municipios del POFA.

Municipio	Industria	Año	Cianuro	Arsénico	Cadmio	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo
			Emisiones en kg/año						
Guadalajara	Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	2008	-	-	-	-	-	-	0.0009
		2009	-	-	-	-	-	-	0.0009
	Electrónica	2004	-	-	-	-	-	-	13758
El Salto	Química	2009	0.1976	0.3666	-	0.032	0.0035	0.0476	0.1312
	Automotriz	2010	0.7774	0.0865	0.7023		0.0149		1.4121
	Petróleo y Petroquímica	2010	0.0258	0.0023	0.0734	0.115	0.0023	0.089	0.178
Tlajomulco de Zúñiga	Electrónica	2005	-	-	-	-	-	-	1208
		2006	-	-	-	-	-	-	5142
	Metalúrgica	2007	11900	-	-	-	-	-	-
		2008	15	-	-	-	-	-	-
San Pedro Tlaquepaque	Química	2010	0.5011	0.0251	0.1942	1	0.0251	0.6264	1

Fuente: Elaboración con datos de SEMARNAT-RETC-2008-2010, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes.

Sin embargo, de acuerdo a la peligrosidad de los compuestos reportados por emisiones al suelo todos son tóxicos, cromo y mercurio son persistentes en el ambiente y junto con el cadmio y arsénico, son bioacumulables. Todos los metales son carcinogénicos, mutagénicos o producen clastogénico (ruptura de cromosomas).

Además, el cromo tiene una vida media en el suelo de 4-140 días y puede bioacumularse en animales y especies vegetales presentes. El mercurio tiene una vida media mayor (6 meses) esto aumenta su peligrosidad. Todo esto indica que representan un riesgo a la salud de la población del POFA.

La información de contaminación al suelo en el POFA es limitada en las diferentes zonas industriales que hay, indicando que debe iniciarse un monitoreo para detectar contaminantes en suelo.

b) Ex vertederos y rellenos sanitarios

De acuerdo al Sistema Informático de Sitios Contaminados (SISCO), se tienen identificados sitios contaminados por Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Sólidos Urbanos (RSU), de los cuales se determinó por su área de influencia y el riesgo que representan, los bienes a proteger (Tabla 8.4). Destacan el uso de suelo residencial y de uso agrícola y/o pecuario como de prioridad media a alta, lo que indica que se mantienen como sitios potencialmente contaminados y en caso de comprobarse la contaminación se ordena contener la dispersión del contaminante y se interrumpe la exposición.

El Relleno Sanitario CAABSA-Los Laureles y el Tiradero IQM Tlaquepaque ubicados en los municipios de Tonalá y San Pedro Tlaquepaque respectivamente, tuvieron una evaluación en puntaje menor a 500, lo que los sitúa en una clasificación de Prioridad Baja (250-499), en el bien a proteger de uso de suelo agrícola y pecuario, lo cual indica que se mantiene como potencialmente contaminados, y el propietario debe demostrar la 'No contaminación' para que se cambie de estatus. Los Laureles fue contaminado por residuos sólidos urbanos (RSU) y el tiradero IQM por residuos de manejo especial (RME).

Tabla 8.4. Evaluación de la priorización por bienes a proteger de los sitios contaminados en el POFA.

		Priorización por bienes a proteger						
Municipio	**Sitio**	**Salud a la población**	**Abastecimiento de agua potable**	**Uso de suelo residencial**	**Recursos hídricos**	**Uso de suelo agrícola y pecuario**	**Otros bienes a proteger***	**Sitio contaminado (SC) :****
El Salto	Río el Salto Juanacatlán	924	924	809	819	660	924	RME
Guadalajara	Cuenca Ahogado-Las Pintas	895	895	746	790	628	895	RME
San Pedro Tlaquepaque	Ex vertedero las Juntas 01	835	675	814	578	554	835	RSU y RME**
	Estación de transferencia Coyula Matatlán	825	825	785	734	527	825	RSU
	Ex vertedero La Micaelita	771	611	750	527	502	771	RSU
	Tiradero IQM Tlaquepaque	710	543	692	473	458	710	RME
Tonalá	Relleno Sanitario CAABSA-Los Laureles	534	477	516	421	457	534	RSU

**Patrimonio público, medio ambiente, etc. **RME: Residuos de Manejo Especial; RSU: Residuos Sólidos Urbanos. Fuente: Elaboración con datos de SEMARNAT-Sistema Informático de Sitios Contaminados (SISCO).*

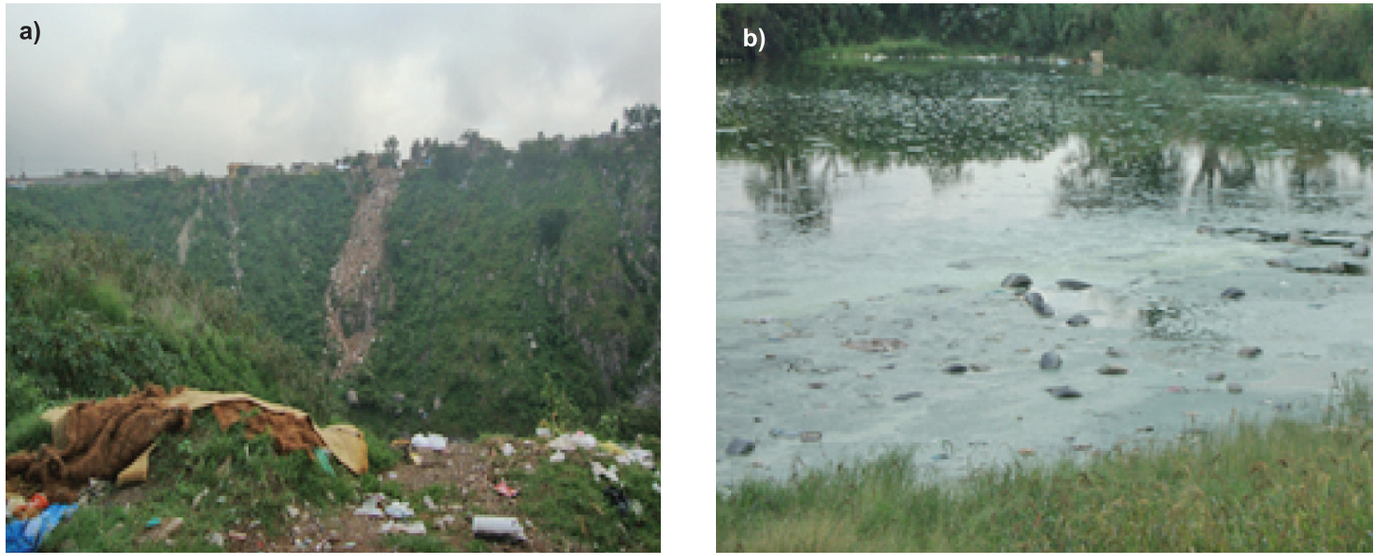


Figura 8.7. a) *Sitio "Las Juntas II" con residuos solidos urbanos;* ***b)*** *Ex vertedero "La cofradía".*

El Ex vertedero "La Micaelita" ubicado en San Pedro Tlaquepaque, tuvo una evaluación de los bienes a proteger de suelo residencial, suelo agrícola y pecuario entre 500 y 750, lo que lo sitúa como Prioridad Media (500-749). Esto indica que se mantiene como potencialmente contaminado, se emite resolutivo para caracterización de orientación y en caso de confirmarse la contaminación se ordena la remediación al responsable (Tabla 8.4).

En el caso de la "Estación de transferencia de Coyula-Matatlán" y el Ex vertedero "Las Juntas I" ambos tienen un puntaje mayor a 500, lo que los sitúa como de prioridad media para proteger suelos agrícolas y pecuarios. Además, tienen un puntaje entre 750-1000 para proteger suelo residencial, lo que los sitúa en prioridad alta (750-1000); por lo tanto, se mantiene como potencialmente contaminado.

Así, se emite un resolutivo para ordenar la caracterización del sitio y estimación de riesgo con miras a remediación; se ordenan medidas de emergencia para la contención del peligro para la población; se contiene la dispersión del contaminante y se interrumpe la exposición.

El sitio "El Salto-Juanacatlán" y la cuenca "Ahogado-Las Pintas" tuvieron un puntaje que los evalúa como de mediana prioridad en el bien a proteger de uso de suelo agrícola y pecuario; y con prioridad alta en el uso de suelo residencial y otros bienes como son salud de la población, abastecimiento de agua potable y recursos hídricos. Estos sitios fueron reportados por contaminación de residuos de manejo especial (RME).

El Ex vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) identificado como "Las Juntas II", por su ubicación geo-referenciada está fuera del límite del POFA (Mapa 8.3c), sin embargo, por la pendiente del terreno y proximidad al de "Juntas I", a la fecha se pueden observar problemas de disposición de RSU de la comunidad aledaña, ocasionando problemas de contaminación al suelo, incluso al agua subterránea por problemas de infiltración de lixiviados (Figura 8.7a).

Dentro del POFA también se localizan el Ex vertedero "La Cofradía" en el municipio de San Pedro Tlaquepaque, donde existen áreas agrícolas que presentan contaminación por RSU, con la presencia de acumulación de llantas, latas, etc. En la época de lluvias, manifiesta acumulación de agua y afloramiento de lixiviados representado un riesgo a la salud por la proliferación de mosquitos (Figura 8.7b).

En la actual estación de transferencia de Matatlán, en el municipio de Tonalá (Figura 8.8), que está ubicado en la meseta de la barranca (Mapa 8.3c), el escurrimiento de lixiviados (líquidos) del vertedero tiene un cauce natural hacia el Río Santiago, contaminando suelo y cuerpos de agua. Además, se pueden observar los depósitos de los lixiviados con permeabilidad y con evidentes escurrimientos, siendo también una fuente de contaminación al suelo.

El actual relleno sanitario de Zapotlanejo no está dentro del POFA, sin embargo, por su proximidad a la barranca es un punto de influencia por contaminación que debe ser considerado, ya que los lixiviados generados en dicho relleno, pueden llegar al cauce del Río Santiago por la pendiente natural del terreno, contaminando a su paso suelo y cuerpos de agua (Mapa 8.3c).

Figura 8.8. *Depósito de lixiviados en el relleno sanitario de Matatlán.*

Como parte del diagnóstico se realizaron recorridos de campo por la zona de estudio y se tomaron muestras de suelo y sedimentos en diferentes puntos a lo largo del Río Santiago y el canal de El ahogado (Mapa 8.3d). Dichas muestras se están analizando para concentración de metales pesados, Benzo(a)pyreno y BTEX, como un presuntivo análisis de dichos puntos.

c) Plaguicidas y fertilizantes

Plaguicidas

El término plaguicida se aplica a toda sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o controlar una plaga (USEPA, 2008).

Los plaguicidas pueden ser clasificados de acuerdo a su uso, composición química, naturaleza química, acción específica, concentración, formulación, modo de acción, grado de toxicidad y persistencia en el ambiente.

Para combatir dichas plagas se aplican en el campo diversos productos y por la plaga que controlan se pueden clasificar en insecticidas, nematicidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, aracnicidas, alguicidas y defoliantes entre otros.

Es necesario reconocer que el empleo de los plaguicidas contribuye al desarrollo de la actividad agrícola, garantizando una producción estable y rentable. No obstante, el empleo de estos productos debe realizarse bajo ciertas normas de seguridad, respetando todas y cada una de las precauciones y recomendaciones dada para su uso.

Por su estructura química, los plaguicidas se agrupan genéricamente en organoclorados *(DDT, endrín, aldrín, etc.), organofosforados (metamidofos, dimethoatos, profenofos), organomercuriales, carbámicos (aldicarb, carbofuran, methomil), ditiocarbámicos, triazínicos, fenoxiacéticos, bipiridílicos, ftalimidicos, sulfonamidas, bencimidasoles, piretroides (fenvalerato, permetrina, decametrina),* derivados del dinitrofeno y derivados de la urea.

De acuerdo a sus modo de acción pueden ser sistémicos y de contacto, y de acuerdo a sus especificidad, selectivos y no selectivos (Albert y Benítez, 2005).

Finalmente, por su tipo de formulación y la presentación del producto también se tienen plaguicidas sólidos (polvo), líquidos o gaseosos. Este apartado es importante debido a la biodisponibilidad del material en cultivos y zonas agrícolas.

En general, los plaguicidas han generado gran preocupación debido a la toxicidad o capacidad de producir alteraciones sobre los organismos vivos, a su elevada bioacumulación (es decir a su presencia en los tejidos vivos) y a su persistencia en el ambiente, ya que esto aumenta la posibilidad de que movilicen e interactúen con los organismos vivos antes de degradarse.

La toxicidad de los plaguicidas sobre la biota tanto terrestre como acuática depende de muchos factores, por ejemplo, la especie, ya que unas son sensibles a ciertos compuestos y resistentes a otros; de su estado de desarrollo, ya que algunos plaguicidas tienen mayor efecto en las etapas juveniles y otros en las etapas maduras, aunque en exposiciones prolongadas así como a elevadas temperaturas, las respuestas pueden ser diferentes (Rodriguez et al., 1992).

En México, las entidades federativas con las tasas de incidencia más elevadas de intoxicación por plaguicidas para el 2001 fueron reportadas por COFEPRIS (Tabla 8.5). Como se puede observar el mayor número de casos se presentó en Jalisco, aunque su tasa de incidencia fue baja por la cantidad de habitantes muestreados.

Tabla 8.5. Casos de intoxicación por plaguicidas en México, por entidad federativa.

Estado	Tasa por 100,000 habs.	Casos
Nayarit	29.33	282
Jalisco	6.32	424
Morelos	5.68	91
Quintana Roo	5.31	47
Sinaloa	5.26	140
Campeche	4.52	33
Michoacán	4.29	177
Querétaro	4.21	63
Baja California Sur	4.11	19
Chiapas	3.57	150

Fuente: COFEPRIS, 2001.

Si bien el uso de plaguicidas ha mejorado el rendimiento de las cosechas y disminuido las enfermedades transmitidas por vectores, su uso puede ocasionar efectos adversos a la salud de la población en general y al ambiente en particular, ya sea por exposición directa o indirecta (WHO, 1986).

La toxicidad aguda de los diferentes plaguicidas de uso habitual, como los organofosforados y carbamatos que actúan como inhibidores de la colinesterasa, se ha caracterizado desde hace décadas. Los síntomas generales que se presentan durante la intoxicación aguda comprenden fatiga, mareos, náuseas y vómitos, hasta efectos respiratorios y neurológicos que pueden poner en peligro la vida (Maroni et al., 2000).

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud, registran cada año entre uno y cinco millones de casos de intoxicación por plaguicidas en países en desarrollo, con miles de muertes, incluidos niños (FAO, 2004). Los principales grupos de compuestos asociados con intoxicaciones son piretroides, organofosforados, carbamatos y organoclorados (Eddleston et al., 2002; AMIFAC, 2007).

Se calculó en el 2002, que el sub-registro de casos de intoxicación por plaguicidas era de cinco casos no registrados por cada caso registrado (prevención primaria, diagnóstico precoz y tratamiento oportuno de la intoxicación aguda por agroquímicos en el primer nivel de atención).

No hay datos precisos sobre la cantidad de plaguicidas que se usa actualmente en el país. Albert (2005) señaló que el consumo aproximado de ingredientes activos en el año 2000 fue de 50,000 toneladas anuales, con un valor de mercado entre 400 y 600 millones de dólares americanos; sin embargo, es posible que este valor subestime la realidad.

En México, los estados con mayor uso de plaguicidas son Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca. Se calcula que en ellos se aplica 80% del total de plaguicidas usados en el país (Albert, 2005).

Históricamente el consumo nacional de plaguicidas ha tenido una distribución poco estable a través del tiempo, así se pueden observar años como el 2001 ó 2005 en los cuales el consumo de estos materiales fue sustancialmente mayor al compararlos con otros años (Figura 8.9).

En los ambientes acuáticos, los fungicidas son los que más se absorben a los sedimentos y no son solubles, de manera que los macro invertebrados asociados a sedimentos se ven afectados, desapareciendo los más sensibles, afectando la diversidad.

Por el tipo de producto, también se afectan los hongos descomponedores de la materia orgánica (cuyo exceso favorece el desarrollo de organismos oportunistas), y aumenta el consumo de oxígeno para su degradación y las reacciones químicas.

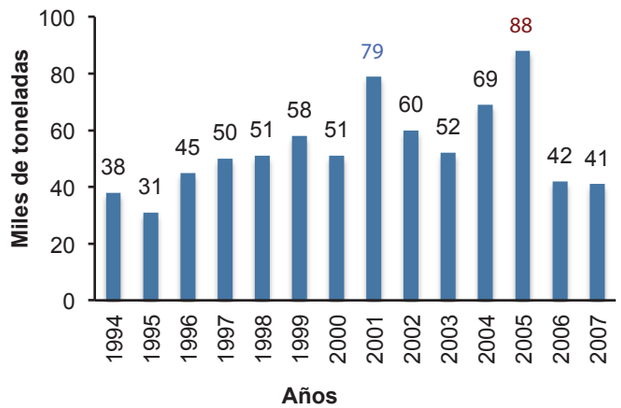


Figura 8.9. *Consumo aparente de plaguicidas a través del tiempo a nivel nacional. Fuente: Elaborado con datos de INEGI. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales 2002. México. 2003. INEGI. El sector alimentario en México, ediciones 2004, 2008 y 2009.*

Hay otros plaguicidas que se mantienen disueltos en la columna de agua y, dependiendo de su origen, afectarán a los microorganismos que viven en ella.

Los tipos de plaguicidas más empleados son los líquidos, por su fácil manejo y mayor capacidad de absorción en los campos de cultivo. Aunque algunos plaguicidas, al ser aplicados, se volatilizan en gran medida y pasan rápidamente a la atmósfera. Mientras que otros, cuando se combinan con fuentes de nitrógeno inhiben su degradación.

El municipio de Tlajomulco de Zúñiga, es el que mayor cantidad de plaguicida líquido aplicán, siendo en este caso el 57.03% (516.66 kg/ha anual) del consumo total de los municipios del POFA. Mientras que Zapopan está en segundo lugar, con un consumo de 16.5% (149,69 kg/ha anual) del total.

Como se puede observar el consumo de ambos municipios supera el 70% del plaguicida líquido consumido por los el resto de los municipios del POFA (Figura 8.10).

Adicionalmente, Tlajomulco de Zúñiga consume 54% del plaguicida en polvo que se consume en el POFA, seguido por los municipios de Zapopan y Zapotlanejo. Entre los tres son capaces de consumir el 87% del total del material requerido (Figura 8.11).

El mismo fenómeno mostrado por los plaguicidas puede ser observado en los herbicidas y defoliantes. Esto es debido a que frecuentemente para tratar completamente a los campos se emplean ambos materiales (Figura 8.12).

No obstante, en necesario mencionar que aún cuando estos datos hacen referencia al consumo total de los municipios, y algunos de ellos no tienen su total extensión dentro del POFA, los datos permiten dar una clara visión de que municipios tienen el mayor consumo aparente de plaguicidas y relacionarlo con sus actividades productivas (agricultura). Tal es el caso de Tlajomulco de Zúñiga que sólo tiene 195.17 km^2 de su territorio en el POFA, pero es el municipio que mayor agricultura presenta en el POFA (Tabla 8.2).

Los datos sugieren que deberá tenerse especial cuidado en las dosificaciones e implementar monitoreos periódicos en suelos y aguas para detectar un exceso de estos compuestos, lo cual a la fecha no se lleva a cabo.

La persistencia excesiva de plaguicidas en el suelo puede dañar a las semillas o plántulas recién sembradas, en tanto que su infiltración en el perfil del suelo y su potencial llegada a los mantos freáticos o a los cuerpos de agua, depende de la permeabilidad, del grado de erosión, de la presencia de materia orgánica en el suelo, de la humedad en el mismo y de otros factores ambientales.

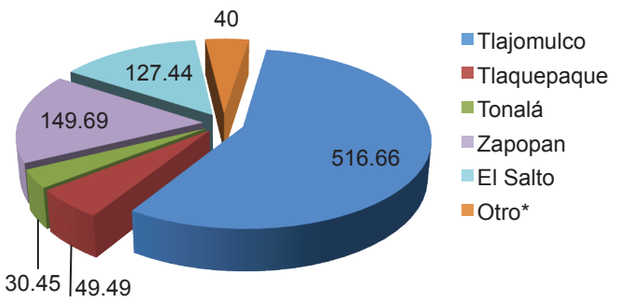


Figura 8.10. *Consumo aparente de plaguicidas líquidos (kg/ha anual) de los municipios del POFA. *Otro se refiere a los municipios con poco nivel de significancia. Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2004, 2008 y 2009 y SEMARNAT, 2004, 2008 y 2009.*

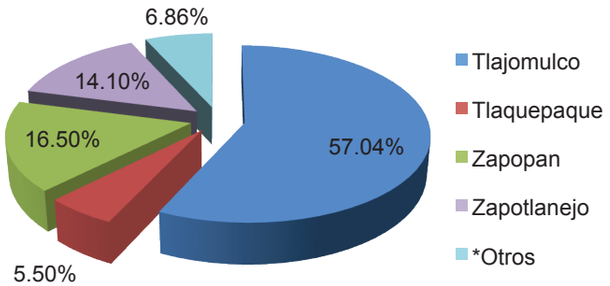


Figura 8.11. *Porcentaje del consumo aparente de plaguicida en polvo de los municipios del POFA. *Otro se refiere a los municipios con poco nivel de significancia. Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2004, 2008 y 2009 y SEMARNAT, 2004, 2008 y 2009.*

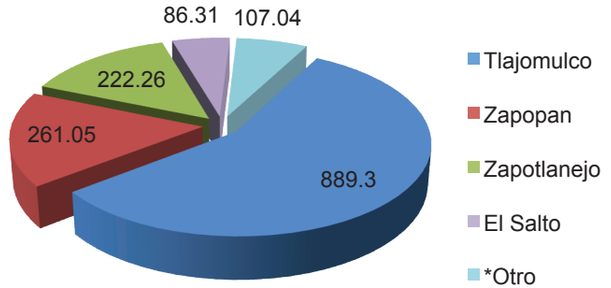


Figura 8.12. *Consumo aparente promedio de herbicidas y defoliantes de los municipios del POFA. *Otro se refiere (kg/ha anual) a los municipios con poco nivel de significancia. Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2004, 2008 y 2009 y SEMARNAT, 2004, 2008 y 2009.*

Por estas razones, es absolutamente necesario generar y aplicar una normatividad para regular el uso de agroquímicos autorizados para cada problemática en particular y respetar su dosificación y condicionantes (entre las que se incluyen los cuidados para su aplicación) y evitar así riesgos o daños a la salud humana. Sólo de esta manera se estará cumpliendo con el principio precautorio de la agenda XXI.

Fertilizantes

En todo el mundo son contados los casos en que los suelos contienen los principios nutritivos suficientes, para obtener durante un tiempo prolongado, producciones de cultivos importantes sin enriquecerlos con algún tipo de fertilizante.

En el caso más favorable es la propia naturaleza quien se encarga de auto fertilizar al suelo, como en el caso del aporte anual de lodos en los valles fluviales, donde antiguas culturas humanas se establecieron. No obstante, se produce más bien lo contrario: los suelos sufren un empobrecimiento relativamente rápido, debido al continuo cultivo de las plantas útiles para el hombre. Por esta razón, aún en los sistemas de cultivos más primitivos, se encuentra al menos alguna forma simple de fertilización.

Por definición, los fertilizantes son productos destinados a la alimentación de las plantas para favorecer su crecimiento, aumentar su producción o mejorar su calidad; entonces fertilizar significa aportar abono a las plantas o a su sustrato nutritivo. Por lo anterior, los fertilizantes deben:

- Favorecer el crecimiento; esto equivale a favorecer la multiplicación de la masa vegetal, aunque también significa regular su aumento, en el sentido de limitar el crecimiento de determinadas partes de la planta, para así alcanzar producciones más elevadas.

- Aumentar la producción; lo que principalmente interesa es el producto neto (constituido por la masa cosechada); puede tratarse tanto de órganos vegetativos (ej. hojas), como órganos generativos (ej. frutos).

- Mejorar la calidad; se refiere a mejorar la calidad comercial y nutritiva, aumentando la resistencia de las plantas frente a cualquier tipo de influencia nociva.

El consumo aparente total de fertilizantes (nitrogenados y fosfatados) fue superior 29.6 veces con respecto al consumo total de plaguicidas reportados para el 2010 y 2011, para los municipios que integran el Polígono.

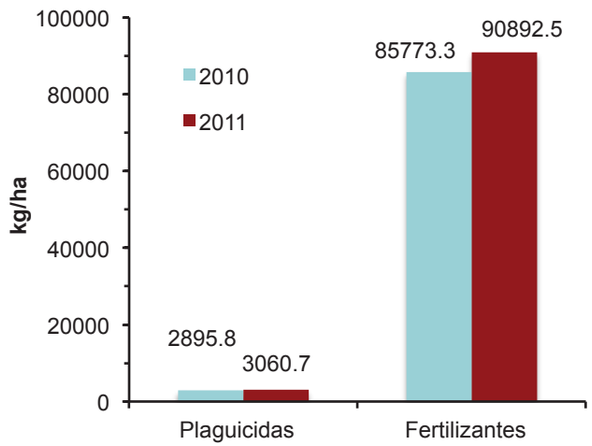


Figura 8.13. *Consumo aparente total de plaguicidas y fertilizantes en los municipios del POFA. Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2010 y 2011.*

Para ambos años, el consumo aparente de plaguicidas se mantuvo casi constante con ligero aumento para el 2011 de 5.7% con respecto al 2010. Mientras que el consumo aparente de fertilizantes tuvo un aumento de 6% para el 2011 (Figura 8.13). Esto indicó que el aumento de consumo de plaguicidas y fertilizantes es casi proporcional.

No es extraño que Tlajomulco de Zúñiga sea el municipio que mayor cantidad de fertilizantes nitrogenados consume por las actividades productivas de agricultura que tiene y su extensión (195.17 km^2), siendo en este caso el 57.03% del consumo total de los municipios que lo integran.

Zapopan ocupa el segundo lugar con un consumo de 17% del total. El consumo entre ambos municipios supera el 70% del fertilizante nitrogenado requerido en el POFA (Figura 8.14).

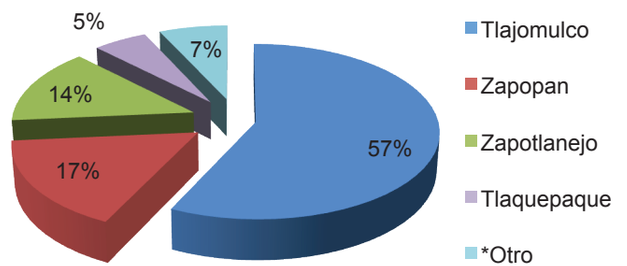


Figura 8.14. *Porcentaje del consumo aparente de fertilizantes nitrogenados de los municipios del POFA. Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2004, 2008 y 2009 y SEMARNAT, 2004, 2008 y 2009.*

En la actualidad, se utilizan fertilizantes para suministrar los nutrientes requeridos por la mayoría de los cultivos. Algunas de las desventajas de la fertilización son:

1) Peligro de usar más fertilizante del requerido. Esto puede causar toxicidad a la planta y contaminación de suelos y agua subterránea.

2) Requiere de entrenamiento para usarlos efectivamente.

A la fecha no hay una manera exacta de cuantificar la cantidad de fertilizantes y/o plaguicidas que son aplicados a los cultivos. La SEMARNAT maneja como indicador ambiental este parámetro de consumo aparente de fertilizantes para tener un estimado de las cantidades que se aplican al suelo.

Los fertilizantes pueden lixiviarse a través del suelo y pueden llegar hasta los acuíferos, lavarse con las lluvias y ser transportados por escurrimientos hasta los ríos, contaminado el ambiente. Motivo por el cual es importante tener un monitoreo de plaguicidas y compuestos fosfatados, nitrogenados derivados de fertilizantes en suelo y agua.

8.3. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Hasta antes de la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF, 2003), también eran conocidos como residuos sólidos municipales (RSM), y a partir de este ordenamiento se cambio su denominación a la de residuos sólidos urbanos (RSU).

De acuerdo a este ordenamiento, los residuos sólidos urbanos son aquellos que se generan en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en sus actividades domésticas (productos que se consumen, así como sus envases, embalajes o empaques); los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos (Art. 5, Frac. XXXIII, LGPGIR).

Estimaciones basadas en registros de los años 1992, 2000 y 2010, indican que en el país, la generación de RSU durante este período casi se duplicó, pasando de 21,967 miles de toneladas a 40,059 miles de toneladas (Tabla 8.6). Según su composición, el tipo de residuos que más se produce es el orgánico, sin embargo, el uso del plástico para múltiples funciones ha ocasionado que proporcionalmente éste sea el de mayor incremento con un 300%, al pasar de 962 a 4,362 miles de toneladas.

En cuanto a los estados con mayor generación de RSU, el primer lugar lo tiene el Estado de México con una producción anual estimada en 6,610.15 miles de toneladas, el segundo lugar corresponde al Distrito Federal con 4,891.00 miles de toneladas y en tercer lugar se ubica el estado de Jalisco con 2,971.10 miles de toneladas.

Con respecto al estado de Jalisco, la generación se ha incrementado principalmente en los centros urbanos; el acceso a una amplia gama de productos por parte de la población contribuye a esta estadística a diferencia de las áreas rurales donde el acceso a productos es limitado.

Los municipios que hasta el año 2009, generaban la mayor cantidad de RSU en el estado eran Guadalajara con 756,300 ton/año, Zapopan con 755,200 ton/año, Puerto Vallarta con 182,500 ton/año, Tlaquepaque con 178,100 ton/año y Tonalá con 137,200 ton/año.

Tabla 8.6. Producción de RSU en México.

Años	Total (Miles de toneladas)	Orgánicos	Plásticos	Papel	Metales aluminio	Metales ferrosos	Metales no ferrosos	Vidrios	Textiles	Otros
1992	21 967	11 512	962	3 090	488	246	151	1 296	327	4 143
2000	30 733	16 104	1 346	4 324	492	247	152	1 813	458	5 796
2010	40 059	20 999	4 362	5 540	693	434	251	2 355	573	4 851

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales-SEMARNAT.

En estos cinco municipios se concentraba el 58% de la población del estado, produciendo el 64% de los RSU del estado (Gobierno de Jalisco, 2010).

Para el año 2012 la situación ha cambiado, considerando los 10 principales municipios con mayor producción de RSU del estado, el municipio de Guadalajara actualmente mantiene el primer lugar al generar 2,006.6 ton/día, Zapopan 1,200.22 ton/día, San Pedro Tlaquepaque ha desplazado a Puerto Vallarta del tercer lugar con 586.83 ton/día.

Lo mismo que Tonalá con 462.89 ton/día, y el municipio de Tlajomulco de Zúñiga ascendido al quinto lugar con 402.04 ton/día (Tabla 8.7).

Estos cinco municipios son ahora los que concentran el 57.7% de la población total del estado, generando 4,658.52 ton/día, representando el 62% del total de los RSU. Estos datos reflejan una reducción en cuanto a la generación *per cápita.*

La generación diaria de RSU en los 10 municipios que integran el POFA es de 4951.04 ton/día, lo que representa el 65.88% del total que se produce en el estado, siendo los municipios de Guadalajara y Zapopan los mayores productores como ya se ha hecho referencia, aportando el 26.70% y 15.97% respectivamente con respecto al total del estado (Tabla 8.7).

Tabla 8.7. Municipios con mayor producción de RSU en Jalisco.

Municipio	Total de población	Generación *per cápita*	Toneladas diarias generadas de RSU	%
Guadalajara	1,495,189	1.342	2,006.54	26.70%
Zapopan	1,243,756	0.965	1,200.22	15.97%
San Pedro Tlaquepaque	608,114	0.965	586.83	7.81%
Tonalá	478,689	0.967	462.89	6.16%
Tlajomulco de Zúñiga	416,626	0.965	402.04	5.35%
Puerto Vallarta	255,725	0.965	246.73	3.28%
Lagos de Moreno	153,855	0.965	148.43	1.98%
El Salto	138,226	0.965	133.39	1.77%
Tepatitlán de Morelos	136,235	0.81	110.26	1.47%
Zapotlán el Grande	100,519	0.965	97.02	1.29%
Resto del Estado	2,323,748	0.979	2,563.81	64.88%
POFA	4,545,490	1.003	4,951.0	65.88%
JALISCO	7,350,682	0.979	7,514.855	100%

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales-SEMARNAT.

8.3.1. Composición

La composición de los RSU es variable y depende de varios factores, la región geográfica donde se generan, el nivel socioeconómico de la población, nivel cultural y los hábitos de consumo entre otros.

En forma general, los RSU que actualmente se generan en el país se componen de materiales de tipo orgánico 52%, el resto se divide en una serie de subproductos, casi todos susceptibles de ser reciclados. Entre los que más mercado tienen, son el papel, que representa el 14% de la composición; los plásticos, que llegan al 11%, el vidrio con el 6%, seguido de los metales con características diferentes (ferrosos y no ferrosos) y el aluminio, llegan al 4%, los textiles con 1%, mientras que otros representan el 12% (Figura 8.15).

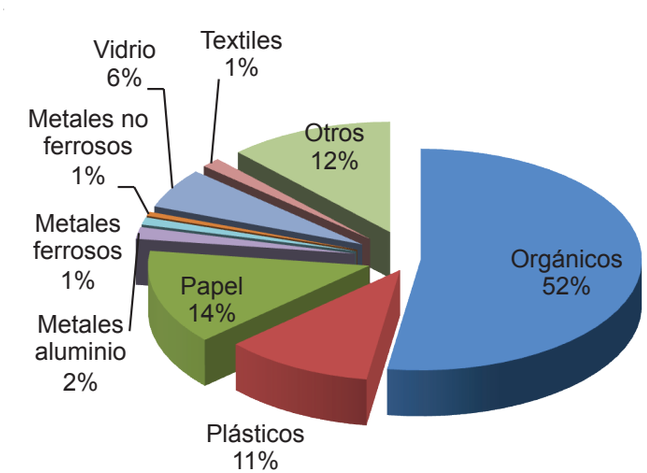


Figura 8.15. *Composición de los RSU en México. Fuente; Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales-SEMARNAT, 1992-2010.*

El estado de Jalisco refleja una situación similar, el mayor porcentaje del volumen de la composición de los RSU que en la actualidad se generan, son materiales de tipo orgánico 46%, los plásticos 14%; el papel y cartón que en conjunto llegan al 7%, la chatarra que agrupa a todos los metales con 5%, el vidrio que llega al 4%, el SCRAP, que corresponde a una nueva clasificación de desechos integrados por todo tipo de artículos electrónicos de uso común en el hogar, obsoletos o fuera de uso (monitores, teléfonos, fax, radios, computadoras, etc.) con 3%, los textiles con 2%, la madera con 1%, mientras que otros representan el 18%.

Bajo este mismo criterio, la composición de los residuos sólidos urbanos generados por los municipios que integran el POFA, refleja una situación semejante, a la del Estado. Siendo el mayor porcentaje del volumen de la composición de los RSU los materiales de tipo orgánico 46%, seguido por los plásticos, que constituyen el 15%; papel y cartón que en conjunto llegan al 7%, mientras que la chatarra representa el 5%, el vidrio 4%, el SCRAP con 3%, los textiles con 2%, la madera con 1%, mientras que otros representan el 19% (Figura 8.16).

Pese al volumen de producción, muy poco se ha logrado en el aprovechamiento de los residuos de tipo orgánico, teniendo como destino final los sitios de disposición final, convirtiéndose en el principal elemento generador del biogás, considerado como uno de los principales gases de efecto invernadero.

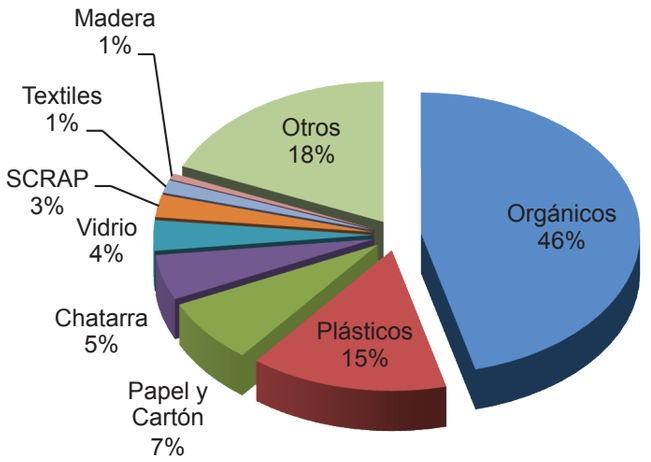


Figura 8.16. *Composición de los RSU en el POFA. Fuente: INEGI. Censo de población y vivienda 2010: Tabulados del cuestionario básico.*

Es importante resaltar el incremento paulatino que han tenido los plásticos dadas sus cualidades y usos, siendo empleados en infinidad de productos como empaques y contenedores en la mayoría de los alimentos y bebidas.

8.3.2. El manejo integral de los RSU: generación, recolección, manejo y disposición final

El manejo integral de los RSU, comprende todas las actividades encaminadas a la reducción de volúmenes desde su fuente de origen, así como las acciones de separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos.

Ya sea de manera individual o combinada de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (Art. 5, Frac. XVII, LGPGIR).

La generación de RSU a partir de la acción de producirlos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo (Art. 5, Frac. VIII, LGPGIR), implica necesariamente que paralelo a ella se deben de realizar otras acciones para tener un manejo adecuado y no generar problemas ambientales y de salud, por lo tanto una vez que estos se generan debe realizarse su recolección a partir de la fuente generadora y trasladarlos a las instalaciones ya sea para su transferencia o para tratamiento o disposición final (Art. 5, Frac. XIV, LGPGIR).

En este sentido, el manejo, que incluye además el transporte, el tratamiento que se puede dar a los residuos, depende en gran medida de la capacidad de los estados y municipios para contar con la infraestructura necesaria que permita dar salida a una eliminación adecuada.

Para el análisis de la generación de RSU a nivel nacional, la SEMARNAT, considera la regionalización del país basada en los criterios de la SEDESOL, además de la población para generar el indicador de generación *per cápita*.

Con respecto al estado de Jalisco, la mayor generación de RSU se realiza en la Zona Metropolitana de Guadalajara, donde confluyen 6 de los 10 municipios que integran el POFA (Guadalajara Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga y El Salto), se produce el 80% del total, mientras que el 20% restante se genera en el resto del estado.

La situación del POFA, en cuanto generación de RSU por cada uno de los municipios que lo integran, indica que a nivel estatal, el municipio de Guadalajara es el principal generador con 2,006.54 ton/día y una tasa de generación de 1.342 kg/hab.

En segundo lugar se encuentra el municipio de Zapopan con 243,756 ton/día, y una tasa de generación per cápita de 0.965 kg/hab, el tercer lugar le corresponde al municipio de San Pedro Tlaquepaque con 585 ton/día, y una tasa de generación de 0.965 kg/hab.

Considerando la población incluida únicamente dentro del Polígono en base a los datos a nivel AGEB proporcionada por el INEGI (2012), indica que el municipio de San Pedro Tlaquepaque, el cual prácticamente tiene la totalidad de su territorio dentro de el POFA, es el mayor generador con 402 toneladas diarias, lo que representa el 5.35% de total del estado, seguido por Tlajomulco de Zúñiga, con 318 toneladas que equivalen al 4.23% del total estatal (Tabla 8.8).

En cuanto a la disposición final, que consiste en la acción de depositar o confinar permanentemente los residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (Art. 5, Frac. V, LGPGIR), hasta antes de la promulgación de la LGPGIR.

Generalmente los municipios venían realizando la disposición final de sus residuos sólidos de manera inapropiada, afectando sitios como barrancas y cauces de ríos, lagos y lagunas, minas abandonadas, zonas pantanosas y áreas geológicamente inestables.

Sin embargo, a raíz de la publicación de la LGPGIR, la mayoría de los municipios ha tomado como iniciativa en el mediano plazo terminar con este problema y cambiar esta práctica por un sistema más seguro.

8.4. Residuos de manejo especial

Los residuos de manejo especial corresponden a aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (Art. 5, Frac. XXX, LGPGIR).

Los residuos considerados como incompatibles, son aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos (Art. 5, Frac. XXXI, LGPGIR).

Tabla 8.8. Estadísticas de generación de RSU en el POFA.

Municipio	Población POFA (habitantes)***	Toneladas diarias generadas de RSU **	Porcentaje en el Estado
Guadalajara	59,993	80.51	1.07%
Ixtlahuacán del Río	*	0.00	0%
Juanacatlán	11,218	10.83	0.14%
El Salto	138,226	133.39	1.77%
Tala	*	0.00	0%
Tlajomulco de Zúñiga	329,605	318.07	4.23%
San Pedro Tlaquepaque	416,844	402.25	5.35%
Tonalá	214,427	207.35	2.75%
Zapopan	225,802	217.90	2.89%
Zapotlanejo	5,634	5.44	0.07%
POFA	1,401,749	1,375.73	18.31%

**Sin población dentro del POFA*
*** Toneladas diarias generadas por la población del POFA*
****Población que se encuentra sólo dentro del POFA.*

Tiraderos a cielo abierto. Práctica común que la mayoría de los ayuntamientos realizaba con los residuos generados en su jurisdicción

Estas dos categorías dada su gran diversidad, han sido motivo de análisis y los generadores deberán establecer de manera específica planes para su manejo y disposición.

Para el cumplimiento de esta separación, los residuos deberán ser entregados al servicio de manejo integral de residuos público ó privado, haciendo uso de los instrumentos y las características para su entrega ya mencionadas; si esto no se realiza, no hay aprovechamiento de los residuos orgánicos *in situ* (compostaje o vermicompostaje).

Esta separación incluye además, los residuos que se generan de manera ocasional en los hogares denominados como “otros residuos” (cadáveres de animales, aparatos electrónicos), los cuales se manejarán conforme a los planes municipales para la prevención y la gestión integral de los residuos.

8.5. Generación de Residuos Peligrosos (RP)

La Ley General para la Gestión Integral de los Residuos, define a los residuos peligrosos como aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como los envases, recipientes y embalajes utilizados para su manejo y transporte de un sitio a otro, y los suelos que hayan sido contaminados (Art. 5, Frac. XXXII).

Este tipo de residuos pueden ser generados indistintamente por empresas dedicadas al desarrollo de cualquier actividad productiva, su normatividad y regulación en nuestro país, están a cargo de la SEMARNAT.

La misma Ley clasifica a este tipo de empresas de acuerdo al volumen de generación en tres categorías:

- Microgeneradores, agrupa a los establecimientos de tipo industrial, comercial o de servicios que generan una cantidad de hasta 400 kg de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

- Pequeños generadores, sector integrado por establecimientos que realizan una actividad que genere una cantidad mayor a 400 kg y menor a 10 ton en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

- Grandes generadores, que son los que realizan actividades que generan una cantidad igual o superior a 10 ton en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

En el caso particular del estado de Jalisco, se tienen registradas un total de 7,297 empresas, que representan el 10.1% del total a nivel nacional y generan un volumen de 66,699 ton/año, representando el 3.4 % del total generado, lo que lo coloca en sexto lugar a nivel nacional, por debajo de la ZMVM, considerada como la mayor generadora con 586,014 ton/año y los estados de Chihuahua, Campeche, Tamaulipas y Nuevo León (Tabla 8.9).

Con respecto al área comprendida por el POFA, el municipio de Guadalajara es considerado como el mayor productor de RP, de acuerdo a los datos del Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos (INGRP) del 2012 y considerando la clasificación establecida por la LGPGIR para los establecimientos generadores de RP.

Tabla 8.9. Estimación de generación de RP por estado y número de empresas 2004-2012.

Entidad	Número de empresas	Estimación de generación (ton)
ZMVM	11,023	586,014.64
Chihuahua	3,663	343,066.73
Campeche	721	210,486.76
Tamaulipas	1,792	147,747.80
Nuevo León	2,686	129,734.50
Jalisco	7,297	66,699.12
Tabasco	1,120	64,750.38
Guanajuato	2,426	61,294.70
Aguascalientes	1,185	49,331.76
Estado de México	3,597	40,276.17
Resto de Entidades	36,720	235,852.90
TOTAL	**72,230**	**1,935,255**

Fuente: SEMARNAT, 2012.

Después de Guadalajara, los cuatro municipios principales generadores de RP son Zapopan que produce 16,853 ton, San Pedro Tlaquepaque cuya producción asciende a 7,687 ton, El Salto con 5,302 ton, seguidos por el municipio de Tonalá con 1,024 ton (Tabla 8.10).

Los pequeños generadores y grandes generadores son los mayores productores de RP, destacando el municipio de Zapopan en ambos rubros con 1,015.65 ton y 15, 767.28 ton, respectivamente.

En cuanto a los sectores que mayor volumen de RP generan en el POFA, destaca el sector servicios con el 78% del total, seguido por el sector otros con 9% y en tercer lugar los que se dedican a servicios mercantiles con 6% (Figura 8.17).

En base a estas cifras, el tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos se debe abordar considerando la prevención orientada a la reducción de los volúmenes de generación, reciclaje, reúso y al tratamiento de este tipo de residuos para reducir su peligrosidad o volumen (frac. IV art 28 LGEEPA).

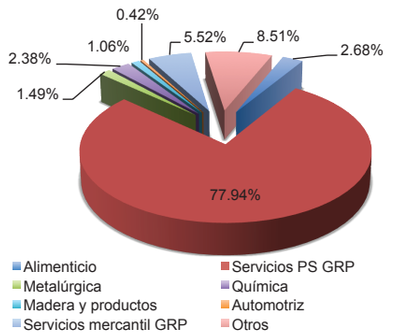


Figura 8.17. *Empresas generadoras de RP por sector económico POFA. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Integración y Actualización del Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos (INGRP), 2012.*

Tabla 8.10. Volúmenes de generación de RP por categoría de generador.

Entidad	Total de toneladas	Total de empresas	Microgenerador		Pequeño Generador		Gran Generador	
			Número	Estimación de generación (ton)	Número	Estimación de generación (ton)	Número	Estimación de generación (ton)
México	1,935,255	72,230	40,298	11,222	26,012	74,511	5,920	1,849,523
Guadalajara	21,994	3,363	2,209	194.56	1,062	2,196.78	92	19,602.56
Ixtlahuacán del Río	10	5	0	0.00	5	10.34	0	0.00
Juanacatlán	6	3	0	0.00	3	6.21	0	0.00
El Salto	5,302	187	75	6.61	88	182.03	24	5,113.71
Tala	8	5	1	0.09	4	8.27	0	0.00
Tlajomulco de Zúñiga	4,787	310	144	12.68	145	299.94	21	4,474.50
San Pedro Tlaquepaque	7,687	477	239	21.05	204	421.98	34	7,244.42
Tonalá	1,024	220	139	12.24	77	159.28	4	852.29
Zapopan	16,853	1,359	794	69.93	491	1,015.65	74	15,767.28
Zapotlanejo	251	32	13	1.14	18	37.23	1	213.07
JALISCO	66,699	7,297	4,414	388.76	2,597	5,371.97	286	60,938.39

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Integración y Actualización del Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos (INGRP) – 2012.

8.6. Aire

8.6.1. Evaluación de la calidad del aire

Este análisis siguió la tendencia de siete contaminantes criterio (Tabla 8.11) de 2000 a 2011 comúnmente utilizados para evaluar la calidad del aire en el territorio mexicano y se realizó a través de la base de datos del SICA (Sistema de Consulta de Indicadores de la Calidad del Aire). Los procedimientos de validación de la información, suficiencia de datos y método de cálculo se basaron en las normas para cada contaminante y en el Cuarto Almanaque de Datos y Tendencias de la Calidad del Aire en 20 Ciudades Mexicanas.

Inicialmente se resumen las normas de calidad del aire mexicanas, despues se muestra la ubicación y se describen las estaciones de monitoreo y finalmente la tendencia de cada contaminante y se compara con la normatividad vigente.

a) Normatividad

En México, la Secretaría de Salud es la responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud y establecer los límites máximos permisibles de concentración de los contaminantes (Tabla 8.11).

Tabla 8.11. Normas de calidad del aire mexicanas para siete contaminantes criterio.

Contaminante	Valores límites			Normas Oficiales Mexicanas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio	
Partículas suspendidas totales (PST)	210 µg/m^3 (24 horas)	2% de mediciones al año	-	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)
Partículas menores de 10 micrómetros (PM_{10})	120 µg/m^3 (24 horas)	2% de mediciones al año	50 µg/m^3 (promedio aritmético anual)	
Partículas menores de 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$)	65 µg/m^3 (24 horas)	2% de mediciones al año	15 µg/m^3 (promedio aritmético anual)	
Ozono (O_3)	0.11 ppm (1 hora) (216 µg/m^3)	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)
	0.08 ppm (8 horas)	4 veces al año	-	
Monóxido de carbono (CO)	0.11 ppm (8 horas) (12 595 µg/m^3)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993 (DOF,1994a)
Bióxido de azufre (SO_2)	0.11 ppm (24 horas) (288 µg/m^3)	1 vez al año	0.025 ppm (66 µg/m^3) (promedio aritmético anual)	NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2011)
	0.200 ppm (1 hora) (524 µg/m^3)	2 veces al año		
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	0.21 ppm (1 hora) (395 µg/m^3)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993 (DOF,1994b)

b) Estaciones de monitoreo

Las estaciones de la RAMAG (Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de Guadalajara) incluidas en este diagnóstico de la calidad del aire se seleccionaron por su cercanía al POFA, (Figura 8.18). Sus datos pueden ser utilizados como una buena aproximación para evaluar la calidad del aire en la zona de estudio. La estación de Las Pintas (PIN, municipio de El Salto) es la única localizada dentro del área del POFA (SEMADES, 2012).

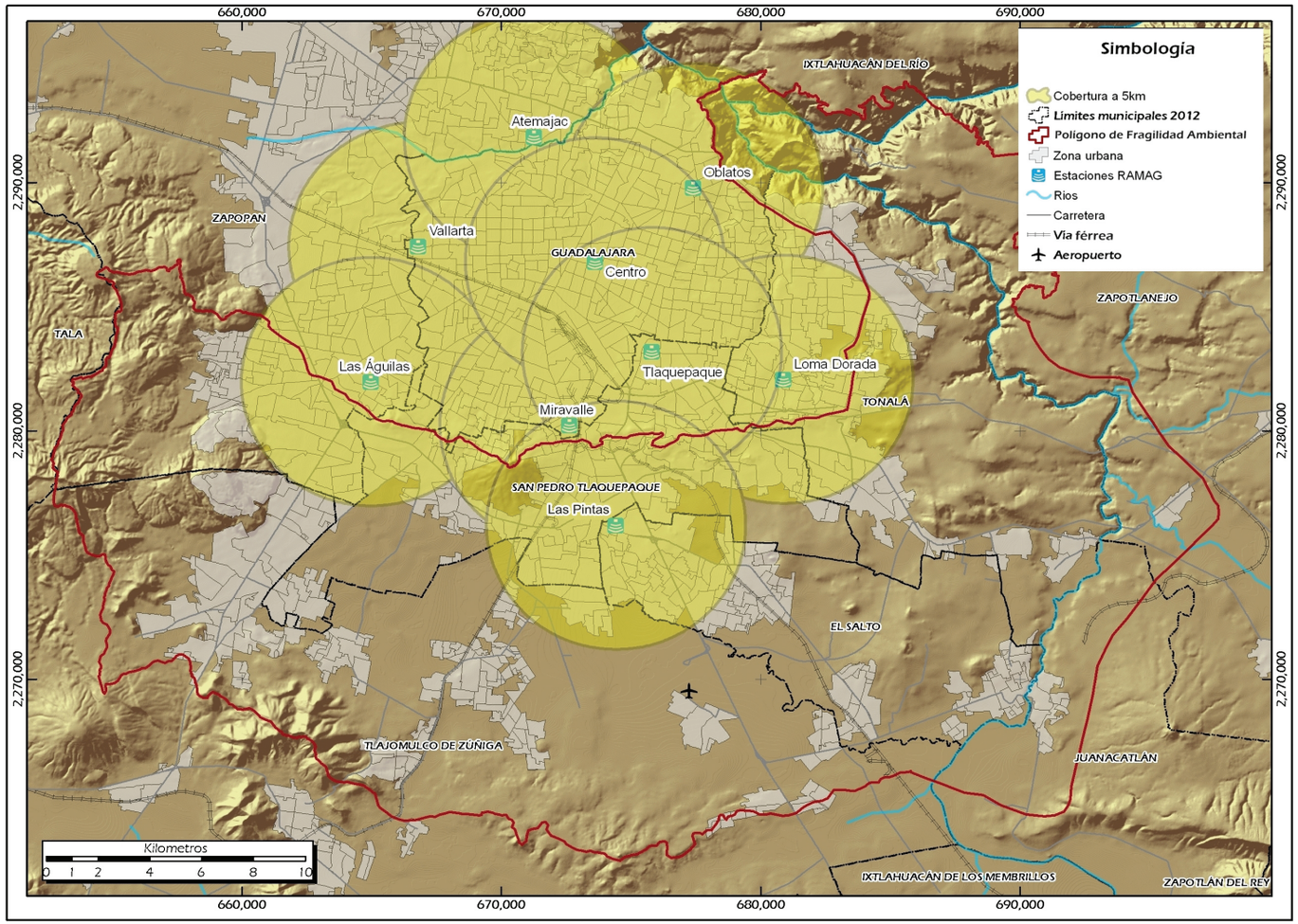


Figura 8.18. *Ubicación de las estaciones de monitoreo en la ZMG y área de cobertura en el POFA.*

Todas las estaciones seleccionadas cuentan con equipos de medición de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), bióxido de azufre (SO_2), ozono (O_3) y partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}); sólo en Miravalle (MIR) y Centro (CEN) se miden partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$). Sin embargo, se excluyen debido a los pocos datos disponibles.

Todas miden velocidad y dirección del viento, humedad relativa y temperatura; únicamente Las Pintas (Municipio de El Salto) cuenta adicionalmente con sensores de presión barométrica, precipitación pluvial y radiación solar.

Un reporte reciente sobre el análisis del desempeño global de la Red de Monitoreo Atmosférico, indica que los mecanismos de difusión de la información y la oportunidad con que se realiza la validación de datos, así como el porcentaje de datos validados obtenidos para las mediciones de PM_{10} son adecuados. Sin embargo, toda la red requiere atención en lo concerniente a la frecuencia de auditorías, al número de equipos de medición que cumplen con los criterios de las auditorías, al porcentaje de datos validados de las $PM_{2.5}$ y a la trazabilidad de los equipos de calibración (SEMARNAT, 2009).

c) Diagnóstico de la calidad del aire

A continuación se muestra la tendencia de las concentraciones para cada uno de los contaminantes criterio listados en la Tabla 8.11 y se analiza su comportamiento respecto a la normatividad.

i) Partículas respirables PM_{10}

Las PM_{10} son partículas respirables con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros que pueden ingresar al tracto respiratorio humano y causar potencialmente complicaciones en la salud debido a que contienen diversas sustancias químicas tóxicas (Finlayson-Pitts y Pitts, 1999).

Principalmente, su presencia en el aire se debe a procesos físicos antrópicos (operaciones de construcción y agrícolas, caminos sin pavimento, depósitos de materiales etc.) y naturales o biogénicas (erupciones volcánicas, aerosol marino, etc.) (Seinfeld y Pandis, 2006).

Concentraciones atmosféricas anuales

El análisis del promedio anual muestra que las concentraciones de PM_{10} (Figura 8.19) tienen una variación irregular entre estaciones sin un patrón claro en la tendencia.

Particularmente, se observa que en Miravalle y Loma Dorada se sobrepasa la norma mexicana anual (50 µg m^{-3}) en casi todo el período evaluado. En Oblatos hasta 2007 se cumple la norma pero en 2008 y 2009 son sobrepasadas sin poderse definir una tendencia al final del período porque hicieron falta registros en 2010 y 2011.

En la estación Las Águilas, por el contrario, la mayoría del período se cumple la norma pero la falta de registros validos en 2010 y 2011 dificultó la descripción de la tendencia. En Las Pintas, aunque sólo hay registros en 2011, estos sobrepasan en casi tres veces el límite máximo permitido (Figuras 8.19 y 8.20).

Concentraciones atmosféricas diarias

En los últimos dos años, Loma Dorada y Miravalle incumplen con la norma diaria y hasta el 2009 en Oblatos los valores se encuentran muy cerca de la norma. Mientras que Las Aguilas cumple en todo el período; en Las Pintas únicamente se tienen registros para 2011, el valor es casi dos veces la norma (Figura 8.20).

ii) Ozono

El ozono (O_3), es el principal oxidante fotoquímico y representa cerca del 90% del total de oxidantes en la atmósfera (Peavy et al., 1985). En áreas urbanas el ozono es un subproducto de procesos fotoquímicos favorecido por la luz del sol, los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV) (Finlayson-Pitts y Pitts, 1999).

El incremento de las emisiones de estos contaminantes en las horas de la mañana, debido al uso de automóviles, más el aumento de la radiación solar, es seguido por la formación de un pico de ozono cerca del medio día (Seinfeld, 2007).

Límite anual

En los últimos tres años, en la mayoría de las estaciones, los registros sobrepasan la norma y muestran un ligero aumento (Figura 8.21). En particular, en Miravalle (MIR) y Oblatos (OBL) no se contó con suficientes datos en 2010 y 2011 para la evaluación del comportamiento al final del período.

Límite horario

En todo el período se observa claramente que ninguna de las estaciones cumple la norma con excepción de Tlaquepaque en 2001 y tampoco hay una tendencia clara en las concentraciones registradas a lo largo del período (Figura 8.22).

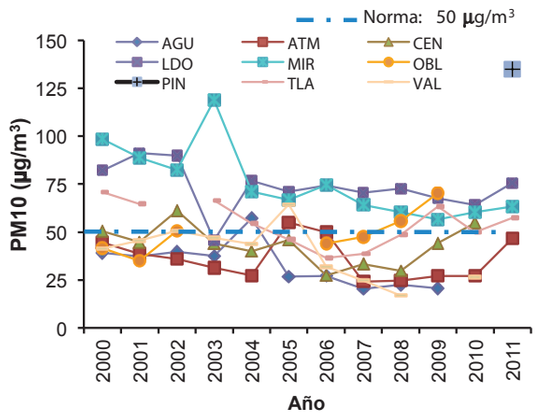


Figura 8.19. *Promedios de 24 h (percentil 98).*

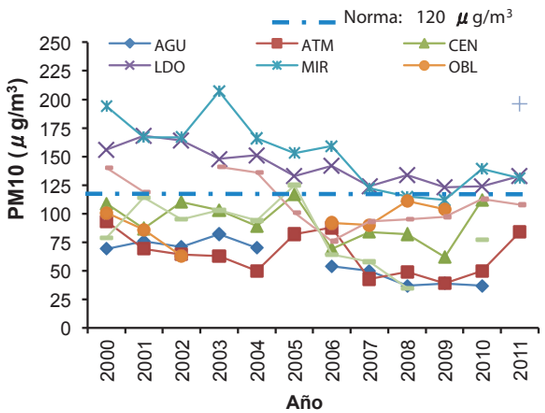


Figura 8.20. *Promedio anual de los promedios de 24 h de PM_{10}.*

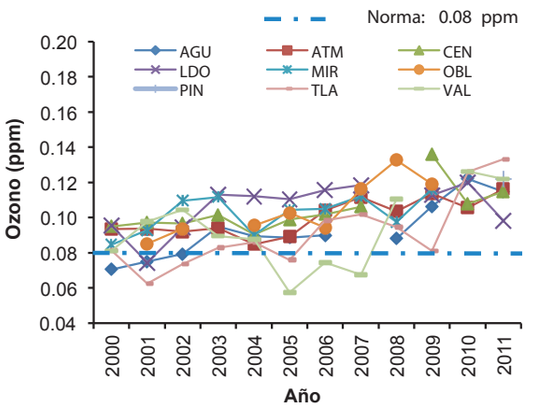


Figura 8.21. *Quinto máximo de las concentraciones diarias de ozono de los promedios móviles de 8 h.*

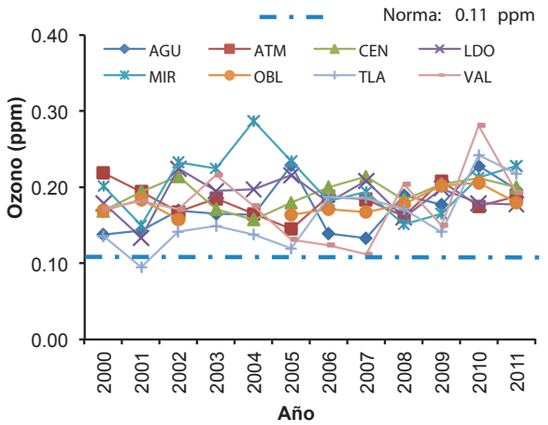


Figura 8.22. *Máximo horario anual de ozono.*

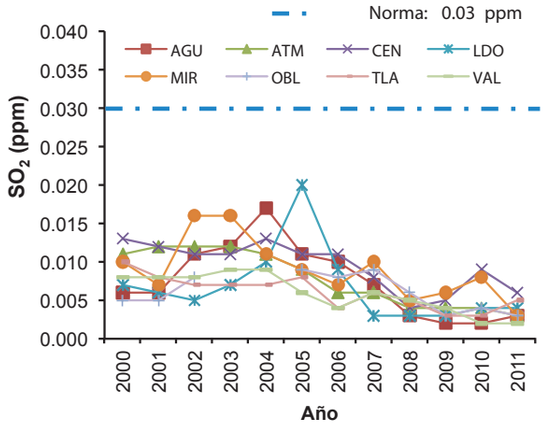


Figura 8.23. *Promedio anual de las concentraciones de SO_2.*

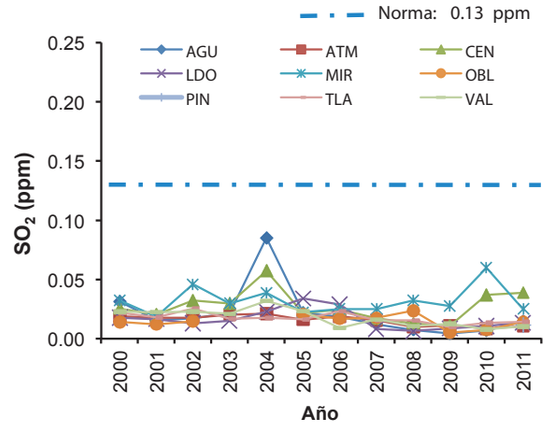


Figura 8.24. *Segundo máximo de los promedios de 24 h.*

iii) Dióxido de Azufre

El dióxido de azufre (SO_2) es uno de los óxidos de azufre de mayor interés en el estudio de la contaminación del aire. Es un gas incoloro, no inflamable y con olor asfixiante que tiende a irritar las membranas mucosas del tracto respiratorio y promueve el desarrollo de enfermedades respiratorias crónicas como bronquitis y enfisema pulmonar en exposición prolongada.

Una vez emitido puede permanecer entre 2 y 4 días en promedio suspendido en el aire; pudiendo ser transportado hasta 1000 Km. En condiciones atmosféricas favorables puede producir SO_3, gotas y sales de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Límite anual (promedio anual)

En general se observa una tendencia decreciente y en ninguna caso se sobrepasa la norma mexicana para este contaminante (Figura 8.23).

Límite de 24 horas

En ningún caso se sobrepasó la norma mexicana para este contaminante y no existe una tendencia clara en los valores registrados (Figura 8.24).

iv) Dióxido de Nitrógeno

El dióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de nitrógeno (NO) son los óxidos de nitrógeno (NO_x) de mayor interés en contaminación del aire debido a que son emitidos en cantidades significativas a la atmósfera.

El NO_2, aunque es emitido en menor cantidad que el NO, irrita los alveolos pulmonares y juega un papel muy importante en la producción de contaminantes secundarios como ozono (O_3), debido a que absorbe la luz ultravioleta.

Límite horario

En el período evaluado, este contaminante no presenta una tendencia clara en todas las estaciones. Se destaca el cumplimiento de la norma por todas las estaciones en 2009; el incremento de las concentraciones en OBL de 2008 hasta 2011 con valores por encima de la norma en 2011 y el incumplimiento en Miravalle (MIR) y Centro (CEN) para 2010 (Figura 8.25).

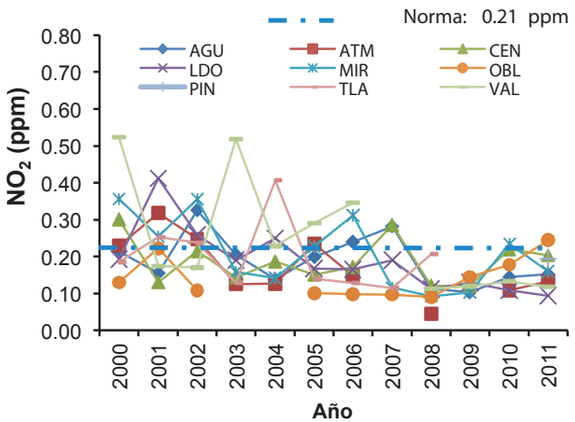


Figura 8.25. *Promedio anual de las concentraciones de NO_2.*

v) Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inoloro, insaboro y químicamente inerte en condiciones normales. En altas concentraciones puede afectar seriamente el metabolismo aeróbico humano, debido a su alta afinidad por la hemoglobina.

El CO reacciona con la hemoglobina de la sangre para dar carboxihemoglobina que reduce la capacidad de la sangre para llevar oxígeno.

Límite horario

Este contaminante no representa un problema desde 2006 ya que en ese año y hasta el 2011 no se rebasa la norma horaria en ninguna de las estaciones.

Hasta 2009 son prácticamente constantes con incrementos en 2010 muy cercanos al límite máximo y posteriores caídas en 2011 (Figura 8.26).

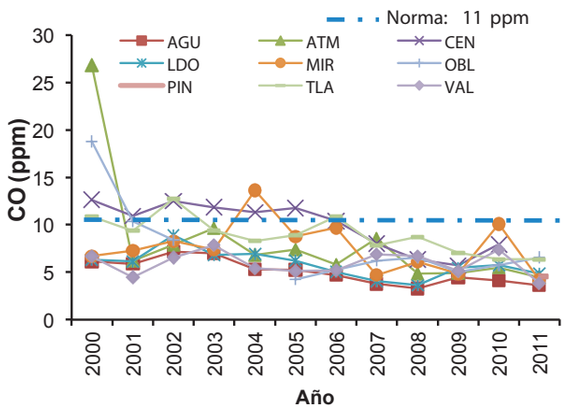


Figura 8.26. *Segundo máximo de los promedios móviles de 8 h para CO.*

8.6.2. Inventario de emisiones 2005 (IE 2005)

El inventario de emisiones del 2005 reporta estimaciones de partículas menores o iguales a 10 µm (PM_{10}) y menores o iguales a 2.5 µm ($PM_{2.5}$), bióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_X), amoníaco (NH_3) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), tomando el 2005 como año base para los municipios del POFA (sin incluir a Zapotlanejo).

Las actividades antropogénicas consideradas para obtener los resultados de las estimaciones del IE se agruparon como fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles (carreteras y no carreteras) y fuentes naturales (biogénicas y erosivas).

Estas estimaciones se hicieron a través de procedimientos como los factores y modelos de emisión, así como por balance de materiales (Pro Aire Jalisco, 2011-2020).

a) Emisiones anuales desagregadas por municipio y contaminante

La estimación de las emisiones totales de contaminantes atmosféricos fueron de 3.4 millones de toneladas anuales entre los municipios del POFA y el grupo “otros municipios” (Acatlán de Juárez, Ameca, Ocotlán y Tamazula de Gordiano); donde el 91% correspondieron al área de estudio (Figura 8.27a). Se destaca que 2.65 millones de toneladas de CO se emitieron por Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque.

La Figura 8.27b muestra la contribución porcentual del POFA por contaminante, donde se resalta su aporte menor de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$). Las contribuciones porcentuales a las emisiones del conjunto de contaminantes por municipio indican que Guadalajara contribuyó con casi el 40%, Zapopan el 23% y Tlaquepaque con el 10% (el resto de los municipios estuvo por debajo de esta cifra).

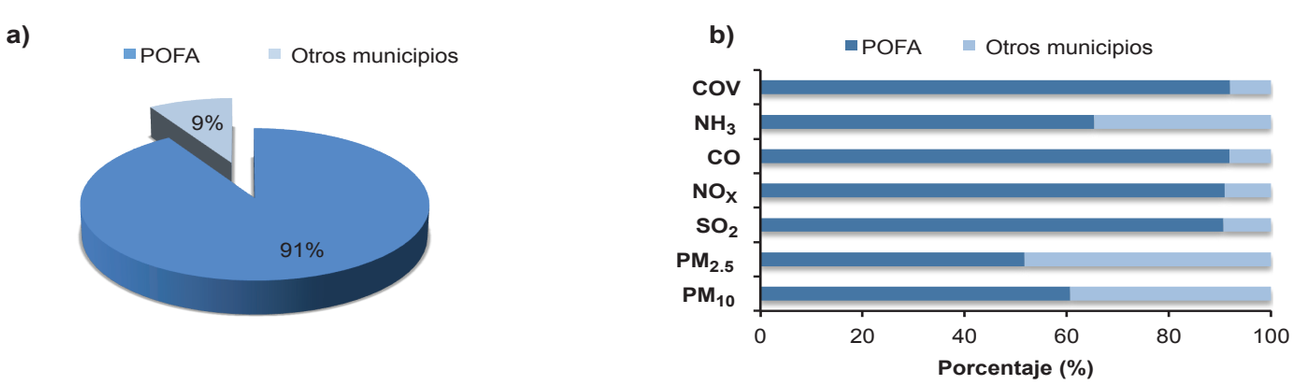


Figura 8.27. a) *Porcentual del conjunto de emisiones contaminantes atmosféricas totales generados en el área del POFA y del grupo “ otros municipios”;* ***b)*** *Porcentual de las emisiones por contaminante y municipio (IE, 2005).*

b) Emisiones anuales por municipio y tipos de fuentes

La Tabla 8.12 presenta cifras de las emisiones de los tipos de fuentes de los municipios del POFA y el grupo otros municipios, donde resaltan las emisiones de CO y COVs emitidas por las fuentes móviles. La contribución porcentual del conjunto de contaminantes por tipo de fuente sólo en los municipios del POFA se muestra en la Figura 8.28.

Los vehículos automotor resultaron ser la fuente principal de emisiones contaminantes a la atmósfera, seguidas de las fuentes de área.

La Tabla 8.12 también incluye los resultados parciales del Inventario de Emisiones 2008, no obstante debido a lo incompleto de esta información sólo se mencionan cifras preliminares.

c) Principales actividades antropogénicas relacionadas con las emisiones por tipo de fuente

Dentro de las actividades antropogénicas que contribuyen a las emisiones a la atmósfera de las fuentes fijas, la industria de alimentos tuvo una importancia significativa en las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_X y CO, mientras que la industria química contribuyó en menor medida con SO_2, NO_x y COVs.

Tabla 8.12. Cantidades de emisiones contaminantes a la atmósfera por tipos de fuentes considerados en el IE 2005.

IE 2005	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	NO_X	CO	NH_3	COVs
Fuentes	**Emisiones (Toneladas/año)**						
Fijas	9,071	8,264	6,744	5,338	42,997	11,454	17,369
Área	8,987	5,033	15,833	11,841	33,478	18,322	65,147
Móviles	743	491	1,494	83,680	2,813,844	1,246	220,267
Naturales	NE	NE	NE	3,245	NE	NE	13,819
Total	18,801	13,788	24,071	104,104	2,890,319	31,023	316,602
IE 2008							
Área	18,854.5	13,217.9	9,836.5	8,307.8	87,816.0	13,226.9	73,452.9
Móviles	919	625	4,902	94,415	2,765,185	4,955	206,722
Naturales				3,380.5			14,714.9
Total *	19,774	13,843	14,739	106,103	2,853,001	18,182	294,890

*NE- No estimado. En estas cantidades se incluyen tanto los municipios que integran el POFA como el grupo denominado "otros municipios". *Total parcial debido a la ausencia de cifras de las fuentes fijas.*

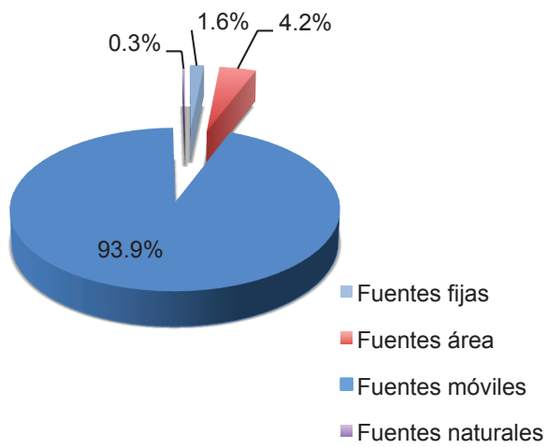


Figura 8.28. *Contribución porcentual de las distintas fuentes al conjunto de emisiones (IE 2005), en los municipios del POFA.*

En las fuentes de área, PM_{10} y $PM_{2.5}$ se originaron por las actividades de construcción, incendios forestales y la quema doméstica de leña. El SO_2 se debió a la quema de combustóleo de la actividad industrial y los NO_X por el uso de gas LP en los hogares y gas natural en la industria.

Por su parte el CO tuvo como origen los incendios forestales y la quema de leña en los hogares. El NH_3 se debe a actividades domésticas y a la actividad ganadera; los COVs provienen del uso de solventes, el manejo y distribución de gas LP y también por los recubrimientos de superficies arquitectónicas.

De las fuentes móviles los autos particulares tipo sedán y las camionetas pick up mostraron una contribución mayor a las emisiones de todos los contaminantes (excepto partículas). Por último, las fuentes naturales contribuyeron con emisiones de NO_X y COVs.

Es importante destacar que las fuentes erosivas no tuvieron estimaciones, en especial en cuanto a partículas se refiere. Los resultados del IE 2005 tienen limitaciones y carecen de información sobre la cantidad de emisiones a la atmósfera de una misma actividad antropogénica en los distintos municipios que conforman el POFA.

Proyecciones del IE 2005 para el año 2020

El IE 2005 publica datos de la estimación de emisiones contaminantes para el 2020 de fuentes fijas, fuentes de área y fuentes vehiculares, sin distinguir entre municipios o grupos de ellos.

Para este cálculo se empleó la misma metodología del inventario nacional de emisiones 2005 (factores de emisión por tipo de actividad o fuente, entre otros), con algunos supuestos como: la ausencia de la instrumentación de medidas para el control de emisiones, casi 4.5 millones de habitantes en los municipios del POFA (sólo Guadalajara tendrá una tasa negativa de crecimiento), un incremento significativo de las unidades vehiculares (con cerca de 35 millones de km/año) y un aumento en el consumo de energéticos.

La suma del conjunto de contaminantes emitidos a la atmósfera para el 2020 es casi 4 veces menor que en 2005 (no incluyendo en ambos años al NH_3; Figura 8.29a).

En el caso de las fuentes industriales (fuentes fijas), las estimaciones resultaron semejantes, excepto para CO en 2020 con incrementos importantes; mientras que para las fuentes de área las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_X y CO fueron similares en los dos períodos, no así para los COVs en el último período (Figura 8.29b).

Por último, para las fuentes móviles en 2020 se estiman reducciones de las PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, CO, NO_X y COVs de aproximadamente el 7, 26, 89, 84, 62 y 68%, respectivamente.

La reducción porcentual de CO implica que las emisiones pasaran de 2.81 millones a sólo 457 mil toneladas, siendo así la de magnitud mayor (Figura 8.29c). Por las grandes diferencias en las estimaciones de ambos períodos, es probable que las consideraciones para dichas proyecciones no sean las más indicadas.

Esta última idea se sustenta en las cifras estimadas para el IE 2008 y que en algunos casos muestran semejanza con las cifras del IE 2005 (Tabla 8.12). De esta forma, las estimaciones para el 2020, deben tomarse con precaución.

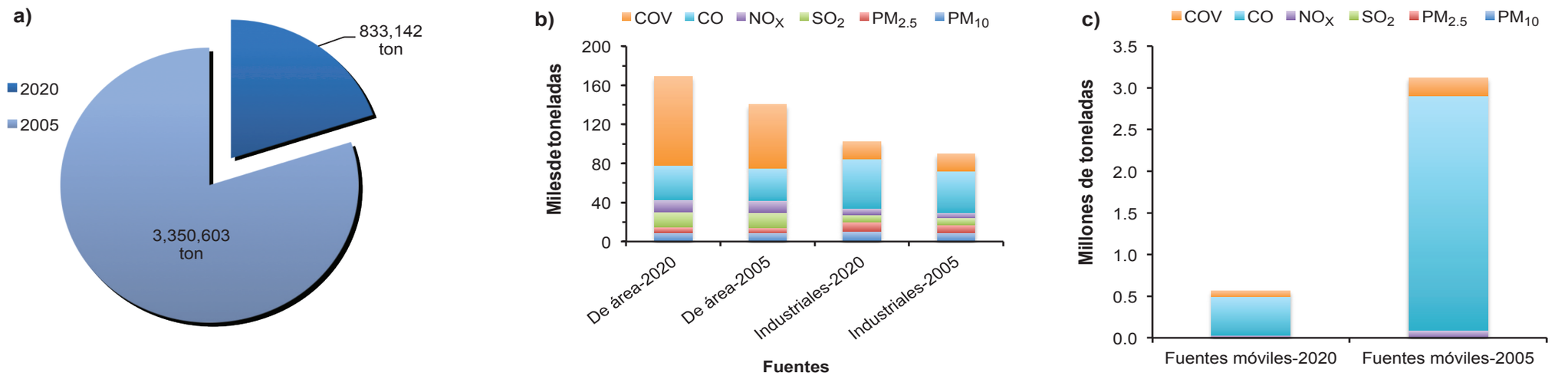


Figura 8.29. a) *Comparativo de las estimaciones del conjunto de emisiones de contaminantes atmosféricos en 2005 y 2020. Estimación de las emisiones contaminantes para ambos períodos de:* ***b)*** *fuentes de área y fuentes industriales;* ***c)*** *fuentes móviles.*

8.6.3. Inventario de emisiones 1995 (IE 1995)

El Inventario de Emisiones 1995 (IE 1995) contiene estimaciones de partículas PST (partículas suspendidas totales), bióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_X), hidrocarburos totales (HC) y plomo (Pb), de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), la cual se definió sólo por Guadalajara, Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan.

El IE 1995 no permite la desagregación de la información a nivel de municipio (por ende tampoco del área del POFA) y tan sólo señala las contribuciones de algunas actividades específicas de sectores como el industrial, de servicios, transporte y suelos (Pro Aire ZMG, 1997-2001).

a) Emisiones anuales por contaminante

Las emisiones totales del conjunto de los contaminantes alcanzaron casi 1.39 millones de toneladas del área de estudio (Tabla 8.13), sin poder establecer la contribución de cada uno de los municipios. El CO tuvo la contribución mayor a las emisiones totales, seguido de las contribuciones de las PST e HC (Figura 8.30).

La contribución mayor de CO a las emisiones totales, es un patrón que se comparte con los resultados del IE 2005 e IE 2008.

b) Emisiones anuales por sector productivo (fuentes)

Las estimaciones totales de las emisiones del conjunto de contaminantes se desagregan por sector y expresan como contribuciones porcentuales. El transporte es el de contribución mayor, mientras que el industrial y de servicios lo hicieron en proporción menor, por su parte los suelos aportaron la totalidad de las PST.

Los resultados de los IE 1995, 2005 y 2008 coinciden al reportar a los vehículos como la fuente principal de las emisiones contaminantes a la atmósfera. Los contaminantes desagregados por sector indican que casi la totalidad de las emisiones de PST se deben a la erosión de los suelos y en proporción menor al sector transporte, probablemente por la resuspensión de partículas. Las emisiones de SO_2 se atribuyen sobretodo a los sectores industrial y transporte; mientras que el CO, NO_X y Pb se deben casi en su totalidad al transporte (en proporcion menor los HC), resaltando la importancia de las fuentes vehiculares en su emisión (Figura 8.31).

Tabla 8.13. Estimación de las emisiones de contaminantes a la atmósfera (IE, 1995) en la ZMG.

	PST	SO_2	CO	NO_X	HC	Pb	Suma
Sectores				**Toneladas/año**			
Industrial	1,595.0	5,506.6	1,321.6	3,148.1	4,268.8	N.E.	15,840.1
Servicios	39.8	117.7	728.8	217.6	57,247.9	N:E.	58,352.0
Transporte	5,845.0	2,461.0	895,991.0	33,820.0	82,318.0	115.0	1,020,550.0
Suelos	294,304.0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	294,304.0
Suma	301,783.8	8,085.3	898,041.4	37,185.7	143,834.7	115.0	1,389,046.1

*N.E. No estimado. *Para fines del IE 1995 la Zona Metropolitana de Guadalajara se definió por los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.*

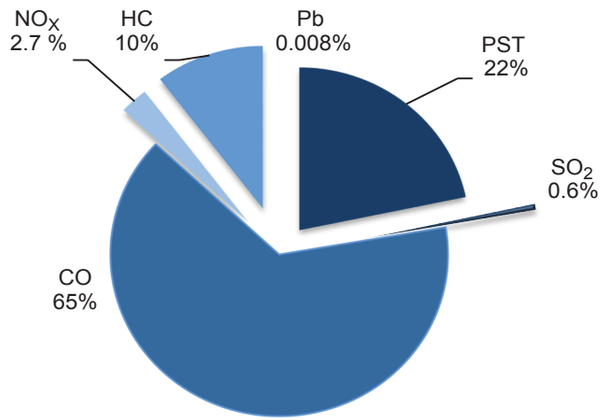


Figura 8.30. *Contribución porcentual del total de las emisiones contaminantes atmosféricas reportadas en el IE 1995 para Guadalajara, Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan.*

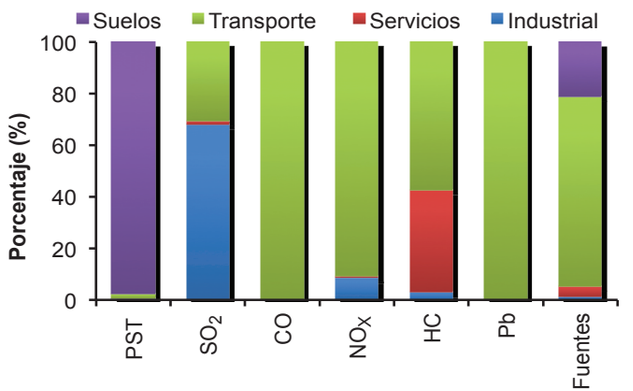


Figura 8.31. *Contribución porcentual de los diferentes sectores a las estimaciones de los contaminantes atmosféricos considerados en el IE 1995.*

Los resultados de los sectores industrial y de servicios en 1995, también fueron semejantes en 2005 para las fuentes fijas y fuentes de área, respectivamente. En el caso de las emisiones atribuidas a los suelos, las cifras resultaron muy diferentes a las de fuentes naturales de 2005, ya que el IE 1995 sólo determinó emisiones de las PST.

c) Emisiones por actividad antropogénica de los sectores productivos

En el caso del sector industrial, las emisiones de PST y NO_X y sus contribuciones porcentuales se deben principalmente a las actividades de las industrias de minerales metálicos y minerales no metálicos, y a la industria de productos de consumo alimenticio.

El SO_2 se asoció con la industria de productos de consumo alimenticio y con la industria de productos de consumo varios. La industria de los minerales metálicos generó la mayor parte de las emisiones de CO, mientras los HC fueron emitidos por la industria de los productos de impresión y las artes gráficas.

El sector servicios generó principalmente PST, SO_2, CO y NO_X debido a la combustión residencial, comercial e institucional, mientras que los HC se deben al uso de solventes, transporte y venta de gasolina y mercadeo y distribución de gas LP.

En cuanto al sector transporte, las contribuciones mayores de SO_2, CO, NO_X, HC y Pb se relacionan con autos particulares y unidades tipo pick up, y las PST con los camiones de pasajeros y de carga.

Por último, el total de las PST se vinculó a las emisiones erosivas del suelo.

Comparativo de resultados entre los IE 1995 e IE 2005

La consideración de diferentes contaminantes atmosféricos, áreas geográficas distintas, la definición de sectores en vez de fuentes de emisión (que coinciden en algunas actividades antropogénicas y fuentes específicas), el número de fuentes de emisión y el uso de distintas metodologías para la estimación de las emisiones, imposibilitan una comparación entre los resultados de los IE 1995 y 2005.

No obstante, un ejercicio de esta naturaleza con consideraciones da un panorama general del comportamiento de aquellos contaminantes y municipios mencionados en ambos inventarios (Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá).

Las emisiones de SO_2, NO_X y CO resultaron entre dos y tres veces elevadas en 2005, sugiriendo un incremento significativo en especial para el CO (Figura 8.32).

Estos resultados sugieren replantear las metas y acciones en los programas de gestión de la calidad del aire después de la publicación del IE 1995, sugiriendo la mejora de prácticas y medidas para conseguir una mejor calidad del aire en la zona.

8.6.4. Cifras recientes de las fuentes móviles, fijas y de área en municipios del POFA

Las cifras de las fuentes de emisiones (fijas, móviles y de área) se han modificado substancialmente en la actualidad y en muchos casos se han incrementado. Por ejemplo, el IE 2005 sólo consideró 438 empresas tanto de jurisdicción federal como estatal, siendo una pequeña parte de las industrias que conforman el sector secundario de la entidad. En esta sección se describen algunas de estas cifras relacionadas con las numerosas fuentes de emisión.

a) Fuentes móviles

Los vehículos automotores en Jalisco son la principal fuente de contaminantes atmosféricos, señalan los últimos IE ya mencionados, destacándose la abundancia de CO liberado a la atmósfera por procesos de combustión de energéticos derivados del petróleo (gasolinas y diesel, principalmente).

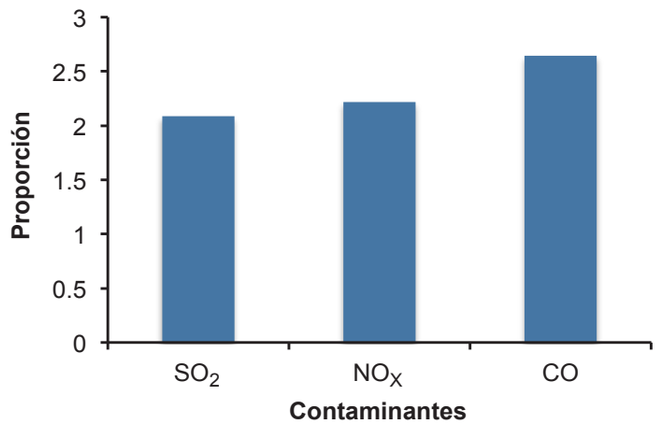


Figura 8.32. *Proporciones de las estimaciones de contaminantes entre inventarios para cada contaminante.*

A nivel nacional, los automóviles dan origen a algunos de los gases principales del efecto invernadero (CO_2 y el NO_2); también hay que considerar los procesos evaporativos que experimentan los combustibles en las unidades vehiculares y que contribuyen con la emisión de los Compuestos Orgánicos Totales (COT que incluyen a los COVs) a la atmósfera (SEMARNAT 2005-Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones).

Jalisco en 1980 sólo contaba con cerca de 350 mil vehículos; en 1990 alcanzó los 675 mil; 1.3 millones de unidades en el 2000 y para el 2010 existían casi 2.75 millones. Estas cifras pueden dimensionarse mejor al usar tasas de crecimiento de cada diez años tanto en Jalisco como en los municipios del POFA (Figura 8.33a).

Del parque vehicular, los automóviles, las camionetas y camiones para carga, así como las motocicletas han incrementado su número entre 1980 y 2010 en 7.9, 8.3 y 6.9 veces, respectivamente.

Estas cifras indican un crecimiento de vehículos, más que de las unidades de transporte colectivo de pasajero, pese a la implementación de sistemas de transporte como el tren eléctrico y el actual sistema macrobus principalmente en la zona metropolitana.

Aunque con ligeras diferencias en las cifras del tamaño del parque vehicular en 2010 según lo reportado por la Secretaría de Finanzas de Jalisco (SEFIN), se estiman 1.55 millones de vehículos en circulación en los municipios del POFA (INEGI señala 1.84 millones).

Un análisis de correlación entre estas variables sugiere que el parque vehicular del POFA es el que define el crecimiento del parque vehicular en el estado (R2 = 0.99).

Del parque vehicular total de 2010, en conjunto Guadalajara y Zapopan registran el 77%, y al menos un 51 y 60% de los vehículos son unidades que entraron en circulación desde 1994, es decir con 17 años de funcionamiento al 2011.

Un estudio reciente sobre el parque vehicular de Guadalajara señala que las unidades adquiridas entre 1996 y 2009 (año del estudio), representan un 78.1% de los vehículos del municipio; señalando que los automóviles en promedio tienen 8.9 años, en tanto que autos tipo Van, SUV y Pick up en promedio cuentan con 8.1, 6.5 y 7.5 años, respectivamente.

No obstante a este estudio local y sus resultados, es probable que correspondan de manera aceptable para el resto de los municipios que integran el POFA (Estudio de Emisiones y Actividad Vehicular en Tres Ciudades Mexicanas (Fase III) a cargo de la DGICUR y la DICA en 2009).

Con la implementación del Programa de Afinación Controlada Obligatoria (AfiCon) a nivel estatal en 1997 y hasta el 2010, el número de unidades que ha cumplido con este requisito “obligatorio” sigue siendo muy bajo (INEGI, Pro Aire Jalisco 2007-2013; 2011-2020, SEFIN; Figura 8.33b).

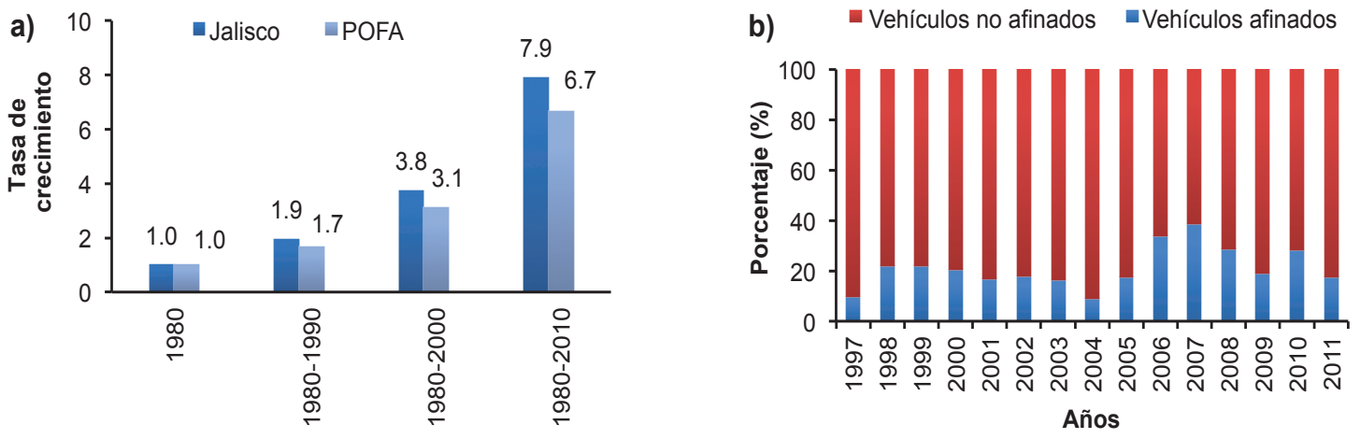


Figura 8.33. a) *Tasas de crecimiento del parque vehicular total cada diez años respecto de 1980 en Jalisco y el POFA;* ***b)*** *Porcentajes de la aplicación del Programa de Afinación Controlada Obligatoria (AfiCon) a nivel estatal a partir de 1997. Nota: Los datos del número total de vehículos del período 1997-2010 fueron obtenidos del anuario estadístico Jalisco-INEGI 2010, mientras que para el 2011 se obtuvo de la Secretaría de Finanzas de Jalisco. El número anual de vehículos verificados en el período 1997-2004 fue obtenido del ProAire Jalisco 2007-2013. El número anual de vehículos verificados en el período 2005-2011 fue obtenido del ProAire Jalisco 2011-2020. Algunas de estas cifras pueden variar según la fuente.*

b) Fuentes fijas y fuentes de área

Las cifras que describen a las fuentes fijas (también llamadas puntuales) y a las fuentes de área fueron obtenidas en su mayor parte del censo económico estatal 2009.

Las fuentes fijas son representadas principalmente por las industrias, mientras que las fuentes de área son aquellas demasiado numerosas y dispersas como para poder ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales. Colectivamente, sin embargo, las fuentes de área son un porcentaje importante de las emisiones de contaminantes, por ello de su inclusión en los inventarios de emisiones. Las fuentes fijas y de área pueden ubicarse principalmente dentro de las actividades económicas secundarias y terciarias según el referido censo económico.

La Tabla 8.14 incluye el total de unidades económicas por sectores productivos en los municipios del POFA (primarias, secundarias, terciarias y las "no especificadas"); con más de 183 mil de ellas. Las actividades secundaria y terciaria abarcan el 99.33% del total, donde la actividad secundaria comprende 20 mil industrias; las actividades terciarias son unidades prestadoras de servicios con más de 161 mil. Las actividades productivas del POFA representan un 61% de las cifras estatales, es decir más de la mitad de éstas se desarrollan en dicha área.

El IE 2005 incluyó como fuentes fijas a la industria química, la fabricación de pinturas y tintas, la industria metalúrgica, la industria automotriz, la industria del papel (celulosa y papel según el inventario de emisiones), la generación/producción de cemento y cal, la industria del vidrio, las industrias relacionadas con el tratamiento de residuos peligrosos, la industria alimentaria, la industria textil y la industria de la madera.

Tabla 8.14. Unidades económicas a partir de las que se actualiza el número de las Fuentes Fijas y Fuentes de Área en los municipios del POFA.

Sectores Económicos	Guadalajara	Tlaquepaque	Tonalá	Zapopan	Ixtlahuacán del Río
Actividades Primarias	6.0	2.0	3.0	6.0	1.0
Actividades Secundarias	9,363.0	2,194.0	2,684.0	3,880.0	58.0
Actividades Terciarias	83,683.0	16,502.0	12,353.0	33,077.0	524.0
No Especificado	610.0	145.0	53.0	271.0	2.0
Total Sectores	93,662.0	18,843.0	15,093.0	37,234.0	585.0
Sectores Económicos	**Juanacatlán**	**El Salto**	**Tlajomulco de Zúñiga**	**Zapotlanejo**	**Tala**
Actividades Primarias	0.0	0.0	8.0	3.0	2.0
Actividades Secundarias	37.0	608.0	834.0	430.0	225.0
Actividades Terciarias	285.0	3,684.0	6,940.0	2,663.0	2,171.0
No Especificado	1.0	25.0	58.0	7.0	18.0
Total Sectores	323.0	4,317.0	7,840.0	3,103.0	2,416.0

Datos tomados del Censo Económico 2009 del estado de Jalisco en http://sin.jalisco.gob.mx/cognos/cgi-bin/ppdscgi.exe.

La mayoría de estos tipos de actividades industriales se ubicaron en Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque (Figura 8.34). Un alto porcentaje de las industrias antes descritas se ubican en Guadalajara, sus emisiones contaminantes se integran a una cuenca atmosférica que incluso es más extensa que la ZMG, por lo que bajo ciertas condiciones meteorológicas, es altamente probable que tengan un impacto negativo sobre el área de estudio.

Respecto a las fuentes de área, éstas incluyen la actividad de la construcción que se relaciona principalmente con la generación de partículas.

Aunque el IE 2005 incluye "corrales de engorda y las ganaderas de amoniaco"; es importante resaltar la cifra del número total de cabezas por municipio (incluidos ganados como el bovino, porcino, ovino, caprino, caballar, mular y asnal, e incluso aves de corral con 9.81 millones de cabezas). Su importancia está en la emisión de contaminantes particulados y en la emisión de gases como el NH_3 y el metano.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y las artes gráficas, las lavanderías en seco (lavanderías y tintorerías son el dato oficial más

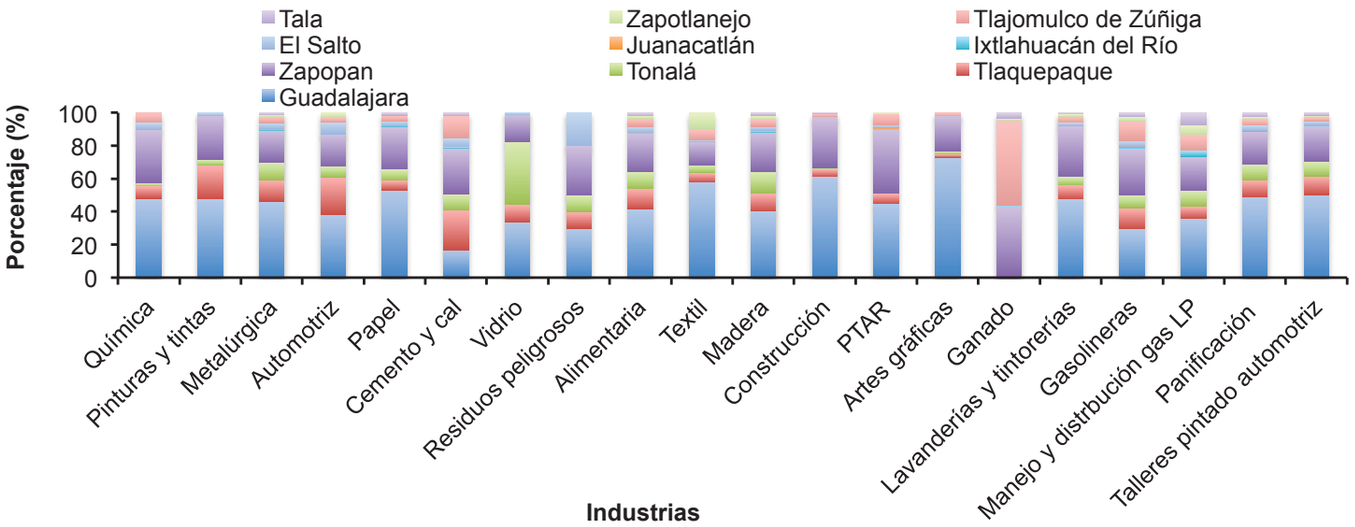


Figura 8.34. *Contribución porcentual por municipio de las distintas actividades industriales desarrolladas dentro del POFA.*

aproximado para esta fuente), el manejo y distribución de gasolina, la distribución de gas LP (Licuado de Petróleo), la industria de la panificación y los talleres de hojalatería y pintura de automóviles y camiones son fuentes importantes en las emisiones de COVs (Figura 8.34).

Otra fuente de área es la aviación, que contribuye principalmente con gases como NO_x y CO a la atmósfera (Aviación Civil del Aeropuerto Internacional de Guadalajara, Miguel Hidalgo y Costilla). El dato importante y relacionado con las emisiones contaminantes es el número de movimientos (llegadas y salidas), emisiones generadas durante el aterrizaje y despegue de las aeronaves (Figura 8.35) (Anuario Estadístico Jalisco 2011).

Fuentes de área como el número de incendios forestales y la superficie afectada, así como la extensión de las áreas de labranza (tierras de cultivo) son temas abordados en otras secciones de este diagnóstico.

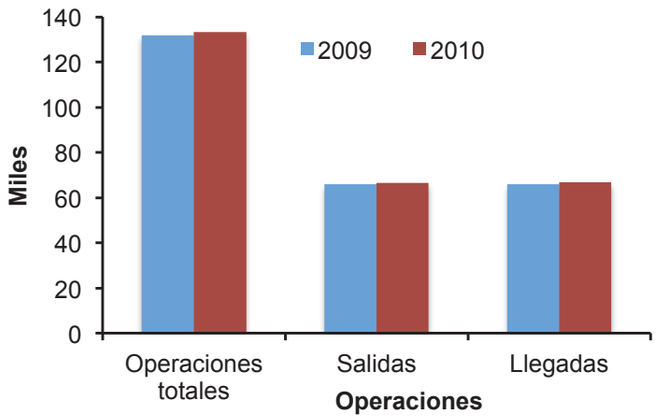


Figura 8.35. *Comportamiento de los movimientos en el Aeropuerto Internacional de Guadalajara durante 2009 y 2010.*

c) Otras fuentes potenciales de emisiones

Ladrilleras

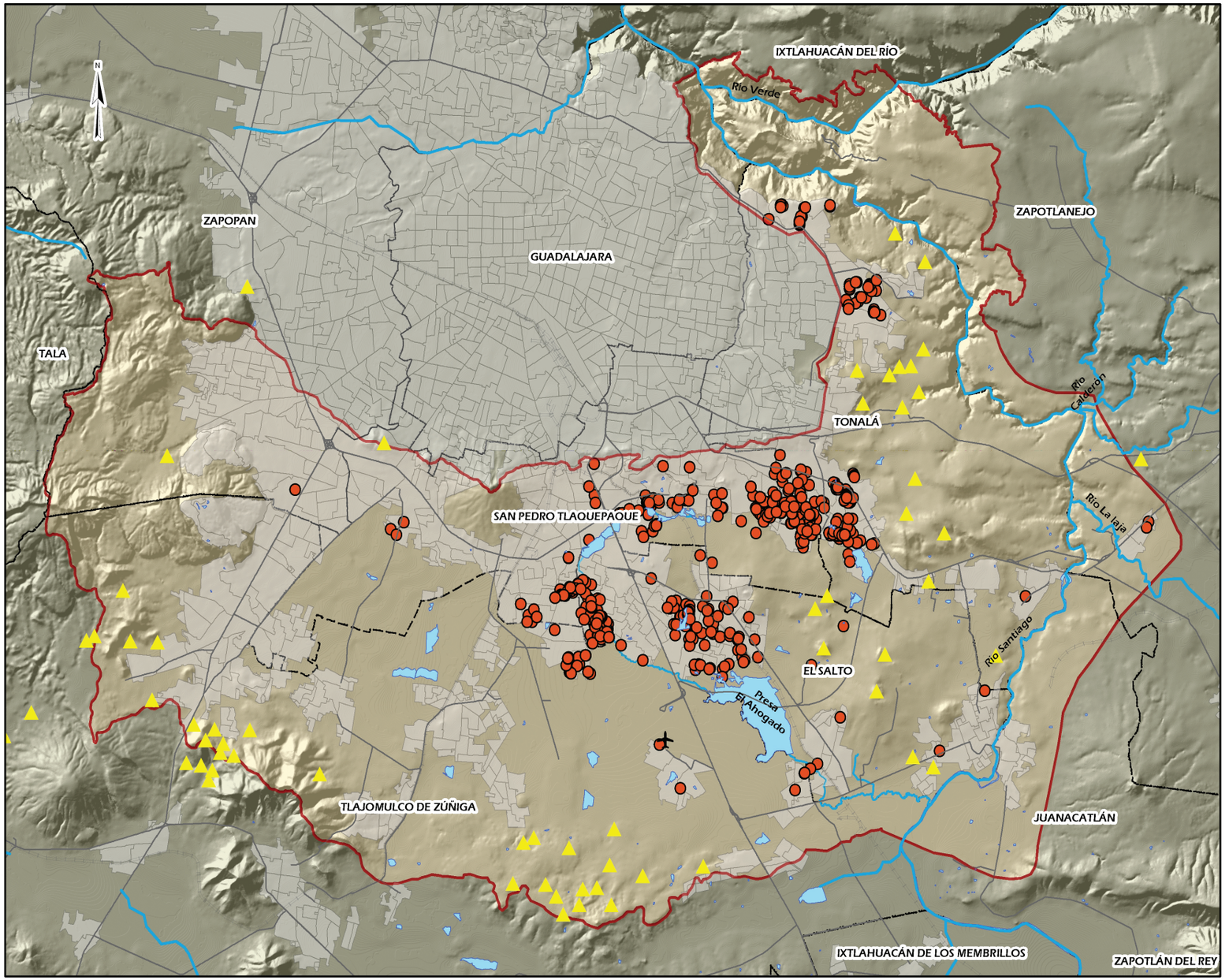
La fabricación de ladrillos es una actividad tradicional, artesanal y en la mayoría de los casos un negocio familiar en México, convirtiéndose en una alternativa económica para las personas desempleadas con un desarrollo que depende de la demanda de los centros adyacentes (Romo y Córdova, 2004).

Esta actividad tiene un impacto alto en la economía regional, ya que genera miles de empleos directos e indirectos para las distintas comunidades (Figura 8.36). En Jalisco y en particular en aquellos que integran el POFA el panorama es muy similar. Desafortunadamente, por la escasa tecnificación es una fuente importante de contaminantes que pueden afectar la salud de la población o impactar el ambiente.

En los municipios que integran el área del POFA existen 556 ladrilleras, de las cuales cerca del 80% se ubican en El Salto, Zapopan, Tala y Tonalá; esta cifra representa un 28% de todas las ladrilleras ubicadas en Jalisco (SEMADES, 2011).

El Mapa 8.4. indica la localización de las ladrilleras dentro del POFA, ubicando a 125 de ellas cerca del canal de El Ahogado. De acuerdo con la información disponible, el 98% utiliza madera y un 2% otros combustibles (aserrín, leña, cáscara de coco, cisco y diversas clases de desechos no identificados, etc.).

Mapa: 8.4 Ladrilleras y bancos de material



Simbología

Fuentes de partículas

- Bancos de material
- Ladrilleras

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

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

Fuente: INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales Marco Geoestadístico 2010. DENUE. Fotointerpretación.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)

COECYTJAL CONACYT CIATEJ

Figura 8.36. *Fabricación de ladrillos y horno de ladrillera en los márgenes del Canal de El Ahogado.*

La ubicación de las ladrilleras (Mapa 8.4) se da cerca de asentamientos humanos que en la última década se han proliferado en el área del POFA y a lo largo de cuerpos de agua (Ej: Canal de El Ahogado, Presa de El Ahogado). Esta situación es un factor de riesgo para el ambiente y la salud de la población que habita allí ya que esta actividad es una fuente de contaminantes atmosféricos en forma de gases (monóxido de carbono e hidrocarburos) y de partículas respirables (PM10), con demostrados efectos a la salud.

En el 2011 la SEMADES realizó un estudio puntual para atender la solicitud de la ciudadanía y evaluar el impacto de la actividad de las ladrilleras dentro del POFA (Fraccionamiento Hacienda Real). Las conclusiones de dicho estudio indican que este tipo de actividad por su número, ubicación y procesos de combustión, son una fuente importante en la emisión de gases y partículas contaminantes a la atmósfera, determinando incluso niveles por arriba de los establecidos en las correspondientes normas ambientales. Además, se señala que las fuentes erosivas son otra de las fuentes importantes en la emisión de partículas en este punto (SEMADES, 2011)

Por lo tanto, se requiere una reconversión tecnológica de la totalidad de los hornos utilizados en la zona para la producción de ladrillo ya que el uso de estos tipos de materiales y las características de producción son una fuente importante de contaminantes atmosféricos.

Estimación de emisiones

La estimación de la emisión de ladrilleras se realizó con base en la información recopilada por los censos (SEMADES, 2012). De esta manera, se obtuvo un registro de emisiones de contaminantes derivados de la producción de ladrillo artesanal de ocho municipios ubicados dentro de la zona del POFA. En la Tabla 8.15 se presentan las emisiones calculadas correspondientes a 526 hornos, que en su mayoría operan con madera.

Tabla 8.15. Emisiones calculadas* con el consumo de combustible en ladrilleras del POFA (toneladas/anuales).

Contaminantes	El Salto	Guadalajara	Ixtlahuacán del Río	Juanacatlán	Tala	T. de Zúñiga	Tonalá	Zapotlanejo
PM_{10}	42.81	7.87	15.15	1.66	34.96	8.83	25.92	68.51
CO	312.55	57.42	110.64	12.12	255.23	64.49	189.25	500.15
SO_2	0.49	0.09	0.18	0.02	0.40	0.10	0.30	0.79
NOx	3.22	0.59	1.14	0.12	2.63	0.66	1.95	5.15
HC	283.35	52.06	100.30	10.99	231.38	58.46	171.57	453.42
Total	642.42	118.02	227.41	24.92	524.60	132.55	388.98	1028.02

PM_{10}: partículas atmosféricas menores a 10 micrómetros, CO: monóxido de carbono, SO_2: dióxido de azufre, NOx: óxidos de nitrógeno e HC: hidrocarburos.
**cálculo a partir de factores de emisión desarrollados por USEPA.*

El municipio con aportes mayores de contaminantes a la atmósfera (sin incluir Zapopan) es Zapotlanejo, seguido de El Salto, Tonalá y Tala representando más del 80% de las emisiones totales del conjunto de contaminantes (3087 ton/anuales).

De esta última cifra, el CO aportó el 49%, mientras que los HC lo hicieron con un 44%; contaminantes como NO_X y SO_2 tuvieron contribuciones menores. Estas cifras son consistentes con los resultados de inventarios de otras regiones en México.

Bancos de materiales geológicos y áreas sin cobertura vegetal como fuentes de partículas

Los bancos de materiales son áreas que permiten la extracción y procesamiento de materiales geológicos empleados para distintos fines, que se encuentran en estado natural (se obtienen suelos, arenas, rocas con un tamaño determinado o piedras que pueden triturarse para alcanzar una talla deseada de tipos distintos). Las etapas de los bancos de materiales son su localización, explotación, hasta el abandono o bien su reutilización con los mismos fines.

La importancia ambiental de los bancos de materiales repercute en la modificación de los drenajes naturales, la eliminación de la flora característica y la disminución de la productividad primaria de la vegetación aledaña, así como el desplazamiento de la fauna local, e incluso la afectación del uso del suelo, y por supuesto la generación de contaminantes particulados a la atmósfera.

Debido a estos impactos, existen una serie de recomendaciones en torno al aprovechamiento, explotación y abandono de estos sitios. Por ejemplo, se recomienda utilizar los planes de ordenamiento ecológico regionales, como información para la toma de decisiones en la selección de los sitios de ubicación de los bancos de materiales (SCT-IMT, 2000). Al 2010, Jalisco contaba con 97 bancos de materiales (Inventario de Bancos de Materiales, 2010).

De estos, al menos 13 se ubicaban en los distintos municipios del POFA, principalmente en Zapopan e Ixtlahuacán del Río. Un análisis de la información disponible (DENUE, 2012) permitió identificar 73 bancos de materiales en esta área, ubicados principalmente al poniente, sur y oriente del POFA (Mapa 8.4).

Cabe aclarar que estos sitios pueden o no estar operando actualmente (en abandono y reconocidos como áreas sin cobertura vegetal). Los sitios en abandono pueden considerarse como fuentes de re-suspensión de partículas en especial por acción de los vientos.

La importancia de actualizar un inventario estatal de bancos de materiales, radica en evitar su apertura en los casos donde no sea necesario y atenuar que la apertura de nuevos bancos agote los recursos existentes y se generen más impactos negativos al ambiente. Se recomienda utilizar bancos existentes, y al llegar a la etapa de abandono, restituir en lo posible las condiciones originales del sitio, en lo relativo al suelo, flora y fauna asociada.

8.6.5. Calidad bacteriológica del aire

El aire es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos, procedentes de otros ambientes, que viven, se alimentan y se reproducen en él. Estos se dispersan por el aire y tienen una gran importancia biológica y económica. Producen enfermedades en plantas, animales y humanos, causan alteración de alimentos y materiales orgánicos, y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales (De la Rosa et al., 2002).

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, como en otras ciudades, la calidad del aire se determina sólo por la presencia y concentraciones de contaminantes gaseosos y particulados inertes, cuando en su mayoría son las partículas biológicas (PB) principalmente bacterias, hongos y virus, las causantes de enfermedades e infecciones en la población.

Las principales vías de exposición humana son inhalación, ingestión y contacto con la piel, siendo la primera de ellas la que causa mayores problemas a la salud. Las PB con un diámetro menor a 5 µm pueden alcanzar fácilmente los alveolos pulmonares y causar infecciones agresivas (Sánchez-Monedero et al., 2006).

Algunas fuentes principales de las PB son el tráfico vehicular, las plantas de tratamiento de aguas residuales (Rosas, 2003), los centros de manejo de residuos sólidos, el movimiento de los animales en suelos expuestos, las prácticas agrícolas y la manipulación de compostas, entre otros.

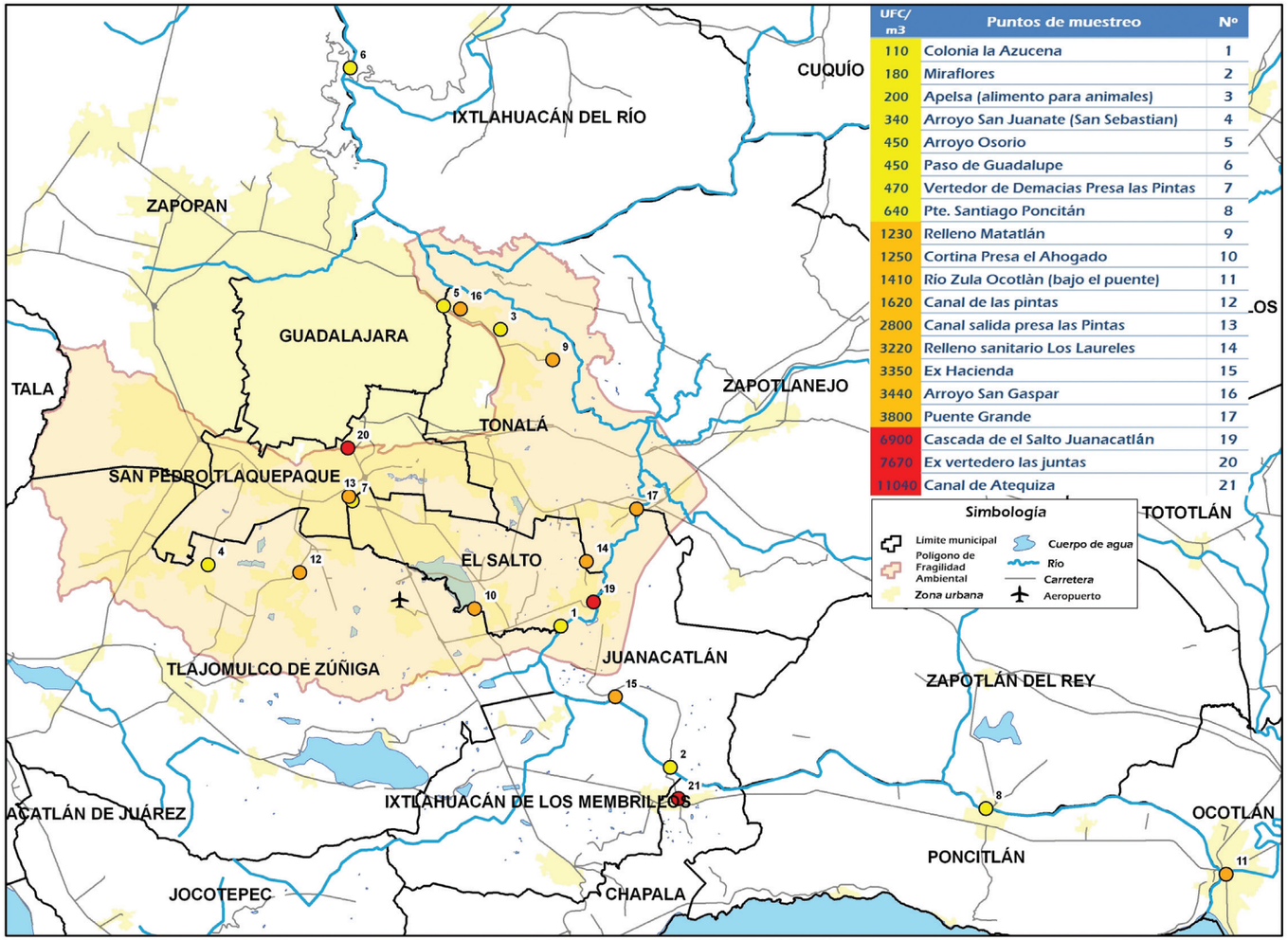


Figura 8.37. *Evaluación de la calidad bacteriológica del aire en distintos sitos en el área el POFA y sus alrededores.*

Los animales y el hombre también constituyen una fuente importante de bacterias patógenas. Bajo este contexto, en el área del POFA se llevó cabo el muestreo de PB en distintos sitios para determinar la calidad bacteriológica del aire (e incluso en sitios fuera de esta zona pero que están relacionados con afluentes de agua superficiales).

La Figura 8.37 muestra los resultados obtenidos y la categorización de los sitios de acuerdo a la concentración de UFC/m^3 (Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico), de acuerdo a otros estudios en el país (Rosas, 2003). Factores como la humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del viento, determinaron estas concentraciones y la viabilidad de las PB (Vélez-Pereira et al., 2008; Sánchez-Monedero et al., 2006).

8.6.6. Mediciones de ácido sulfhídrico

Generalidades

El ácido sulfhídrico (H_2S) es un gas incoloro inflamable, de sabor algo dulce y con un olor semejante a “huevo en descomposición”. Su olor se puede detectar a bajas concentraciones en el aire, entre 0.0005 y 0.3 ppm de H_2S en 1 millón de partes de aire.

Sin embargo, en altas concentraciones una persona puede perder la capacidad para olerlo, lo que puede implicar una situación peligrosa, ya que bajo estas condiciones es venenoso (ATSDR, 2006). El H_2S es un desecho biológico producido por la descomposición bacteriológica de materia orgánica en ausencia de oxígeno (Peavy et al., 1985). Este componente se encuentra también de forma natural en gases volcánicos, gas natural y agua.

a) Efectos en la salud

La exposición a concentraciones bajas de H_2S puede causar irritación de los ojos, la nariz o la garganta, así como dificultad para respirar en personas asmáticas. Las exposiciones breves a concentraciones altas (más de 500 ppm) pueden producir pérdida del conocimiento. En la mayoría de los casos, la persona parece recuperar el conocimiento sin sufrir otros efectos. Sin embargo, en muchos individuos pueden ocurrir efectos permanentes o de largo plazo, como por ejemplo dolores de cabeza, lapsos de falta de concentración, mala memoria y alteración de las funciones motoras.

En los seres humanos expuestos a las concentraciones en el ambiente (0.00011 a 0.00033 ppm) no se han descrito efectos a la salud. Se han descrito fatalidades causadas por inhalación de cantidades altas de H_2S en una variedad de ocupaciones, incluyendo trabajo en alcantarillas, plantas para procesamiento de animales, basurales, plantas de tratamiento de lodo, sitios de perforación de petróleo o gas natural y estanques y pozos negros. El H_2S aun no ha sido clasificado en cuanto su habilidad para producir cáncer (ATSDR, 2006).

b) Niveles de ácido sulfhídrico en el POFA

Hasta ahora, los reportes sobre H_2S en el área del POFA describen mediciones en las comunidades de Juanacatlán y El Salto y cerca de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua "El Ahogado" de la CEA (Comisión Estatal del Agua), antes y después de la entrada en funcionamiento. Esos resultados son comparados con normas internacionales debido a que México carece de límites permisibles para este contaminante.

Los niveles promedios encontrados, hasta la fecha (Tabla 8.16), están por debajo del límite de exposición máximo (10 ppm) recomendado por el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Laboral (por sus siglas en inglés NIOSH) para ambientes laborales.

Sin embargo, los registros máximos diarios son un orden de magnitud más altos que los límites máximos internacionales permitidos (0.027 ppm) para concentraciones ambientales.

Tabla 8.16. Concentraciones atmosféricas de ácido sulfhídrico (ppm) en el POFA.

Sitio y año	Mínimo - Máximos (promedio)	Referencia
Juanacatlán y El Salto 2004-2005	0.00 a 7.00 (1.73)[c]	Gallardo, 2005
Juanacatlán 2011-2012[a]	0.03 a 0.557[d] 0.27 a 5.79[e]	SEMADES, 2012
El Salto 2012[b]	0.001 – 0.04[f] 0.003 – 0.205[g]	SEMADES, 2012

[a] Previo a planta de tratamiento, [b] posterior a la planta de tratamiento, [c] n=690, [d, f] Promedio diario, [e, g] Máximo diario.

Es importante destacar que los promedios y máximos diarios reportados disminuyeron significativamente después de la entrada en funcionamiento de la planta de tratamiento de la CEA.

8.7. Salud Pública

8.7.1. Distribución de la población vulnerable

La susceptibilidad de padecer enfermedades ocasionadas por la exposición a contaminantes del aire, el agua y el suelo varía de persona a persona. El riesgo individual está determinado, entre otras cosas, por los genes, el estado de nutrición, de salud, la edad de las personas y en ocasiones el sexo.

En este sentido en personas de 0 a 5 años y mayores a los 65 años, el riesgo a padecer enfermedades a consecuencia de la contaminación ambiental es mayor. Con la finalidad de identificar a la "población susceptible", y con base en el conteo de población del 2010 realizado por el INEGI, se clasificó en dos grandes grupos de edad a la población del POFA: Grupo A, de 0 a 5 años; Grupo B, de 65 y más años (Figura 8.38a, b).

Para determinar la población sensible se sumaron los grupos A (niños) y B (adultos mayores), obteniendo que en el POFA la población más sensible a padecer enfermedades por cuestiones de contaminación ambiental es de un poco más de 900 mil personas, las cuales representan el 21% de la población del POFA en el 2010.

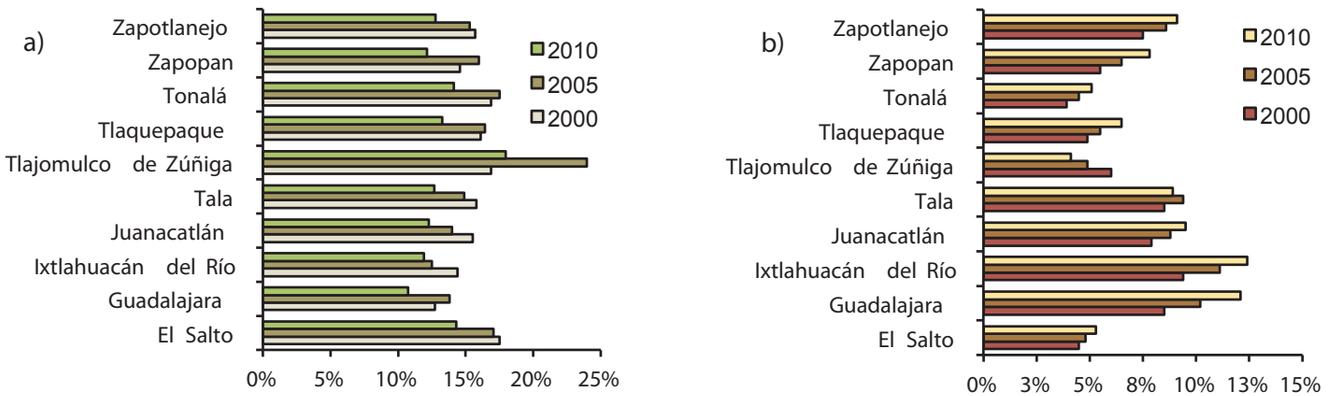


Figura 8.38. *Porcentaje de población de 0 a 5 años* ***(a)*** *y de 65 años y más* ***(b)*** *en el POFA. Fuente: INEGI, Censo de Población 2010.*

Es clara la contracción de la población en los primeros cinco años de vida en los diez municipios del POFA, lo cual es un reflejo de la disminución de nacimientos en la última década.

Por el contrario, la población entrada en la vejez ha ido cobrando mayor volumen en el mismo período, posiblemente a mejorías en las condiciones de vida y a las coberturas en los servicios básicos y de salud.

8.7.2. Índices de morbilidad, de mortalidad y enfermedades especiales

La tasa de mortalidad infantil es un indicador internacional útil para medir el impacto en la salud de la población y que además ayuda a conocer la contribución del ambiente de esta variable.
Este indicador mide el total de defunciones de niños menores de un año de edad, divididos entre el número de recién nacidos estimados para ese año en el mismo lugar por mil.

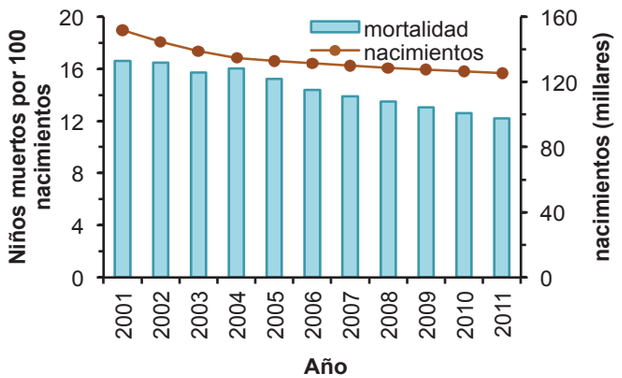


Figura 8.39. *Dinámica de crecimiento de población infantil de Jalisco (total por año). Fuente: Consejo Nacional de Población 1990-2030.*

Para poner en contexto la evolución de este indicador en el POFA, el mejor contraste es con el resto del Estado de Jalisco, la tasa de mortalidad infantil ha disminuido notablemente en la última década al igual que los nacimientos en todo el Estado, según los datos que genera el Consejo Nacional de Población (CONAPO), basados en los registros del INEGI hasta diciembre de 2011 (Figura 8.39).

En el año 2001 la tasa estatal era ligeramente superior a 16 decesos por cada mil recién nacidos, mientras que en el 2011 esta cifra está muy cercana a 12 decesos por cada mil recién nacidos. La disminución es notable si se toma en cuenta que Jalisco era el octavo lugar de los estados con menor mortalidad infantil en el año 2000 con una tasa calculada de poco más de 20 decesos por cada mil nacimientos y actualmente se ubica en el cuarto lugar, con menor mortalidad infantil según datos generados y resguardados por CONAPO.

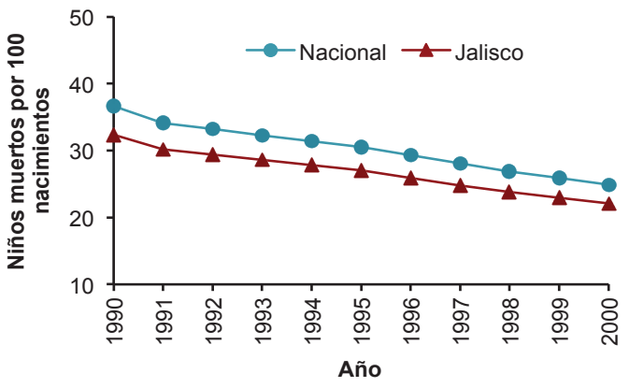


Figura 8.40. *Dinámica de mortalidad infantil de Jalisco y la República Mexicana durante la década de los 90's. Fuente: Consejo Nacional de Población, 1990-2030.*

Este comportamiento tiene más de dos décadas de presentación. Las cifras históricas que generó y resguarda el CONAPO muestran que Jalisco tuvo tasas de mortalidad infantil por debajo de las cifras nacionales en los años noventa (Figura 8.40).

Las causas de la mortalidad infantil en Jalisco en los 20 años del período señalado (90's y 2000), han permanecido sin cambio en cuanto a su jerarquía establecida por la frecuencia de ocurrencia, sin embargo, los casos de mortalidad por cada causa disminuyeron a través de este período de tiempo. Como causas principales se reconocen a las afecciones perinatales como una de las más frecuentes, seguida de las anomalías congénitas (Figura 8.41).

La mortalidad infantil en el área del POFA también ha mostrado una disminución a través del tiempo, sin embargo el número de defunciones en menores de un año por cada mil nacidos ha estado por arriba de la cifra para todo el Estado de Jalisco en casi todos los años de evaluación (Figura 8.42).

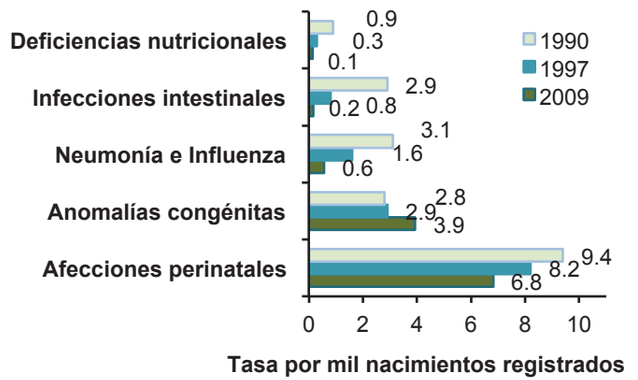


Figura 8.41. *Principales causas de mortalidad infantil en Jalisco 1990-2009. Fuente: SSA/DGEI, Mortalidad 1990-1997; Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), CONAPO proyecciones 2009.*

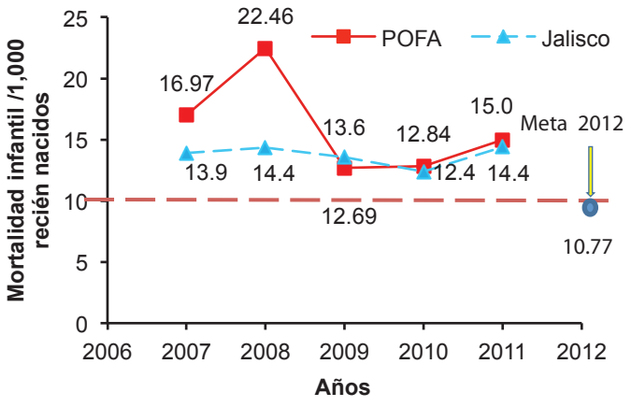


Figura 8.42. *Dinámica de morbilidad infantil en el POFA y Jalisco del 2007 al 2011. Tasa de defunciones en niños menores de un año por cada mil recién nacidos. Fuente: dirección general de Información de Salud (DGIS). Base de datos defunciones 1979-2012.*

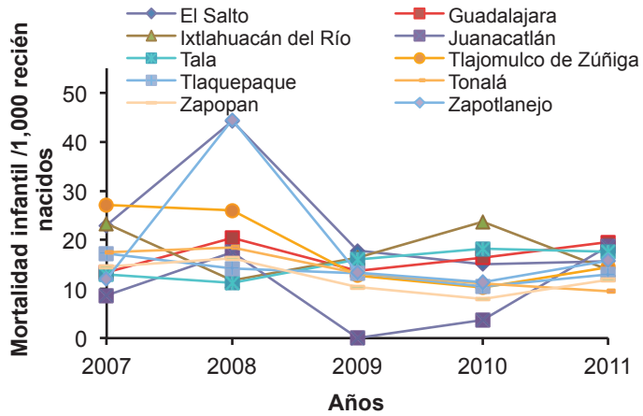


Figura 8.43. *Dinámica de mortalidad infantil en los municipios del POFA, Tasa de defunciones en niños menores de un año por cada mil recién nacidos. Fuente: Dirección General de Información en Salud (DGIS). Base de datos de defunciones 1979-2012.*

Si se toma en cuenta la cifra del año 2007 y se compara con la más actual del 2011, generadas por la Dirección General de Información en Salud (DGIS) a partir de la base de datos de defunciones de 1979 a 2012 del Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), se observa una disminución en promedio de 17 a 15 decesos por cada mil nacimientos, tan solo el 12% de reducción en los cuatro años posteriores en toda el área del POFA, donde además este indicador está muy lejos de la meta propuesta por el Gobierno Estatal para Agosto de 2012 de 10.77 muertes en menores de un año por cada mil recién nacidos, meta establecida para todo Jalisco (http://seplan.app.jalisco.gob.mx/tablin/indicador/consultarDatos/172?programa_id=8&url=programa).

La tasa de mortalidad infantil desagregada en los diez municipios que componen el POFA, muestra la misma tendencia de disminución en los últimos cinco años, pero con marcados incrementos en los municipios de El Salto, Guadalajara, Juanacatlán y Zapotlanejo en los años 2008 y 2010 (Figura 8.43). Hacia el año 2011, la mayoría de los municipios del POFA continuaron con el incremento en la mortalidad infantil a partir del 2009, fenómeno presentado para todo el estado (Figuras 8.42 y 8.43).

El municipio de Juanacatlán tuvo un incremento de 0 decesos en el 2009 a 15 decesos por cada mil recién nacidos, mientras que los municipios de Zapotlanejo, Tlajomulco de Zúñiga, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque y Guadalajara tuvieron en promedio un incremento de 2.5 a 4.5 muertes por cada mil nacimientos (Figura 8.43).

Los municipios de El Salto y Tala se mantuvieron prácticamente sin cambios del 2010 al 2011, mientras que los municipios de Tonalá e Ixtlahuacán del Río presentaron sorpresivamente una reducción de 1.55 y 9.79 decesos en menores de un año por cada mil recién nacidos, respectivamente.

En síntesis, los municipios de El Salto, Tonalá, Ixtlahuacán del Río, Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, y Zapopan, han mantenido la tendencia a la disminución en este indicador con notables resultados, sobresaliendo Tlajomulco de Zúñiga, Zapopan y Tonalá, que han vencido la meta estatal de 10.77 muertes por cada mil nacimientos en años previos al 2012. El municipio de Juanacatlán, también había conseguido disminuir notablemente este indicador, desafortunadamente tuvo un incremento de hasta cinco veces para el 2011, por lo que, junto con los municipios de Guadalajara, Tala y Zapotlanejo, deberán incrementar los esfuerzos para abatir la mortalidad infantil y la mejoría en el ambiente es uno de los caminos más acertados para este fin.

En la Figura 8.44 y 8.45 se pueden observar de manera gráfica la evolución a través del tiempo de los casos de enfermedades infecciosas intestinales y de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 5 años y en la Figura 8.46 del número de recién nacidos que mueren antes de cumplir el año de edad (mortalidad infantil), expresados en tasas por cada mil por municipio.

Es evidente que estos padecimientos han tenido una ligera disminución en la intensidad de ocurrencia en la mayoría del POFA, sin embargo en las zonas circundantes a la cuenca hidrológica, área de mayor afectación por la contaminación del ambiente, aún

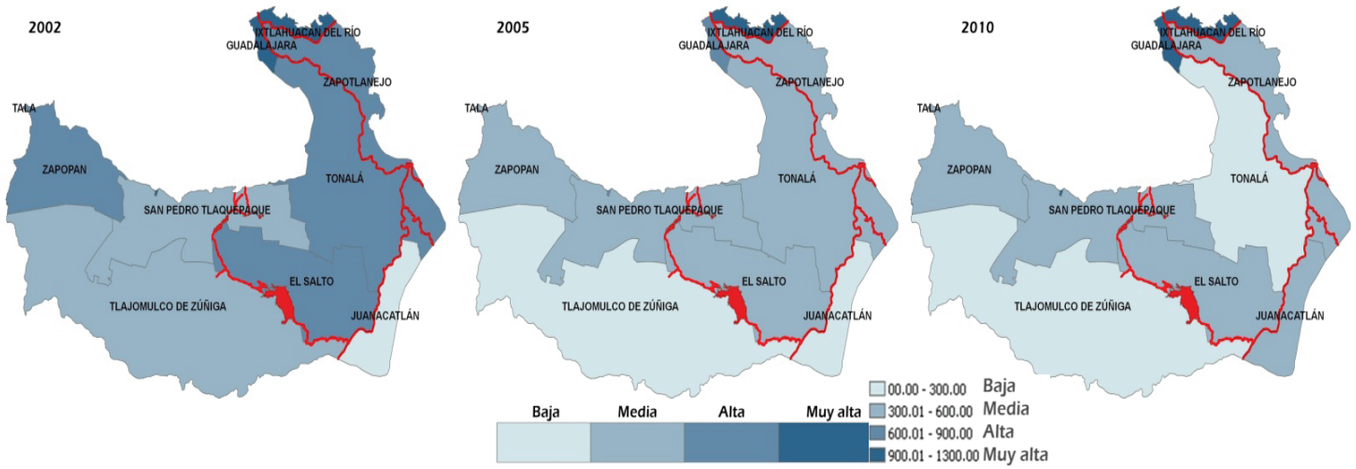


Figura 8.44. *Distribución geográfica de enfermedades infecciosas intestinales por cada mil habitantes de 0 a 5 años en el POFA por municipio en el periodo 2002-2010.*

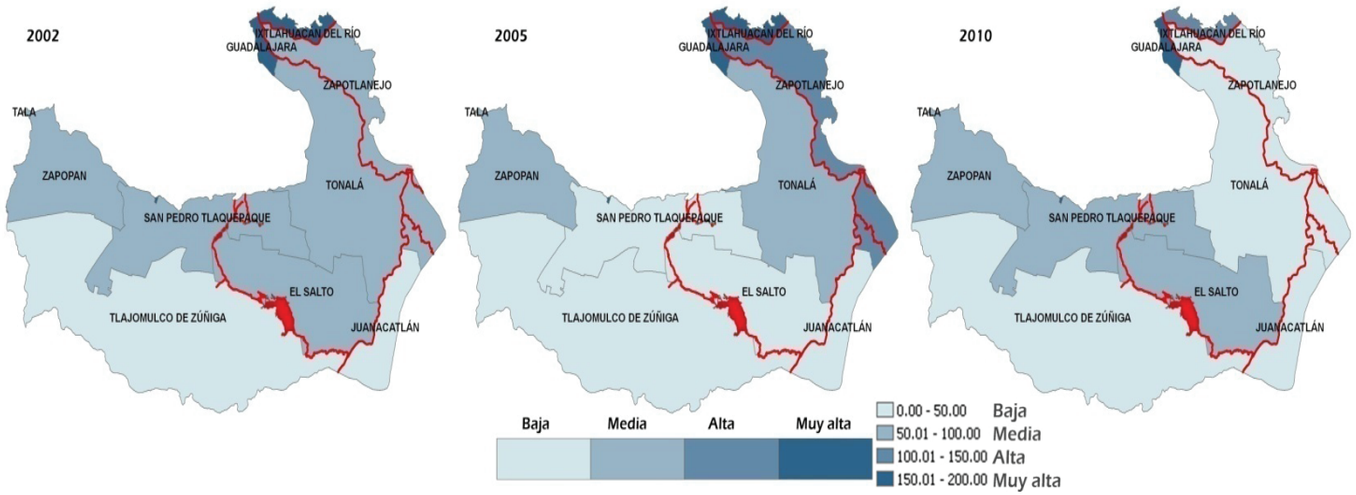


Figura 8.45. *Distribución geográfica de infecciones respiratorias agudas por cada mil habitantes de 0 a 5 años en el POFA por municipio en el periodo 2002-2010.*

prevalece una morbi-mortalildad de media a alta en este estrato de población vulnerable. Esto al ser contrastado con las zonas distantes que son de media a baja intensidad, denota una asociación coincidente entre los puntos rojos de deterioro ambiental y el estado de salud pública.

a) Cáncer

El ambiente contaminado produce daños a la salud humana dependiendo de la heterogeneidad y concentración de sus componentes. Los impactos en la salud mediados por el ambiente pueden presentarse a corto y largo plazo y pueden denotarse con el incremento de casos de enfermedad relacionada a factores ambientales.

Los factores ambientales capaces de convertirse en elementos cancerígenos para el hombre más conocidos son el tabaco, el alcohol y ciertos tipos de alimentos, pero también están bien descritos determinados tóxicos como factores ambientales que pueden favorecer la aparición y desarrollo acelerado del cáncer.

Buena parte de los contaminantes atmosféricos de interés provienen de la combustión de derivados del petróleo para usos industriales, residenciales o en el transporte. Los contaminantes sobre los que se suele disponer de información son: las partículas en suspensión (PM) de diámetro inferior a 10 μm (PM_{10}) e inferior a 2.5 μm ($PM_{2.5}$) como indicador de las partículas de menor tamaño, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre, el monóxido de carbono y el ozono.

También se tiene información sobre los niveles de compuestos orgánicos volátiles como el benceno o de metales que forman parte de las partículas, pero con un grado de cobertura poblacional/geográfica mucho menor.

Los efectos sobre la salud se producen a los niveles de exposición a los que está sometida actualmente la mayoría de la población urbana y rural de los países desarrollados y en desarrollo. La exposición crónica a las PM aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón.

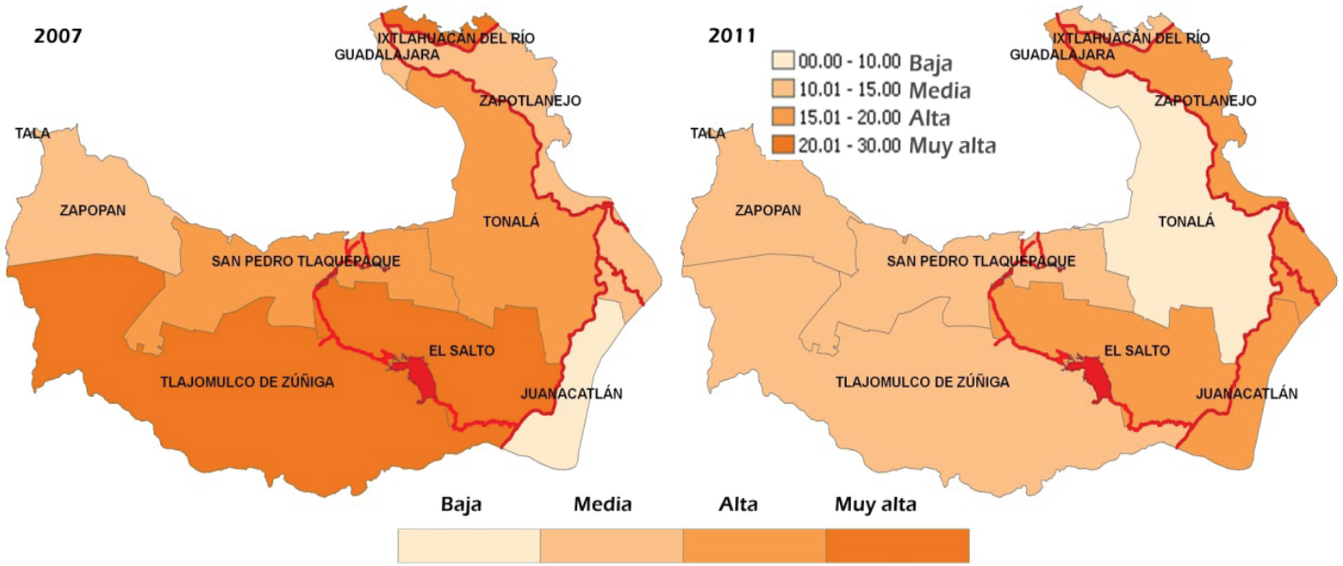


Figura 8.46. *Distribución geográfica de mortalidad infantil en el POFA por municipio en el período 2007-2011. Tasas por cada mil.*

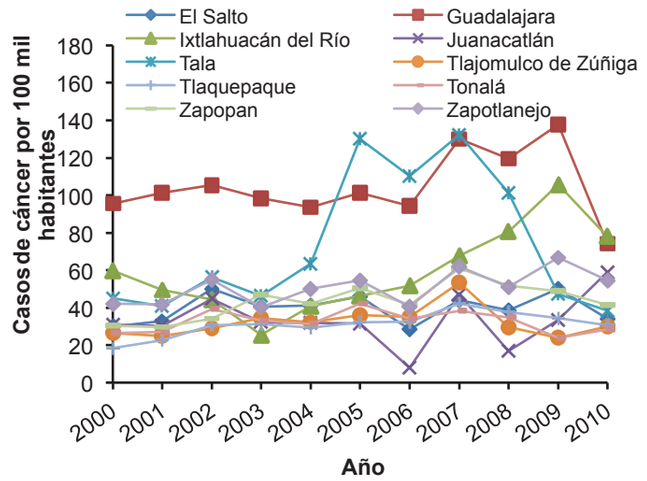


Figura 8.47. *Dinámica de morbilidad de cáncer en los municipios del POFA. Tasa de casos de cualquier tipo de cáncer por cada 100 mil habitantes, 2000-2010. Fuente: Secretaría de Salud del Estado de Jalisco. Dirección General de Planeación. Departamento de Estadística.*

La mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera entre un 15% y un 20% a la registrada en ciudades más limpias. Incluso en la Unión Europea, la esperanza de vida promedio es 8.6 meses inferior debido a la exposición a las $PM_{2.5}$ generadas por actividades humanas (OMS Nota descriptiva N°313, 2011 http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html).

En los municipios del POFA, la tasa promedio de casos de cáncer (por cualquier tipo) tuvo un incremento considerable de 40.5 a 47.0 casos por 100 mil habitantes del 2000 al 2010. Siendo los municipios de Guadalajara, Ixtlahuacán del Río y Tala, los que han presentado las mayores incidencias en el período de tiempo señalado, con tasas de hasta 140 casos por 100 mil habitantes (Figura 8.47).

Interesantemente en los años 2002, 2005, 2007 y 2009, se presentaron picos de incremento de casos en la mayoría de los municipios, mientras que en el 2003, 2006 y 2008 se observó el efecto contrario, lo cual hace suponer que existieron factores comunes entre los municipios del POFA que incidieron en la ocurrencia de cáncer, cuya manifestación se registró por cada una de las instancias locales.

Estos factores comunes pueden estar fuertemente relacionados al ambiente. Esto se sustenta en la gran incidencia de casos en la Ciudad de Guadalajara, donde es sabido que la densidad poblacional y la consecuente elevada actividad humana dan como resultado la importante contaminación del ambiente.

La mayoría de estudios y revisiones sugieren un riesgo relativo de 1.3 a 1.5 para cáncer de pulmón cuando se comparan zonas con niveles altos vs zonas con niveles bajos de contaminación.

En Europa se ha sugerido que los niveles medios de $PM_{2.5}$, en torno a 15 $\mu g/m^3$, podrían suponer hasta el 10% de los tipos de cáncer de pulmón.

En no fumadores o ex fumadores de más de 10 años de residencia cerca de carreteras de alta densidad de tráfico o en áreas con niveles de NO_2 superiores a 30 $\mu g/m^3$, se ha estimado un riesgo atribuible en torno al 5-7% (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad del Gobierno de España, 2012 http://www.msc.es/cuidadanos/saludAmbLaboral/docs/cancerMedioAmbiente.pdf).

Los datos de morbilidad por cáncer de pulmón para los municipios del POFA no pudieron ser obtenidos para este estudio, sin embargo al analizar la dinámica de incidencia de cáncer de mama del 2000 al 2010, se observa una tasa cercana a 10 defunciones por cada mil mujeres por esta causa sin gran cambio en el período de tiempo señalado (Figura 8.48).

Además, se advierte que uno de los municipios con mayor número de defunciones por cáncer de mama es Guadalajara, seguido por Zapotlanejo y Tala. Sorpresivamente, el municipio de Ixtlahuacán del Río, uno con mayor número de casos de cáncer dentro del POFA, tiene registrado cero defunciones por cáncer de mama en 2011 y 2012, lo que hace suponer que existe ausencia de registro para esta malignidad; lo mismo se concluye para Juanacatlán.

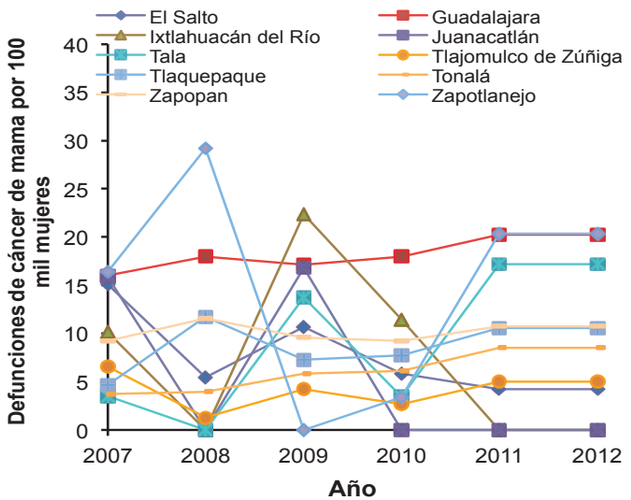


Figura 8.48. *Dinámica de mortalidad por cáncer de mama en mujeres de los municipios del POFA. Tasa por cada 100 mil, 2000.2010. Fuente: Secretaría de Salud del Estado de Jalisco, Dirección General de Planeación, Departamento de Estadística.*

b) Dengue

Otro indicador útil para evaluar el riesgo a la salud por factores ambientales es el dengue, enfermedad viral presente en Jalisco que es transmitida por el vector *Aedes aegipty*, mosquito que anida en ambientes donde se estanca el agua limpia. Existe una relación directa entre la presencia del vector y la aparición de casos de dengue.

Es a finales de verano y principios de otoño (semana 30-32) que la ocurrencia de casos de dengue se incrementa, debido a las condiciones ambientales favorables para la reproducción de estos insectos, ambiente lluvioso de menor radiación solar durante el día, propicio para la incubación de los huevos de nuevos insectos vectores del virus y que se prolonga hasta finales de invierno (semana 51-52) (Figura 8.49).

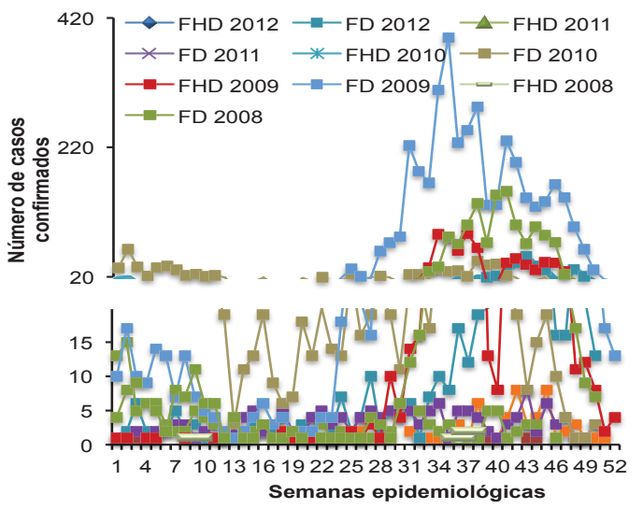


Figura 8.49. *Dinámica de morbilidad por fiebre por dengue (FD) y dengue hemorrágico (FHG) por semana epidemiológica durante 2008 a 2012 en Jalisco. Fuente: Plataforma única de información para la vigilancia epidemiológica del dengue SINAVE.*

Tabla 8.17. Dengue Jalisco: Casos confirmados.

	2009	2010	2011	2012*
Fiebre por dengue	4,102	1,045	161	107
Fiebre hemorrágica por dengue	817	127		1141
Total	4,919	1,172	118	175

**Semana del 26 de Agosto al 01 de Septiembre de 2012. Fuente: Secretaría de Salud del Estado de Jalisco.*

El dengue es actualmente un problema grave de salud pública en el Estado de Jalisco, por lo que existe una campaña activa para controlar al vector y diagnosticar oportunamente los casos sospechosos. Derivado de estas acciones se ha reducido en más del 4000% la incidencia de ambas manifestaciones de la enfermedad, fiebre por dengue y dengue hemorrágico, del 2009 al 2012 en la entidad (Tabla 8.17).

Sin embargo, a pesar de que en los municipios del POFA también ha disminuido la ocurrencia de dengue en sus dos variantes en el 2012 con respecto de 2010, se ha incrementado la proporción de casos confirmados que aporta esta región para el estado, de tan solo 35% en el 2010 a más de 60% en el 2012, de todos los casos en Jalisco (Tabla 8.18).

8.8. Cambios en la biodiversidad

La gran mayoría de los municipios que integran el POFA forman parte de la Zona Conurbada de Guadalajara, y en esta conurbación la expansión de las ciudades ha obedecido a un modelo de desarrollo que privilegia

Tabla 8.18. Casos confirmados de fiebre por dengue y fiebre hemorrágica por dengue por municipio del POFA.

	2010		2011		2012*	
Municipio	**clásico**	**hemorrágico**	**clásico**	**hemorrágico**	**clásico**	**hemorrágico**
El Salto					1	
Guadalajara	113	12	32	2	33	5
Ixtlahuacan del Río	1					
Juanacatlán						
Tala	9			1		
Tlajomulco de Zúñiga	5		6		2	1
Tlaquepaque	80	6	15	1	16	
Tonalá	27	1	7	1	4	1
Zapopan	129	21	17		8	1
Zapotlanejo	3					
Subtotal	367	40	77	5	64	8
Total	407		82		72	
Porcentaje del total estatal	35%		47%		61%	

Fuente: Plataforma Única de Información para Dengue. Secretaría de Salud Jalisco.

patrones de rápido crecimiento económico con altos costos ambientales.

El incremento tan acelerado de la población ha traído consigo muchos de los problemas inherentes a la falta de una planeación urbana sustentable, rebasando en mucho la infraestructura para agua potable y drenaje, vivienda y demás servicios públicos necesarios para garantizar el bienestar de la población y generando problemas en la sustentabilidad.

La especulación inmobiliaria pasa por encima de los planes de ordenamiento y los cambios forzados en los usos del suelo vulneran áreas protegidas con la consiguiente pérdida de bosques y de importantes zonas de recarga de acuíferos.

Los problemas derivados de la conurbación están relacionados básicamente con la ausencia de un plan de ordenamiento de largo plazo, que efectivamente permita estructurar el espacio en función de la capacidad de carga que pueden sustentar los recursos propios de cada municipio.

Si bien los municipios del POFA cuentan con programas de desarrollo urbano, estos se van modificando de acuerdo a los intereses inmediatos de los funcionarios en turno, relegando con ello la planificación original. En este sentido se dificulta la coordinación regional que pudiera asegurar planes de conservación y preservación de la biodiversidad.

Particularmente, en la zona de la Barranca del Río Santiago, el crecimiento urbano ha provocado la pérdida de la cubierta vegetal, debido a los asentamientos irregulares que se localizan, y en algunas zonas hasta el borde mismo de la barranca. Además, la acumulación de basura a cielo abierto, la deforestación, incendios, caza ilegal y vertidos de las aguas residuales municipales han provocado que diversas áreas se encuentren altamente perturbadas y contaminadas, lo que conduce a la pérdida gradual de su biodiversidad.

En todos los municipios del POFA se presentan problemas ambientales genéricos como lo son la urbanización incontrolada y los asentamientos irregulares. En los últimos años se ha manifestado la reducción de superficies en áreas naturales para dar paso a proyectos habitacionales y de infraestructura ajenos a los objetivos de conservación, o bien un incremento de la presión por el crecimiento urbano hacía las áreas naturales protegidas por no considerar en su manejo zonas de amortiguamiento. Ejemplo de ello es el Bosque La Primavera que está siendo invadido paulatinamente por desarrollos inmobiliarios y el crecimiento desordenado de asentamientos urbanos.

Aunado al crecimiento urbano se encuentran los impactos provocados por los incendios forestales, los cuales son causados por el uso del fuego como una tecnología para el desarrollo de actividades agropecuarias y como presión para inducir cambios en el uso del suelo de conservación a un uso urbano (Curiel, 2009).

Referente a los incendios que se han presentado en los municipios que integran el POFA, la Figura 8.50 muestra los datos del número de incendios reportados para el período del año 2009 a los primeros ocho meses del 2012. Se debe considerar que el dato corresponde al total de cada municipio, no especificándose cuántos de estos incendios se presentaron en la superficie correspondiente al POFA.

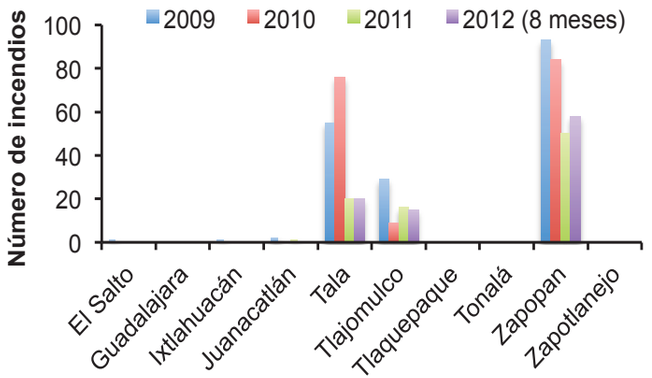


Figura 8.50. *Número de incendios ocurridos del 2009-2012 en los municipios del POFA. Fuente: Bitácoras y registros estatales, Dirección General Forestal y de Sustentabilidad, Secretaria de Desarrollo Rural. México: 2012.*

Otros problemas ambientales genéricos son: la carencia de áreas verdes y las que existentes en su mayoría se encuentran con diversos grados de afectación; así como los terrenos agrícolas que están en su mayoría abandonados, además de que se presenta un creciente desarrollo de bancos de material geológico en la mayoría de los municipios que integran el POFA.

La cobertura vegetal y por ende los hábitats de la fauna dentro del POFA ha estado disminuyendo principalmente en función de los cambios de uso de suelo que se han suscitado en los territorios municipales que integran el Polígono. Analizando la información generada por el INEGI en los datos vectoriales de la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación de las Series I (1968-1986), III (2002-2003), IV (2007-2008) y V (AGEBs, 2011), se puede definir lo siguiente de la Figura 8.51:

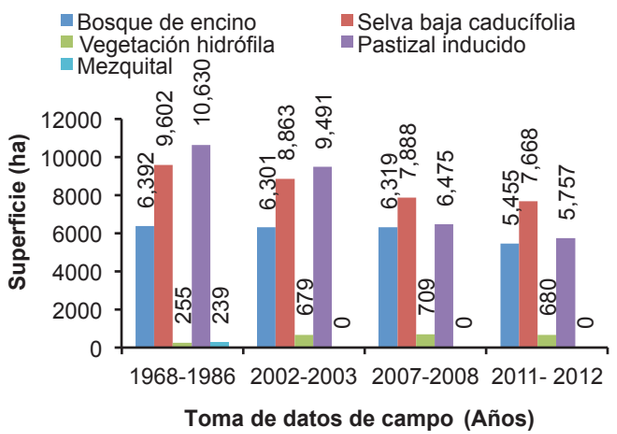


Figura 8.51. *Cambios en la cobertura vegetal dentro del POFA. Fuente: INEGI, Cartografía digital de Uso de Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Datos vectoriales de la Series I, III, IV y AGEBs 2011.*

a) El tipo de vegetación que ha sido eliminado es el Mezquital, a consecuencia de la expansión de la agricultura de temporal, existiendo relictos con arbolado de mezquite en diversas zonas de los municipios de Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga y El Salto, sin llegar a constituir comunidades vegetales para definirlos como un tipo de vegetación.

b) La selva baja caducifolia ha perdido del año 1986 al 2012, una superficie de 1,934 ha de cobertura, sustituida esta cobertura, primero por agricultura de temporal y posteriormente por zona urbana, siendo el municipio con mayor pérdida de ese tipo de vegetación el de Tonalá.

c) El bosque de encino ha disminuido en cobertura principalmente hacia el Bosque de La Primavera, en los municipios de Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga, a consecuencia del crecimiento urbano, con una pérdida de 937 ha. En el mismo período que el señalado para la selva baja caducifolia.

d) El pastizal inducido también ha perdido superficie de cobertura, aunque se puede definir que en algunas zonas del Polígono se ha incrementado este tipo de vegetación, inducido por actividades antrópicas (incendios, tala, etc.), sustituyendo a la vegetación natural, principalmente el bosque. Sin embargo, este cambio de cobertura permanece relativamente poco tiempo ya que debido a la proximidad y crecimiento de los asentamientos humanos que lo generaron, nuevamente cambia a formar parte de la zona urbana.

Pastizal inducido parte alta de la ceja de la Barranca del Río Santiago

e) La vegetación hidrófila es el único tipo de vegetación que se incrementó en un inicio (1986-2008) y posteriormente disminuyó dentro del período analizado. El incremento es consecuencia del establecimiento de nuevos bordos y presas dentro del Polígono, principalmente en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga y su disminución como consecuencia de la reducción ó eliminación de algunos cuerpos de agua y la limpieza de malezas.

De manera independiente, algunos municipios del POFA como el Gobierno del Estado han buscado implementar programas que ayuden a frenar el deterioro ambiental, y conservar la biodiversidad, tal es el caso del H. Ayuntamiento de Guadalajara, el cual desde 1997 estableció como Zona Sujeta a Conservación Ecológica la Barranca Oblatos-Huentitán. El proyecto contemplaba la recuperación ecológica de la zona, a través de la protección de flora y fauna, el aprovechamiento sustentable; así como el desarrollo ecoturístico en el área.

Sin embargo, a la fecha no se ha obtenido el decreto Estatal como Área Natural Protegida, que permitiría establecer limitantes para el desarrollo de esta zona. Otro ejemplo corresponde al Municipio de Tonalá, el cual en el año 2010 aprobó la declaratoria como área natural protegida municipal (Zona de Preservación Ecológica) a la zona del Cerro de la Punta y Barranca del Río Santiago, sin embargo al igual que la anterior, a la fecha no se ha obtenido el decreto Estatal.

Las contradicciones, incompatibilidad y duplicidad de estrategias, programas y acciones entre los tres órdenes de gobierno, las dependencias, instituciones y otras organizaciones; han generado conflictos, comprometiendo la biodiversidad.

En el año 2010 se estableció y publicó el Acuerdo Estatal en el que se emiten los criterios ambientales que deberán de observarse para la protección ambiental del Polígono de Fragilidad Ambiental, en el cual se establece la inclusión de todas las dependencias de los tres niveles de gobierno que tengan relación con la problemática en dicho polígono.

Como parte de las estrategias de conservación de la biodiversidad están los Ordenamientos Ecológicos Territoriales, los cuales deben ser el instrumento rector en materia de uso de suelo, ser de uso constante para autorizaciones del desarrollo de infraestructura y actividades económicas.

Además, deben garantizar que la conservación de la biodiversidad sea un componente importante en ellos, que consideren la conectividad de corredores biológicos, así como sitios degradados y en riesgo. Sin embargo, el incumplimiento de los mismos ó su existencia simplemente simbólica son causa de que estos instrumentos no hayan dado los resultados esperados.

Los municipios que integran el POFA están elaborando sus Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL), a la fecha sólo Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga cuentan con este instrumento, mientras que el resto se basan en el Ordenamiento Ecológico a nivel Estatal (POETJ).

Otra estrategia para la conservación de la biodiversidad es proceder a la declaratoria de nuevas Áreas Naturales Protegidas (ANP) ya sean estatales ó municipales, necesarias para garantizar la cobertura de conservación de especies y ecosistemas.

Para la nuevas y las ya existentes se debe incorporar el enfoque de conservación diseñado a escala territorial y no tanto al límite político administrativo municipal ó estatal, (ANP intermunicipales ó Regionales) para mantener la conectividad entre las ANP y los corredores biológicos. Además de estar ligadas a los ordenamientos ecológicos territoriales.

Las ANP deben de contar desde su establecimiento con un programa de manejo en el cual se definan claramente las zonas y usos compatibles, así como la definición de las zonas de amortiguamiento necesarias para controlar los impactos ambientales generados por el desarrollo de actividades en los alrededores.

9. Análisis de factores ambientales

9. Análisis de factores ambientales

Los impactos de las actividades humanas sobre el ambiente, las comunidades humanas y su salud requieren del análisis de información desde diferentes perspectivas tanto de carácter social, económico y ambiental.

Por tal motivo, diferentes organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se han dado a la tarea de establecer metodologías para medir el desarrollo de un país mediante el uso de indicadores que puedan mostrar el estado y las presiones hacia un recurso (ej. suelo, agua, aire, etc.), en vías de implementar nuevas estrategias y políticas públicas (respuesta) para mantener un ambiente equilibrado que permita un desarrollo sostenible.

Este capítulo hace una recopilación de los factores ambientales utilizando indicadores para definir la situación del POFA.

9.1. Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)

El objetivo del modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER) es proporcionar un esquema analítico mediante el uso de indicadores que relacionen las actividades económicas y las acciones que lleva a cabo la sociedad para el cuidado del ambiente y los recursos naturales.

Éste considera que las actividades humanas tienen un efecto directo o indirecto sobre el ambiente y los recursos naturales (Presión), afectando su calidad y cantidad respectivamente (Estado) y que la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales sectoriales y económicas generales que inducen cambios en su comportamiento y conciencia hacia el ambiente (Respuesta) (OCDE, 2003).

El modelo PER resalta las relaciones de causa efecto por medio de indicadores de Presión, que están relacionados a los patrones de producción y consumo, reflejando intensidades de uso de los recursos naturales y emisiones al ambiente. Cuando son medidos, éstos muestran el comportamiento de las actividades económicas (Figura 9.1).

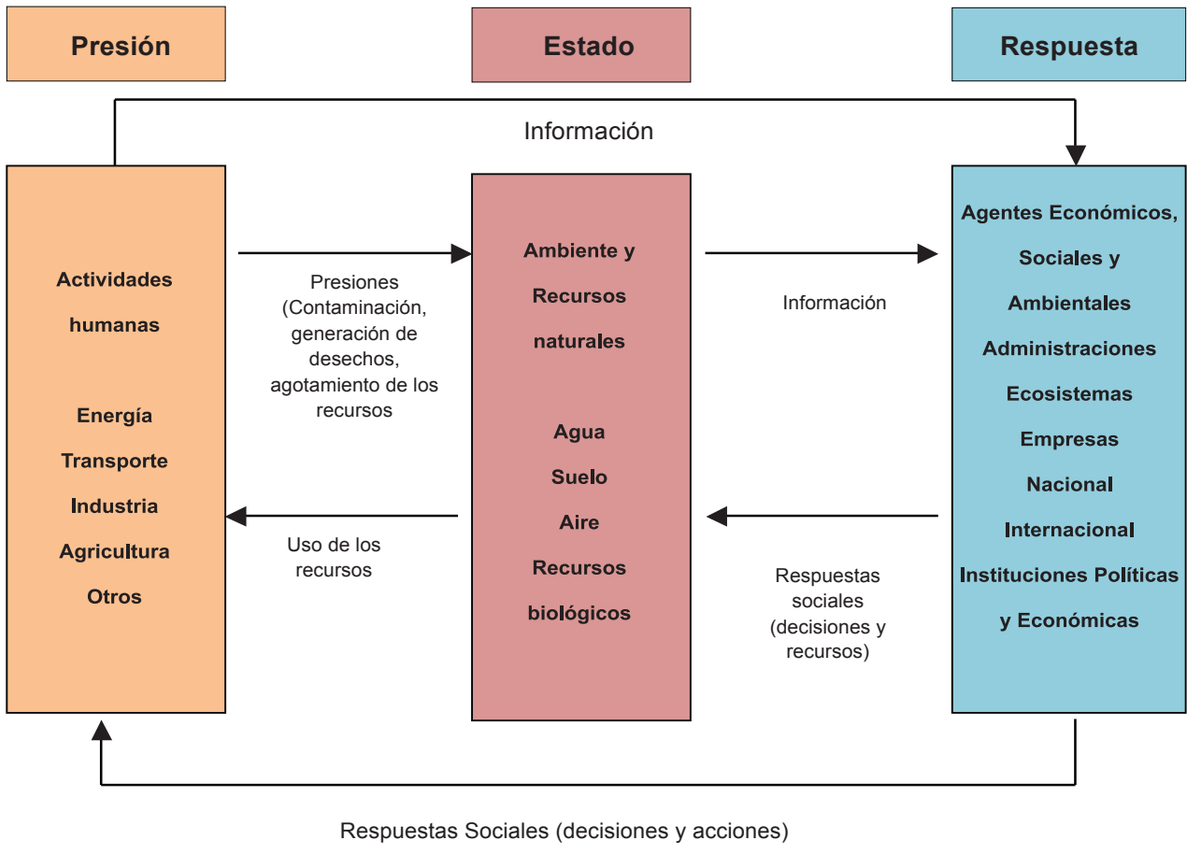


Figura 9.1. *Esquema del modelo Presión-Estado-Respuesta (OCDE, 2003).*

Los indicadores de Estado reflejan la situación que tiene el ambiente y los recursos naturales en el tiempo con aspectos cualitativos y cuantitativos.

Los indicadores de Respuesta son aquellas acciones individuales o colectivas que lleva a cabo la sociedad y que tienen por objetivos: (1) mitigar, adaptar o prevenir los efectos negativos sobre el ambiente de las actividades humanas; (2) revertir el daño causado al ambiente; y (3) conservar los recursos naturales (OCDE, 2003).

9.2. Indicadores PER para el POFA

La definición de los indicadores para la realización del Diagnóstico Integral del POFA se basó en la selección de aquellos que son empleados por diferentes dependencias gubernamentales para medir las tendencias del sistema socio-ambiental en conjunto, desde el punto de vista, poblacional, de bienestar social, desarrollo urbano, aspectos económicos, recursos naturales, salud y ambiente.

Siguiendo el modelo Presión-Estado-Respuesta planteado por la OCDE para evaluar la situación del ambiente en el POFA, se seleccionaron aquellos aspectos que permitieron medir los procesos más relevantes de las tendencias del sistema socio-ambiental en su conjunto.

Uno de los criterios más importantes para la elección de indicadores fue la disponibilidad de información. Así, los indicadores considerados para el POFA que se pueden calcular por su disponibilidad de datos y periodicidad de acuerdo a los temas estratégicos de Población, Bienestar Social y Aspectos Económicos-Productivos, son los que se indican en la Tabla 9.1.

La importancia de los indicadores es que son parámetros de medición cuyo comportamiento y evolución reflejan cambios a través del tiempo permitiendo su seguimiento.

Tabla 9.1. Indicadores PER para el POFA.

Presión	Estado	Respuesta
Población • Tasa de crecimiento media anual • Densidad de población • Tasa de urbanización • Cambio de uso de suelo • Volumen total concesionado de agua por uso consuntivo • Volumen total concesionado de agua subterránea • Volumen de agua concesionado para abastecimiento público *per cápita* • Generación de residuos *per cápita* **Bienestar social** • Número de vehículos en circulación • Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más **Aspectos económico-productivos** • Consumo aparente de fertilizantes y pesticidas • Incendios forestales y superficie afectada	**Ambiente** • Disponibilidad natural media de agua *per cápita* • Grado de presión sobre los recursos hídricos renovables • Índice de calidad del agua • Superficie afectada por degradación edáfica • Días arriba del límite de la norma de calidad del aire • Superficie de vegetación natural remanente **Desigualdad social** • Índice de desarrollo humano • Índice de pobreza • Índice de marginación urbana **Salud pública** • Tasa de morbilidad por infecciones intestinales en habitantes de 0 a 5 años • Tasa de morbilidad por infecciones respiratorias agudas en habitantes de 0 a 5 años • Tasa de mortalidad infantil	**Ambiente** • Superficie reforestada en función del territorio municipal • Áreas naturales protegidas • Planes de ordenamiento territorial • Plantas de tratamiento de aguas residuales en operación • Volumen de residuos sólidos depositados en sitios de disposición final **Salud pública** • Programa, Entornos y Comunidades Saludables • Programa Caravanas de la Salud Jalisco • Programa Arranque Parejo en la Vida-Salud Materna y Perinatal • Programa Atención Médica Curativa • Programa Desarrollo Humano Oportunidades Componente Salud

9.3. Indicadores calculados para el POFA

9.3.1. Recursos hídricos

a) Nombre del indicador (Estado): *Grado de presión sobre los recursos hídricos renovables*.

Descripción: El grado de presión indica la intensidad de uso de los recursos hídricos, describe la relación entre la extracción total con respecto a los recursos hídricos renovables disponibles en la zona. Se utiliza como una medida de la vulnerabilidad del país frente a la escasez de agua (UN, 2007).

Cuando el grado de presión es mayor a 40 por ciento, se considera que en la región puede haber un estrés hídrico severo, que podría conducir a una fuerte competencia por el agua. Indicadores equivalentes son empleados a nivel internacional por la ONU, OCDE y AEMA (UN, 2007; OECD, 2008; EEA, 2009a).

Metodología: El indicador se calcula a partir del volumen total de agua concesionado a los usuarios registrados en el REPDA, y la disponibilidad natural media se basa en estimaciones de largo plazo del escurrimiento superficial virgen medio y la recarga de acuíferos, la información proviene de CONAGUA.

*Grado de Presión = (Volumen total de agua concesionado / Disponibilidad natural media)*100*

Resultados: Los resultados en el POFA para este eindicador se muestran en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2. Grado de presión del volumen total de uso de los recursos hídricos (volumen total de uso y disponibilidad natural base media en Mm^3 y grado de presión en porcentaje)

Volumen total de uso	Disponibilidad base media	Grado de presión
339.1	306	111

Fuentes: Elaboración propia con datos de CONAGUA - REPDA (2012), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Interpretación: En la zona del POFA, el grado de presión sobre los recursos hídricos es mayor al 100%. Esto refleja un severo estrés hídrico, lo cual confirma que los acuíferos de la zona de estudio están sobreexplotados, lo que indica que no habrá más agua en la zona de continuar la situación actual.

Es claro que la tasa de extracción de agua no es sostenible y que se deben de implementar planes emergentes de recarga de los acuíferos de la zona, ya sea de forma natural o artificial.

b) Nombre del indicador (Estado): *Índice de calidad del agua (ICA)*.

Descripción: Los índices reflejan el estado de la calidad del agua en lagos, arroyos, ríos y reservorios. El concepto se basa en la comparación de la concentración de contaminantes con los respectivos estándares regulatorios ambientales. Los índices reflejan el número, la frecuencia y magnitud por la que los estándares para variables específicas no se cumplen en un período de tiempo dado.

Metodología y resultados: El ICA es resultado del promedio de tres subíndices, en los cuales se agruparon los parámetros fisicoquímicos, metales pesados y microbiológicos, evaluados por la CEA. El ICA se calculó a partir de la metodología desarrollada por el Gobierno de la Provincia de Alberta en Canada, (Alberta river water quality index http://environment.alberta.ca/01275.html).

$$\text{IC A} = \frac{\sum \text{Valor del subíndice}}{\text{Número de subíndices}}$$

Cada uno de los subíndices se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Valor del subíndice} = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

En donde F_1 representa el número de parámetros que no cumplieron con el nivel deseable al menos una vez, durante el período de tiempo considerado.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de pruebas que no cumplieron con los niveles deseables}}{\text{Número total de variables}} \right) + 100$$

F_2 representa la proporción del número de pruebas individuales que no cumplieron con el nivel deseable, tomando como base el número total de pruebas realizadas durante el período considerado.

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de pruebas que no cumplieron con los niveles deseables}}{\text{Número total de pruebas}} \right) + 100$$

F_3 representa la magnitud con la cual los valores de las pruebas se desviaron de los niveles deseables.

$$F_3 = \left(\frac{cfc}{0.01\ cfc + 0.01} \right) \times 100$$

La variable cfc representa la magnitud con la cual la calidad del agua se desvía de los criterios de conformidad.

Se calcula dividiendo la suma de la magnitud de cada una de las desviaciones observadas (Nfc), entre el número total de pruebas.

$$cfc = \frac{\sum_{c}^{n} = 1 \quad Nfc}{\text{Número total de pruebas}}$$

Para el caso en que los valores de las pruebas no deben de exceder el nivel deseable:

$$Nfc = \left(\frac{\text{Valor de la prueba de conformidad}}{\text{Nivel deseable}f} \right) - 1$$

Para el caso en que los valores de las pruebas no deben estar por debajo del nivel deseable:

$$Nfc = \left(\frac{\text{Nivel deseable}f}{\text{Valor de la prueba de conformidad}} \right) - 1$$

Para los casos en los cuales el nivel deseable es cero:

$$Nfc = \text{Valor de la prueba fuera de conformidad}$$

Interpretación: En la Tabla 9.3 se muestran las categorías en que se clasifica la calidad del agua, según el valor resultante del cálculo del ICA.

El índice arroja valores que caen en la clasificación de calidad de agua pobre (la más baja) para todo el período 2009-2012, en los 13 puntos. Los puntos de monitoreo desde Ocotlán hasta Paso La Yesca se ubican sobre el cauce del Río Santiago. Existe una tendencia hacia la disminución del ICA sobre el recorrido del río, desde el punto Ex Hacienda Zapotlanejo hasta San Cristóbal de la Barranca.

Esto se relaciona con la ubicación de las descargas de la ZMG y el aporte contaminante del Arroyo El Ahogado, que también presenta valores bajos del índice.

Un resultado notorio es que exceptuando los puntos de Puente Grande, San Cristóbal de la Barranca y El Muelle, los resultados del ICA para 2012 son más altos que los obtenidos para años anteriores.

Tabla 9.3. Categorías e intervalo de valores del ICA.

Color	Categoría	Intervalo de valores	Descripción
	Excelente	100-95	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño.
	Buena	94-80	La calidad del agua está frecuentemente protegida, bajo grado de amenaza o daño.
	Aceptable	79-65	La calidad del agua está usualmente protegida, pero ocasionalmente es amenazada o dañada.
	Marginal	64-45	La calidad del agua está frecuentemente amenazada o dañada.
	Pobre	44-0	La calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada.

9.3.2. Suelo

a) Nombre del indicador (Estado): *Superficie afectada por degradación edáfica.*

Descripción: Este indicador define la superficie afectada por degradación del suelo causada por el hombre, su unidad de medida puede estar dada en hectáreas o porcentajes.

Su objetivo es evaluar el impacto de las actividades humanas que provocan la disminución del suelo en su productividad biológica o de biodiversidad, así como la capacidad actual y/o futura para sostener la vida, la alteración de las propiedades químicas del suelo por modificaciones en la concentración original de elementos, sustancias o iones, derivadas de procesos

de acumulación, lixiviación y arrastre. Además, de la remoción de la masa superficial del suelo originada por la acción del viento, acelerada por la pérdida de vegetación, así como de las propiedades físicas del suelo.

Metodología: Para su medición se utilizó cartografía de INEGI edafológica y de uso de suelo (escala 1:250,000), así como la metodología de evaluación ASSOD (Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation, 1997, promovida por la FAO), con datos determinados a partir de evaluación de campo y análisis de laboratorio. Este indicador se calcula de la siguiente manera:

$$\text{superficie afectada por degradación edáfica (\%)} = \frac{\text{superficie afectada (ha)}}{\text{superficie total (ha)}} \times 100$$

Resultados e Interpretación: En México sólo se tienen un valor para la degradación del suelo, desde entonces no se ha monitoreado la degradación de los suelos. En el 2002 ya existía una degradación edáfica de moderada-alta en el 61% (45,670 ha) del territorio del POFA, además de un 11% (8,206 ha) con degradación severa (Tabla 9.4).

Si se toma en cuenta que el cambio en las presiones por uso de suelo y que los cambios en este uso son severas, podría suponerse que la degradación de los suelos tuvo que haber aumentado. Sin embargo, este indicador deberá de ser implementado con la misma metodología que se midió para poder compararse con los valores del 2002 tomados como línea base en el tiempo, y poder hacer un comparativo de la situación actual de la degradación de suelos en el POFA.

Tabla 9.4. Indicador de superficie de suelos afectados por degradación o erosión.

Categorías	Superficie del POFA*	
	%	ha
Erosión tolerable	10	7398
Erosión ligera	18%	13303
Erosión moderada Erosión alta	61%**	45670**
Erosión severa	11%	8206

**Datos obtenidos de SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 2002. **Dato de degradación química.*

b) Nombre del indicador (Presión): *Consumo aparente de fertilizantes y plaguicidas.*

Descripción: Los fertilizantes agrícolas aplicados en exceso pueden contaminar los cuerpos de agua superficiales, causando su eutrofización.

Algunas sustancias propias de los fertilizantes son tóxicas, como es el caso de los nitratos. El uso intensivo de fertilizantes termina por degradar químicamente al suelo, afectando su fertilidad.

Los plaguicidas contienen diversas sustancias dañinas para la salud humana y de los ecosistemas, además afectan la fertilidad del suelo, dejándolo vulnerable a otros procesos de degradación. Algunos de los compuestos de los plaguicidas persisten en el ambiente largo tiempo antes de degradarse a formas inocuas, lo que facilita su dispersión y acumulación en el suelo, los medios acuáticos y los organismos vivos (INEGI, 2000, 2002, 2010).

Metodología: Para el cálculo del indicador se usa el peso total de todos los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y complejos, NPK, reportados (INEGI, 2000, 2002, 2010).

El indicador frecuentemente usado para expresar el consumo aparente de fertilizantes está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo Aparente} = (\text{Producción} - \text{Importación}) - \text{Exportación}$$

Resultados e Interpretación: En los municipios del POFA, el consumo aparente total de fertilizantes (nitrogenados y fosfatados) fue superior en 29.6 veces con respecto al consumo total de plaguicidas reportados para el 2010 y 2011. Para ambos años, el consumo aparente de plaguicidas se mantuvo casi constante con un ligero aumento para el 2011 de 5.7% con respecto al 2010. Mientras que el consumo aparente de fertilizantes tuvo un aumento de 6% para el 2011 (Tabla 9.5).

Tabla 9.5. Consumo aparente total de fertilizantes y plaguicidas por todos los municipios que integran el POFA.

	Consumo aparente total	
	2010	2011
Fertilizantes (kg/ha)	85,773.3	90,892.5
Plaguicidas (kg/ha)	2895.8	3,060.7

Fuente: Elaborado con datos de INEGI, 2010 y 2011.

Esto indicó un aumento del consumo de plaguicidas y fertilizantes proporcional, el cual no es consistente con la reducción de áreas agrícolas en todos los municipios del POFA por cambio de uso de suelo. De tal manera que se puede inferir que con menor área agrícola, ha aumentado el consumo aparente de fertilizantes y plaguicidas.

9.3.3. Aire

Nombre del indicador (Estado): *Número de días arriba del límite de la norma de calidad del aire.*

Descripción: Este indicador muestra el número de días por año, en los que se exceden las normas de calidad del aire, definidas para la protección de la salud de la población para cada contaminante atmosférico (PM10, ozono, dióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono).

Metodología: Cuantificación del número de días en el año en el que los niveles de cada contaminante se encuentran por arriba de los límites establecidos en las normas correspondientes.

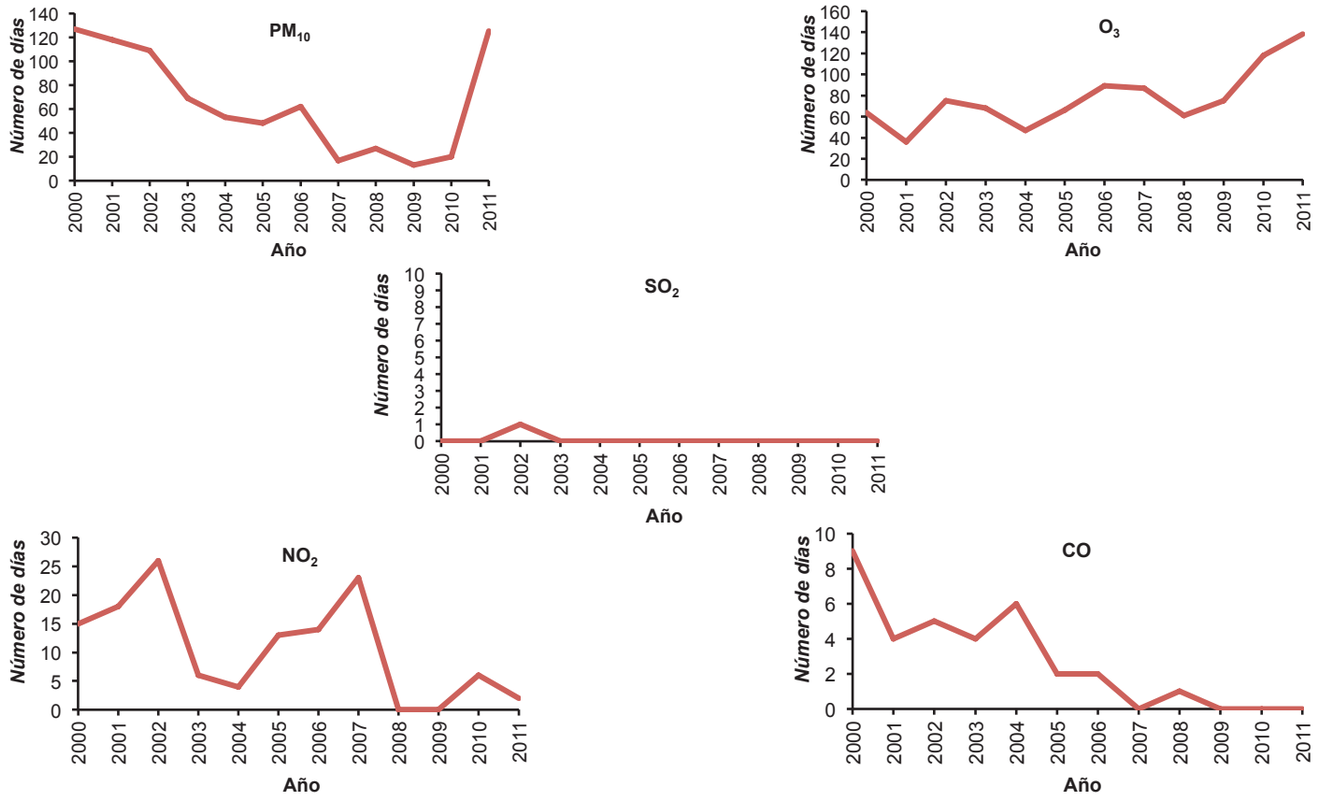


Figura 9.3. *Número de días arriba del valor de la norma de calidad de aire para cinco contaminantes criterio.*

Resultados e interpretación: Los resultados indican que el SO_2 cumple con la norma desde 2003 y tanto el CO como el NO_2 tienen tendencia a disminuir muy similarmente. Sin embargo, el NO_2 todavía muestra días por encima de la norma al final del período evaluado, a diferencia del CO que cumple con la norma en ese mismo lapso de tiempo.

También se encontró que las PM_{10} y el ozono son los dos contaminantes atmosféricos que más frecuentemente sobrepasan la norma. El incremento del número de días por encima de la norma para las PM_{10} se debe probablemente al aumento de zonas desprotegidas de vegetación y al incremento de la urbanización, principalmente hacia el sur y suroeste de la zona metropolitana. Mientras que, el comportamiento del ozono obedece a la falta de control de las emisiones de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) que favorecen su formación y posterior acumulación.

La Figura 9.3 muestra que las PM_{10} tuvieron 120 µg/m^3 en 24 horas una vez al año, O_3 tuvieron 0.11 ppm en una hora, SO_2 tuvieron 0.13 ppm en 24 horas una vez al año. Los NO_2 mostraron 0.21 ppm en una hora una vez al año y CO se observó en 11 ppm en promedio móvil de 8 horas una vez al año.

9.3.4. Biodiversidad

Nombre del indicador (Estado): *Superficie con vegetación natural remanente.*

Descripción: La presencia de superficies con vegetación natural es indicativa del estado actual

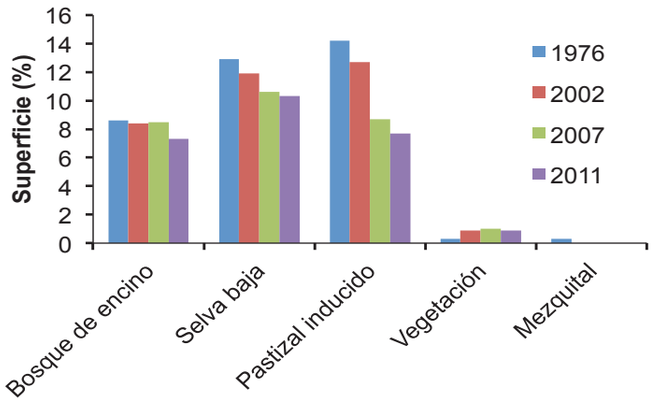


Figura 9.4. *Porcentaje de superficie natural remanente en el POFA. Fuente: Elaboración con datos del INEGI, Cartografía digital de Uso de Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Datos vectoriales de la Series I, III, IV y AGBs 2011.*

de la biodiversidad de un lugar determinado; se considera que la extensión superficial y el grado de conservación de la vegetación natural son los factores que influirán en el número de especies y, a la vez de sus poblaciones.

Metodología: El indicador muestra el estado que guarda actualmente la vegetación natural en el POFA en referencia a un período de tiempo determinado. La superficie con vegetación natural actual por tipo de vegetación, se calculó como el cociente de la división de la superficie del inicio del período (Sp) entre la superficie total del POFA (St), expresado en porcentaje para cada tipo de vegetación:

$$\text{Superficie con vegetación natural remanente} = (Sp/St)\ x100$$

Resultados e interpretación: La Figura 9.4 muestra la superficie cubierta con vegetación natural para el período del año 1976 al 2011.

La vegetación natural remanente en el POFA ha disminuido en casi todos los tipos durante este período, a excepción de la vegetación hidrófila la cual se incrementó del 0.3% de cobertura del total en 1976 al 0.9% en 2011. Esto como consecuencia del establecimiento de mayor cantidad de presas y bordos, así como a la eutroficación de los mismos, lo que ha incrementado las malezas acuáticas, las cuales están consideradas dentro de este tipo de vegetación.

El tipo de vegetación que ha sufrido mayor reducción en el porcentaje de cobertura es el de pastizal, sin embargo este no representa un impacto ambiental considerable ya que se refiere al pastizal inducido y para que éste se presente debió de haberse eliminado la vegetación primaria (bosques ó selvas), generalmente con fines ganaderos (pastoreo). Sin embargo, la alta reducción en la cobertura se debe a la sustitución de estos pastizales principalmente por el crecimiento urbano que se ha suscitado en el POFA.

Ambientalmente, la reducción en el porcentaje de cobertura del Bosque y la Selva son los que tienen mayor impacto, ya que estos tipos de vegetación natural por su composición son la que soportan la biodiversidad en el POFA. Sin embargo, en el período analizado (1976-2011) ambas han decrecido en 1.3 puntos porcentuales para el Bosque y en 2.6 para la Selva.

Esta disminución es de suma importancia, ya que se encuentran principalmente distribuidas en zonas específicas sobre las que actualmente se ejerce mucha presión, principalmente por el crecimiento urbano, como lo son el Bosque de La Primavera y las Barrancas del Río Santiago.

9.3.5. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Nombre del Indicador (Presión): *Generación de Residuos Sólidos Urbanos per cápita.*

Descripción del Indicador: Este indicador mide la generación de RSU por habitante al día o Residuos *per cápita* (RPC).

Método de Medición: Se obtiene dividiendo el total de residuos generados en una población (TRGP) entre el número de habitantes (NH). Para su estimación se considera la producción en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día) a través de la siguiente ecuación:

$$RPC = \frac{TRGP}{NH} * 100$$

Resultados: Para medir su evolución se consideran los datos promedio de años posteriores, lo cual permite ver la tendencia (aumento o reducción) de la generación de residuos sólidos urbanos como se observa en la Tabla 9.6.

Tabla 9.6. Generación de residuos sólidos urbanos (RSU) por habitante por día, en Jalisco (kg).

2007	2008	2009	2010	2011	Valor actual*	Meta 2012
965	965	965	965	906	919	905

Fuente: Dirección General de Protección Ambiental. SEMADES. México.

Interpretación: Este indicador permite obtener la información necesaria para que los municipios integren sus Programas Municipales de Prevención y Gestión Integral de residuos; de tal manera que puedan proyectar las necesidades de infraestructura para el manejo integral de los mismos (separación, recolección, transferencia, acopio, reciclaje, disposición final, etc.), así como el establecimiento y aplicación de programas encaminados a reducir su incremento.

9.3.6. Desigualdad social

Nombre del indicador (Estado): *Índice de pobreza.*

Descripción: Mide la carencia de los recursos alimenticios y los derechos sociales. La pobreza representa un problema social que impone limitaciones en el desarrollo físico, intelectual y social de las personas e impide la satisfacción de sus necesidades básicas así como la integración social (CONEVAL, 2010; 2012).

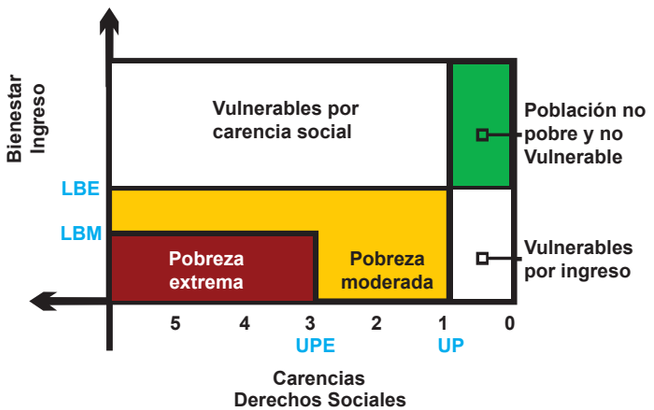


Figura 9.5. *Esquema Multidimensional de desigualdad. Fuente: CONEVAL, 2010*

Metodología: La desigualdad multidimensional es un concepto que implica la relación entre el bienestar económico y los derechos sociales de la población en el contexto territorial, refleja la condición de pobreza de la población (Figura 9.5) (CONEVAL, 2010). El bienestar económico está determinado en función del ingreso corriente *per cápita*, y los derechos sociales por seis factores sociales:

1) Rezago educativo, 2) Accesos a servicios de salud, 3) Acceso a la seguridad social, 4) Calidad y espacios de la vivienda, 5) Servicios básicos, y 6) Acceso a la alimentación.

Para este indicador se propone un esquema compuesto por cinco clases que exhiben el porcentaje de la población que está en una situación de pobreza en función de los criterios mencionados. Este esquema tiene cuatro elementos de referencia para clasificar el estado de la población:

1) El Umbral de Privación (UP) marca el límite entre la población que está privada de al menos un derecho social, 2) El Umbral de Privación Extrema (UPE) representa a la población que tiene más de tres carencias sociales, sin importar su ingreso económico. 3) La Línea de Bienestar (LBE) representa una cantidad mínima de recursos económicos suficientes para satisfacer las necesidades de alimentación, bienes y servicios, y 4) La Línea de Bienestar Mínimo (LBM) se refiere a la cantidad mínima de recursos económicos suficientes para satisfacer las necesidades básicas de alimentación (CONEVAL, 2010).

Resultados e interpretación: Para el año 2010, los resultados de este índice señalan que dentro de los municipios que forman parte del POFA, existía cerca de 1 millón 288 mil habitantes en condiciones de pobreza (27.8% del total de su población); de estos, cerca de 150 mil habitantes sufren de pobreza extrema (3.22% del total de su población).

Los municipios de Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga cuentan con una población muy grande, y en consecuencia, presentan un elevado número de habitantes en condición de pobreza (entre 147 mil y 346 mil). La población en situación de pobreza de cualquiera de estos municipios es mayor que la población total de los municipios de El Salto, Zapotlanejo, Ixtlahuacán del Río, Tala o Juanacatlán.

En términos proporcionales a la población total municipal, el índice de pobreza en los municipios del POFA está entre el 22 y el 67%, estos porcentajes son elevados si se considera que forman parte de una zona metropolitana donde se tiene acceso a más oportunidades de desarrollo.

Los municipios de Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo, El Salto y Tala presentan los porcentajes más altos de pobreza, ubicándose por encima del porcentaje estatal (36.9%); Guadalajara y Zapopan tienen un índice por debajo del 25%.

9.3.7. Salud Pública

Nombre del indicador (Estado): *Tasa de mortalidad infantil.*

Descripción: La mortalidad infantil es un indicador demográfico que señala el número de defunciones de niños en una población de cada mil nacimientos vivos registrados, durante el primer año de su vida. Aunque la tasa de mortalidad infantil se mide sobre los niños menores de 1 año, también se ha medido algunas veces en niños menores de 5 años.

Se trata de un indicador relacionado directamente con los niveles de pobreza, de calidad de la sanidad gratuita y condiciones ambientales desfavorables (a mayor pobreza o menor calidad sanitaria o contaminación, mayor índice de mortalidad infantil) y constituye el objetivo 4 de los 8 Objetivos del Milenio para ser abatidos por las Naciones Unidas.

Metodología: La tasa de mortalidad infantil se obtuvo directamente de la base de datos de defunciones 1979-2012 del Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS) de la Secretaría de Salud federal, en la página de la Dirección General de Información en Salud (DGIS).

Este indicador se calcula del total de defunciones de niños menores de un año de edad, divididos entre el número de recién nacidos estimados para ese año en el mismo lugar por mil.

Tasa de mortalidad infantil = (Defunciones niños <1 año/ Total de nacidos al año) x 1000.

Resultado: La tasa promedio de mortalidad infantil en el POFA es de 15 defunciones en niños menores de 1 año (tasa del 2011). El 50% de las defunciones en menores de 1 año en 2011 (774), se concentró en los municipios por arriba del promedio: Guadalajara (19.5), Juanacatlán (18.7), Tala (17.6), Zapotlanejo (15.7) y El Salto (15.6).

La tasa de mortalidad infantil para todo Jalisco es de 14.4 y de 13.7 para todo México. A pesar de que la tasa de mortalidad infantil mostró una disminución cercana al 50% en los últimos diez años en el POFA, hubo marcados incrementos en 2008 y 2010 en los municipios de El Salto y Juanacatlán. En Juanacatlán se incrementó de 0 a 15 decesos (de 3.64 a 18.73/1000) de 2010 a 2011.

Interpretación: En el año 2011 se registraron más de 1,400 defunciones en menores de 1 año en los municipios del POFA, provocadas directa o indirectamente por causas ambientales prevenibles: las neumonías e infecciones intestinales ocuparon la tercera y cuarta causa de mortalidad infantil, respectivamente. En el POFA existe un mayor riesgo de mortalidad infantil con respecto de todo el Estado y mucho mayor comparado con el resto del país. Si se mejoran las condiciones ambientales en el POFA, entre otras acciones, se disminuirá la mortalidad infantil. Según la OMS, casi un tercio de la carga de mortalidad y morbilidad en las regiones menos adelantadas se debe a causas ambientales.

a) *Descarga de aguas residuales al Canal de El Ahogado;* ***b)*** *Acumulación de residuos sólidos urbanos en el Canal de El Ahogado;* ***c)*** *Efectos de erosión en suelo por explotación del recurso en un banco de material en el límite con el bosque de La Primavera;* ***d)*** *Quemas agrícolas en Tlajomulco de Zúñiga;* ***e)*** *Mega desarrollo habitacional en Santa Fe y Chula Vista en Tlajomulco de Zúñiga;* ***f)*** *Saturación vial en Carretera Guadalajara-Chapala*

9.4. Compendio de indicadores PER para el POFA

A continuación se listan los indicadores seleccionados para el POFA y una breve descripción de la situación que se encontró para los períodos de tiempo en que hubo datos disponibles (Tabla 9.7).

Tabla 9.7. Compendio de indicadores para el POFA.

Indicadores de Presión	Diagnóstico
Población	
• Tasa de crecimiento media anual	Entre 1970 y 2010, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Tlajomulco de Zuñiga presentaron TCMA muy elevadas (4.00-12.92%). Esto se refleja en el crecimiento de la población dentro del área del POFA, que entre los años 2000 y 2010 se duplicó (603,421 a 1,206,560 habitantes).
• Densidad de población	Más del 90% de la población de los municipios de la ZMG está asentada en áreas urbanizadas. Entre los años 2000 y 2010 tuvieron un incremento de hasta 2.4% de la población urbana.
• Tasa de urbanización	Asociado a la expansión del área metropolitana y el crecimiento poblacional, la densidad poblacional de San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zuñiga, El Salto, Zapopan y Tonalá se incrementó entre 7.6 y 13.4%, durante la última década.
• Cambio de uso de suelo	Aumento de uso de suelo urbano (134%) del 2007 al 2010 en el POFA. Disminución de bosque, áreas agrícolas y cuerpos de agua.
• Volumen total concesionado de agua por uso consuntivo	Para la zona del POFA en el año 2011, el volumen total de agua concesionado para uso consuntivo se distribuye de la siguiente forma: sector agropecuario 58.84 Mm^3/año (40%); abastecimiento público 54.07 Mm^3/año (37%), y sector industrial 33.15 Mm^3/año (23 %).
• Volumen total concesionado de agua subterránea	Para la zona del POFA en el año 2011, el volumen total de agua subterránea concesionado es para uso consuntivo y se distribuye de la siguiente forma: sector agropecuario 57.70 Mm^3/año (40%); abastecimiento público 52.32 Mm^3/año (37%), y sector industrial 33.16 Mm^3/año (23%).
• Volumen de agua concesionado para abastecimiento público *per cápita*	A nivel nacional, el uso de agua para abastecimiento público *per cápita* es de aproximadamente 103 m^3/habitante, mientras que en la zona del POFA es de 44.8 m^3/habitante.
• Generación de residuos *per cápita*	La generación diaria de RSU en los 10 municipios que integran el POFA es de 4 951.04 ton/día, lo que representa el 65.9% del total estatal. La tasa de generación per cápita en el estado es de 0.979 kg/día, mientras que en los municipios del POFA es de 1.003 kg/día.
Bienestar social	
• Número de vehículos en circulación	En los últimos 30 años el número de vehículos registrados se incrementó casi 7 veces. De 2008 a 2010 el número de vehículos en el POFA representa entre un 66.9 y 67.3 % del parque vehicular en Jalisco.
• Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más	En 2010 el promedio de este indicador en los municipios del POFA fue de 8.4 ligeramente inferior al de Jalisco (8.8) y al nacional (8.6). Municipios como Guadalajara y Zapopan para el mismo año alcanzan valores de 10 y 10.5.
Aspectos económico-productivos	
• Consumo aparente de fertilizantes y pesticidas	En los municipios del POFA el consumo aparente total de fertilizantes (nitrogenados y fosfatados) fue superior en 29.6 veces con respecto al consumo total de plaguicidas reportados para el 2010 y 2011. Aún con la disminución de zonas agrícolas, es así que para el 2011 hubo un aumento en consumo de fertilizantes y plaguicidas de 5.7% y 6% con respecto al 2010.
• Incendios forestales y superficie afectada	En el 2009 y 2010, los incendios en el POFA fueron relativamente pocos (82 en total). Sin embargo, la superficie afectada fue muy amplia (1,096 ha.) el tipo de vegetación con mayor afectación fue el pastizal con 723 hectáreas.

Tabla 9.7. Compendio de indicadores para el POFA (Continuación).

Indicadores de Estado	Diagnóstico
Ambiente	
• Disponibilidad natural media de agua *per cápita*	Actualmente, la información recabada muestra que la disponibilidad de agua per cápita en el POFA es de 0.25 miles de m^3/hab/año, se percibe la existencia de estrés hídrico en la zona, por lo cual es recomendable que este indicador continúe midiéndose en los años siguientes para tener un control sobre el uso sostenible del recurso hídrico.
• Grado de presión sobre los recursos hídricos renovables	El grado de presión es mayor al 100%, lo que refleja un severo estrés hídrico, e indicando que los acuíferos de la zona de estudio están sobreexplotados.
• Índice de calidad del agua	Menor a 40 puntos. Cae en el intervalo de calidad “pobre” en el periodo del 2009-2012.
• Porcentaje de degradación de suelos	61% de la superficie del POFA con degradación química (2002).
• Días arriba del límite de la norma de calidad del aire	El ozono y las PM_{10} son los contaminantes atmosféricos que más frecuentemente sobrepasan la norma en la ZMG.
• Superficie de vegetación natural remanente	La vegetación natural remanente en el POFA ha disminuido en todos sus tipos durante el periodo analizado (1976–2011); el porcentaje de cobertura del bosque y la selva son los que tienen mayor impacto ambiental, han decrecido en 1.3 puntos porcentuales para el bosque y en 2.6 para la selva.
Desigualdad social	
• Índice de desarrollo humano	Entre los años 2000 y 2010, Tala, El Salto, Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río, permanecieron en condiciones de desarrollo medio. El Ingreso económico es el principal factor que impide el desarrollo pleno de la mayoría de sus habitantes.
• Índice de pobreza	Más de 1 millón 288 mil habitantes de los diez municipios están en condiciones de pobreza (27.8% de 4,545,490 hab); de estos, 150 mil habitantes se encuentra en pobreza extrema (3.22%). Entre el 22 y 67% de la población en cada municipio se encuentra en alguna condición de pobreza.
• Índice de marginación urbana	En el 2000 el IMU dentro del POFA indicaba una polarización espacial, predominando un grado de marginación alto y muy alto en el sector oriental. En el 2010, la condición de marginación se homogenizó pero aún mantuvo un grado medio a muy alto en gran parte del territorio del POFA.
Salud pública	
• Tasa de morbilidad por infecciones intestinales en habitantes de 0 a 5 años	Disminución del 2002 al 2010. No obstante continúa muy alta en todo el POFA: 84.6 casos en menores de 5 años por cada 1,000 y aún más alta en los municipios colindantes al Río Santiago, 50-100/1,000. No existe el indicador estatal ni nacional. El existente es sobre tasa de mortalidad por esta causa.
• Tasa de morbilidad por infecciones respiratorias agudas en habitantes de 0 a 5 años	Disminución del 2002 al 2010. No obstante continúa extremadamente muy alta en todo el POFA: 514 casos en menores de 5 años por cada 1,000 y aún más alta en los municipios colindantes al Río Santiago, 600-900/1,000 recién nacidos. En 2012, el indicador de todo el estado fue de 14.4 y el nacional 13.2 y van en decremento.
• Tasa de mortalidad infantil	Disminución del 2002 al 2012. No obstante continúa muy alta en todo el POFA: 15 muertes en menores de 1 año por cada 1,000 recién nacidos vivos y aún más alta en los municipios colindantes al Río Santiago, 20-30/1,000 recién nacidos. En 2012, el indicador de todo el estado fue de 14.4 y el nacional 13.2 y van en decremento.

Tabla 9.7. Compendio de indicadores para el POFA (continuación).

Indicadores de Respuesta	Diagnóstico
Ambiente	
• Superficie reforestada en función del territorio municipal	El porcentaje de superficie reforestada con respecto al territorio municipal es menor de 0.3% en los municipios que tuvieron mayor reforestación en los últimos 5 años (Zapopan, Juanacatlán, Tala, Zapotlanejo).
• Áreas naturales protegidas	Del total de la superficie del POFA (74,577.24 ha) solo se encuentra como área protegida el 5.6% correspondiente a 4,170 ha.
• Planes de ordenamiento territorial	Solo 2 de los 10 municipios que integran el POFA cuentan con Plan de Ordenamiento Ecológico Local (POEL).
• Plantas de tratamiento de aguas residuales en operación	Existen 31 Plantas de tratamiento en los municipios que integran el POFA (2012).
• Volumen de residuos sólidos depositados en sitios de disposición final	Actualmente se producen 4,951.04 ton/día de RSU en el POFA, de las cuales el 60% son dispuestas en el relleno sanitario Los Laureles y el 14.13% en Coyula-Matatlán, que funciona como estación de transferencia, ambos en el municipio de Tonalá, operados por la empresa CAABSA.
Salud pública	
• Programa Entornos y Comunidades Saludables	Mejoraría la promoción de la salud con entornos favorables.
• Programa Caravanas de la Salud Jalisco	Alcanzar la cobertura de servicios de salud con criterios de calidad, anticipación, integralidad y resolutividad en la comunidad, para brindar atención médica de primer nivel.
• Programa Arranque Parejo en la Vida-Salud Materna y Perinatal	Garantizaría un embarazo saludable, un parto seguro y un puerperio sin complicaciones a todas las mujeres, e igualdad de oportunidades de crecimiento y desarrollo a todos los niños y niñas, desde antes de su nacimiento hasta los dos primeros años de vida.
• Programa Atención Médica Curativa	Consolidaría y extendería la prestación de servicios con calidad, calidez y seguridad.
• Programa Desarrollo Humano Oportunidades Componente Salud	Mejoraría los niveles de bienestar, a través del mejoramiento de opciones en educación, salud y alimentación.

10. Conclusiones del Diagnóstico Integral del POFA

10. Conclusiones del Diagnóstico Integral del POFA

El presente capítulo manifiesta de forma concreta la problemática en el aspecto social, económico, de salud y ambiental en la que se encuentra inmersa la población que integra el POFA, la cual es reflejada en los índices de marginación urbana, de desarrollo humano y de pobreza que repercuten directamente en el deterioro de la calidad de vida y del ambiente.

La baja calidad de vida de la población y la degradación ambiental del POFA derivan básicamente de una explosión demográfica y a la disponibilidad limitada de recursos y servicios, aunadas a la falta de gobernabilidad y sobre todo en la articulación de los tres niveles de estado en la gestión integral de recursos naturales y servicios públicos; entre ellos cambio de uso de suelo, generación y aplicación de planes de ordenamiento territorial; manejo integral del recurso hídrico y a programas de salud.

Los esfuerzos realizados por organismos oficiales, universidades, centros de investigación y por parte de la sociedad civil para resarcir la problemática ambiental deben continuar, en base a los diagnósticos realizados e implementando programas integrales con proyectos ejecutivos y tomando en cuenta las acciones recomendadas. Para la solución de la problemática ambiental del POFA es fundamental la acción pública y de la sociedad para el diseño e implementación de políticas gubernamentales, negociación y regulación de intereses sociales, económicos y políticos.

Finalmente, la problemática ambiental del POFA es resultado de la degradación que ha sufrido esta zona durante décadas; bajo este contexto la solución al problema no será inmediata; se requiere de planeación, diseño, implementación y seguimiento de programas de restauración de dimensiones y tiempo ligados a la magnitud de los problemas específicos a resolver. En esta solución, la sociedad civil y el gobierno deben reconocer la magnitud de la problemática existente y que restaurar el ambiente requerirá de esfuerzos proporcionales al estado que tiene el POFA actualmente.

A continuación se presentan las conclusiones particulares a partir del análisis de los componentes del sistema ambiental del POFA.

Recursos hídricos

El diagnóstico realizado el caso de los recursos hídricos, indica una crisis de la gestión y gobernabilidad del agua, es decir, el diseño del marco legal y el comportamiento institucional para la gestión del agua y en general de servicios de infraestructura básica, parecieran no tener el mismo sentido, lo cual provoca la reducción de las acciones y debilita el esquema que da sustento a los objetivos de programas de mejoramiento en materia de gestión del agua y de otros recursos.

Estos programas consisten en lograr el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con énfasis en el agua y salud pública, cuidando su preservación en cantidad y calidad, y así contribuir al desarrollo sustentable de la sociedad.

Es importante resaltar que la problemática de la zona, tal y como es entendida ahora, está más en el campo de la acción pública, el diseño e implementación de políticas y convenios gubernamentales como entes reguladores y de negociación de intereses sociales, económicos y políticos.

El indicador de grado de presión sobre los recursos hídricos para el POFA se calculó a partir de información publicada por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) y el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). Este indicador mostró ser mayor al 100%, esto refleja un severo estrés hídrico, lo cual confirma que los acuíferos de la zona del POFA están sobreexplotados, por lo que no habrá más agua en la zona de continuar la situación.

Es claro que la tasa de extracción de agua no es sostenible y que se deben de implementar planes emergentes de recarga de los acuíferos de la zona, ya sea de forma natural o artificial.

En cuanto al índice de calidad del agua, éste se calculó a partir de la información publicada por la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA), resultado del programa de monitoreo del Río Santiago. El índice arrojó valores que caen en la clasificación de calidad de agua pobre (la más baja) para todo el período 2009-2012.

El seguimiento de este indicador permitirá evaluar de manera global, los resultados en la implementación de los programas de saneamiento y control de aguas residuales (domésticas e industriales) del POFA además de la gestión del recurso hídrico. Para contar con mayor información respecto de la calidad del agua se recomienda que la CEA incluya la evaluación de otros contaminantes dentro de sus monitoreos.

En base a estudios previos, en los cuales se reportó la presencia de compuestos orgánicos en el agua tanto del Arroyo El Ahogado como el Río Santiago, se recomienda monitorear grupos de contaminantes tales como plaguicidas organoclorados, compuestos policíclicos aromáticos e hidrocarburos.

En materia de saneamiento, en el POFA se cuenta con 9 PTARMs con una capacidad de diseño y operación de 2450 l/s y de 2410 l/s respectivamente. La cobertura de tratamiento de aguas residuales en el POFA es de solo el 11.4%, muy por debajo de la media nacional del 42%. La planta de tratamiento de El Ahogado contribuirá significativamente el tratamiento de las aguas residuales municipales generadas en el POFA, beneficiando a más de 800 mil habitantes.

Las posibles causas raíz respecto al estado de disponibilidad del agua en que se encuentra el POFA, considerando diferentes factores ambientales y sociales se describen a continuación. El análisis de la información refleja que el uso de agua subterránea para usos consuntivos es del 100% con respecto al agua superficial que es utilizada principalmente para uso no consuntivo.

La mayor concesión de agua subterránea corresponde al sector agropecuario (usos agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros) 40% (58.84 Mm^3/año); seguido del abastecimiento público (usos público urbano y doméstico) 37% (54.07 Mm^3/año); y por el sector industrial (uso industrial, agroindustrial, servicios y comercio) 23% (33.15 Mm^3/año). Esto es consecuencia del proceso de crecimiento urbano, los asentamientos urbanos aumentaron 2.3 veces (134%) en los últimos 3 años, principalmente en los municipios de Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga y lo que está asociado al cambio de uso de suelo que presenta la zona del POFA.

Aunado a esto, una creciente demanda de agua para uso industrial no planeada, como es el caso de los municipios de Guadalajara, El Salto, San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga, ha contribuido al descenso de los niveles en los acuíferos. Es evidente que la sobreexplotación del agua subterránea está asociada a la elevada concesión del recurso, según el REPDA el volumen total de agua subterránea concesionada es mayor al disponible.

Es importante resaltar que el REPDA es un instrumento oficial y de apoyo dentro del marco de la modernización, planeación y programación de la administración del agua, y en general del uso eficiente y racional de los recursos naturales.

De esta forma, el objetivo del REPDA es realizar las inscripciones de los títulos de concesión y de asignación de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, y de los permisos, así como diversos actos a que se refiere la Ley de Aguas Nacionales.

Sin embargo, en el caso del POFA se sabe extraoficialmente la existencia de pozos clandestinos en todos los municipios que lo integran, esto provoca que los volúmenes reales de agua extraídos sean mayores en un 25% a los indicados en el REPDA.

Para lograr la optimización de la gestión del agua subterránea, es necesario realizar Programas de Registro de Aprovechamiento eficientes.

Esto permitirá una cuantificación precisa del agua extraída y en su caso proponer programas de recarga artificial en zonas que lo requieran; ya que la recarga natural de agua en la zona de estudio está amenazada por la exposición a un fuerte deterioro en sus condiciones naturales, debido al bloqueo del escurrimiento natural que hasta hace unas décadas no existía.

Debido a lo anterior, se realizó una nueva búsqueda de información acerca de registros de uso de agua en los municipios que pertenecen al POFA, principalmente en los municipios donde es evidente la demanda de agua potable provocada por el cambio de suelo a zonas habitacionales, como es el caso de Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque; en cuanto a la zona industrial, se solicitó información del municipio de El Salto.

Con respecto al estado de calidad del agua en que se encuentra el POFA, el análisis es el siguiente: el acelerado crecimiento urbano ha incrementado la demanda de infraestructura en materia de abastecimiento de agua potable, sobre todo en lo referente al saneamiento del mismo recurso. Esta situación se ha visto reflejada en la mala calidad del agua que nos muestran los indicadores. El parámetro que con mayor frecuencia sobrepasa los límites de calidad, es el de coliformes fecales, el cual está asociado a las descargas de aguas residuales municipales, pero sobre todo a la falta de infraestructura para su tratamiento.

La creciente actividad industrial en los municipios de Guadalajara, El Salto, San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga ha provocado la generación de una gran cantidad de efluentes residuales, entre ellos se destacan los metales pesados (Cromo, Plomo, Mercurio, Níquel, Cadmio) y Cianuro asociados a las industrias química, automotriz, petroquímica, metalúrgica y electrónica, según el informe del RETC (SEMARNAT, 2008-2010).

La CONAGUA a través de su red de monitoreo, establece una mala calidad del agua teniendo como criterio principal la medición de materia orgánica a través de la DBO_5, DQO y SST. Por otro lado, la red de monitoreo de calidad del agua de la CEA confirma la presencia de metales pesados asociados a la actividad industrial, además de la materia orgánica medida como DBO_5 y DQO.

Ante los resultados encontrados en los monitoreos realizados por CIATEJ, sería muy valioso complementar la base de datos que actualmente lleva la CEA, adicionando puntos de monitoreo en la presa Las Pintas, arroyo El Ahogado, y afluentes tales como el río La Laja. Esto debido a los aportes de contaminantes encontrados en estos cuerpos de agua.

Además se recomienda, incluir mediciones periódicas de contaminantes orgánicos específicos (plaguicidas organoclorados, hidrocarburos, estrógenos) y de patógenos relacionados a enfermedades (*Salmonella, Campylobacter, Escherichia coli).*

Finalmente, la presencia de contaminantes tóxicos y de materia orgánica en el agua evidencian la carencia de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales industriales y de otros efluentes asociados a actividades como la porcicultura y ganadería, así como la falta de una verificación continua y aplicación de la normatividad en la materia por parte de las instituciones competentes.

Ante este escenario, se hace necesario que los indicadores que se construyeron a partir de la información y estudios disponibles hasta este momento, debieran tener continuidad en su medición, lo cual permitirá una mejor evaluación y manejo de los recursos hídricos de la zona, y coadyuvará a la gestión del agua para el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

Condiciones naturales geología, geomorfología y suelos

Los procesos de erosión causados por el intemperismo del clima regional y la escorrentía superficial han modificado paulatinamente la morfología que circunda al POFA. Estos procesos de denudación han desintegrado y transportado parte del material de los sistemas volcánicos que lo circundan, depositándolos sobre las planicies de la Cuenca de El Ahogado, la escorrentía ha formado un sistema de drenaje que ha erosionado y profundizado los canales de sus principales corrientes.

Desde el punto de vista de los riesgos naturales, las precipitaciones extraordinarias en zonas de pendientes someras localizadas en las partes medias o bajas del sistema de subcuencas, pueden contribuir a la ocurrencia de inundaciones. La superficie central de la Cuenca de El Ahogado donde convergen canales en los que fluyen corrientes de alto orden jerárquico, además de un elevado número de corrientes tributarias de los principales arroyos, son factores que resaltan las zonas de peligro para la población.

Estas zonas se caracterizan por la presencia de asentamientos dentro y cerca de los márgenes de ríos y arroyos, o en áreas semiplanas susceptibles a inundaciones y anegamientos ante la probabilidad de lluvias extraordinarias ocurridas en la parte alta y media de la cuenca.

Desde el punto de vista de los riesgos naturales, las precipitaciones extraordinarias en zonas de pendientes someras localizadas en las partes medias o bajas del sistema de subcuencas, pueden contribuir a la ocurrencia de inundaciones.

Así mismo, existen superficies escarpadas con pendiente abruptas en laderas y cimas del sistema volcánico que circunda a la Cuenca de El Ahogado, lo que igualmente representan un factor de peligro para la población asentada en la base o sobre estas morfologías, la posible remoción de masas causada por inestabilidad del terreno o por la ocurrencia de un evento de tipo hídrico o sísmico que las detone, puede afectar a asentamientos en torno a los cerros El Colli, La Cuesta, El Tajo, La Culebra y La Campana.

Con la modificación del relieve se afectan otros elementos del medio natural, ya que existe una estrecha vinculación entre ellos. La obstrucción y desvio de las corrientes fluviales causada por el desarrollo urbano y la construcción de vías de comunicación afecta el flujo natural del escurrimiento hacia las partes bajas de las subcuencas, lo cual implica un déficit en la recarga de agua a cuerpos de agua superficiales como la presa de El Ahogado o Las Pintas.

La retención de sedimentos y sus nutrientes en sitios con pendiente baja donde se retiene temporalmente el agua, representa una fuente potencial de microorganismos peligrosos para la salud de los habitantes en las localidades cercanas, entre estos el mosquito del virus del dengue, que representan un problema de salud pública para el estado; así como la proliferación de bacterias como *E. Colli* y *Salmonella*, o coliformes, que provocan enfermedades intestinales, respiratorias o de la piel.

El crecimiento del área urbanizada dentro de la cuenca del POFA ha incrementado entre el 0.94 y 29.17% en los últimos 40 años, lo que impide que casi una tercera parte del POFA ya no capte la cantidad de agua que recargaba a los acuíferos de esta región, de seguir esta tendencia, la superficie de captura del agua disminuirá a un ritmo más acelerado haciendo imposible su recuperación. La presa de El Ahogado es el área con mayor impacto ante la modificación derivada del crecimiento urbano, este cuerpo de agua está expuesto a un fuerte deterioro en sus condiciones naturales, debido al bloqueo del escurrimiento natural que hasta hace unas décadas no existía.

Futuras obras de ingeniería deben considerar la configura cuasi-natural de sistema de subcuencas para evitar mayores impactos al sistema de drenaje y eventos naturales peligrosos que pongan en riesgo la vida de la población, su salud y al ambiente.

Con respecto al suelo, considerado como el recurso que constituye el medio de sostén de muchos organismos, manteniendo complejas interacciones dinámicas con la atmósfera, los acuíferos, la flora y fauna, además de la prestación de servicios ambientales, se puede decir que sus funciones y atributos no han sido valorados en una correcta dimensión y su uso no se da de manera sustentable. Éste sin duda es un recurso ambiental que debe ser atendido con urgencia desde dos aspectos fundamentales.

El primero es considerando la importancia económica por sus características y los usos que tiene (tipo de suelo), en este sentido, dentro del POFA predomina el tipo Phaeozem, caracterizado por ser un suelo fértil, propicio para la agricultura, y que representa el 57% de la superficie del POFA ubicándose principalmente en los municipios del El Salto, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga y Juanacatlán. El segundo aspecto es por la dinámica que mantiene con todo el ecosistema, la cual se ha venido afectando por cambios de uso al ser utilizado como un elemento fundamental para la expansión urbana.

El 48% de la superficie del suelo en el POFA es de uso agrícola de temporal, mientras que el 9.4% corresponde a áreas agrícolas de riego. Esta actividad es localizada en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, San Pedro Tlaquepaque, Juanacatlán, Tonalá, Zapotlanejo y Zapopan.

Los factores derivados de las actividades agrícolas que implican la adición de nutrientes y pesticidas, la explotación de bancos de materiales geológicos y su abandono sin restauración, el aumento de áreas sin cobertura vegetal, los incendios forestales, la escorrentía en las zonas de pendientes, así como las

descargas de agua residuales, todos impactan en la degradación y erosión del suelo, ya sea física, química o biológica. Esto repercute tanto en la calidad como en la productividad agrícola (rendimiento de cultivos), afectando además las actividades productivas, la calidad del agua y la biodiversidad.

Ante este escenario, Tlajomulco de Zúñiga es el municipio que mayor cantidad de plaguicidas (910 kg/ha anuales) y fertilizantes (31,391 kg/ha anuales) utiliza, representando el 57.03% del consumo total de los municipios del POFA, seguido de Zapopan (16.5%) y Zapotlanejo (14%) para ambos tipos de químicos.

La sobre-explotación de los terrenos y el uso excesivo de fertilizantes químicos y plaguicidas en la región ha incrementado el desgaste de los suelos, con tasas de erosión por arriba del límite permitido.

El cambio de uso del suelo en el POFA promovido por el proceso de crecimiento urbano es una presión para este recurso. Los asentamientos urbanos aumentaron 2.3 veces (134%) tan sólo en 3 años (2007-2010), ocasionando una reducción en las superficies de zonas agrícolas, de bosques de encino, selva caducifolia, pastizales, en cuerpos de agua y una total desaparición de mezquitales.

Las áreas de mayor crecimiento poblacional se presentan en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, El Salto, Zapopan y Tonalá. Estos cambios de uso de suelo dificultan la continuidad de una trama urbana regular, afectando la biodiversidad y el ambiente.

Este crecimiento urbano, además genera la carencia y deficiencia en la prestación de servicios básicos como la recolección adecuada de residuos sólidos urbanos (RSU) y aumenta la concentración de dichos residuos en arroyos y el suelo, principalmente en áreas periféricas, ocasionando contaminación y un riesgo de salud para la población.

Es importante resaltar en este diagnóstico la urgencia de elaborar planes de ordenamiento territorial (OT), para la totalidad de los municipios que integran el POFA y hacer compatibles políticas públicas de urbanización y bienestar social para promover un crecimiento urbano que asegure la conservación del recurso del suelo, ya que a la fecha sólo dos municipios (Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan) cuentan con sus planes de ordenamiento territorial.

La calidad del suelo también tiene afectación por diversas actividades que producen su degradación y contaminación. El nivel de degradación es un indicador de estado para este recurso que debe ser monitoreado periódicamente.

Desde el 2002 se tuvo el reporte de la degradación de suelos que indicaba un 61% de degradación química con nivel de moderado a fuerte principalmente por pérdida de la fertilidad (en zonas agrícolas) y por contaminación química en El Salto, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Se tenía 18% de degradación hídrica en nivel ligero y 11% en degradación física con nivel de erosión fuerte.

Desde entonces no se ha generado ningún otro reporte de degradación de suelo y sus causas, lo que indica la necesidad de realizar una evaluación del estado actual de este recurso y su monitoreo periódico.

De igual forma, los únicos reportes de contaminación en suelos existentes fueron publicados por la SEMARNAT del 2008-2010, los cuales indican emisiones de contaminantes en el POFA de metales pesados (Cromo, Plomo, Mercurio, Níquel, Cadmio) y Cianuros, todos ellos tóxicos, producidos por la industria química, automotriz, petroquímica, metalúrgica y electrónica, ubicada en los municipios de Guadalajara, El Salto, San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga. Además, existen reportes de contaminación en suelos por Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Sólidos Urbanos (RSU) principalmente por la presencia de ex vertederos y rellenos sanitarios que deben ser atendidos para proteger la calidad de este recurso en el POFA y la salud de la población.

Se concluye que es necesario desarrollar y dar seguimiento a los planes de ordenamiento territorial en la totalidad de los municipios que integran el POFA, como una de las prioridades la conservación y manejo sustentable del recurso suelo.

Además de establecer un monitoreo del estado del suelo, evaluando la contaminación, por su importancia para las actividades económicas que sustenta, como la agricultura, la recarga de los acuíferos y por su extensión de superficie para el mantenimiento de la flora y fauna endémica de la región.

Los residuos y su problemática

El estado de Jalisco, es el tercer productor de Residuos Sólidos Urbanos a nivel nacional con 2,971.10 miles de toneladas al año.

Los municipios que integran el POFA son los mayores generadores de RSU en el estado, debido a la concentración y desarrollo de actividades económicas, además de la concentración poblacional. Los municipios que hasta el año 2009, generaban la mayor cantidad de RSU eran Guadalajara con 756,300 ton/año, Zapopan con 755,200 ton/año, Puerto Vallarta con 182,500 ton/año, Tlaquepaque con 178,100 ton/año y Tonalá con 137,200 ton/año. En estos cinco municipios se concentraba el 58% de la población del estado, produciendo el 64% de los RSU del estado (GJ. 2009).

Los municipios de Guadalajara, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque y Zapopan, concentran la mayor cantidad de establecimientos dedicados a la actividad industrial en el estado, esta rama productiva junto con la de prestación de servicios, son las que mayor cantidad de residuos generan.

Aunado a ello, los grandes volúmenes de residuos sólidos urbanos (RSU) generados por la población, prácticamente han originado deficiencias en los sistemas de recolección, transporte y disposición final, por lo que algunos ayuntamientos, han optado por concesionarlo a empresas particulares, lo que representa una fuerte erogación de su presupuesto.

Pese a ello, la cobertura real de recolección resulta insuficiente debido al acelerado crecimiento urbano y poblacional de la región, por lo que es común que los asentamientos periféricos carezcan de este servicio.

Como resultado de esta deficiencia, los residuos generados por la población son arrojados a terrenos baldíos, cauces de arroyos y barrancas o quemados, generando condiciones insalubres, proliferación de fauna nociva y desarrollo de potenciales fuentes de vectores con riesgo a la salud pública.

Se carece por parte de la mayoría de la población de una cultura ambiental y de consumo responsable por lo que la Norma Ambiental Estatal NAE/SEMADES/007/2008 no ha podido ser adoptada debido a la iniciativa de implementarla de manera súbita, como consecuencia se deberán replantear las estrategias y mecanismos para su aplicación, considerando los beneficios ambientales que dicha norma genera.

La gran cantidad de materiales susceptibles de reciclado contenidos en los RSU, representan una fuente potencial de ingresos para un sector de la población, su comercialización y reciclado de igual forma es una fuente de generación de empleos que debe ser considerada como una alternativa ambiental y económica.

En cuanto a la disposición final de los RSU, mientras que no se establezca un modelo de gestión que asegure un correcto manejo, funcionamiento y se siga considerando la construcción de rellenos sanitarios y vertederos como el único método de disposición final. Los problemas derivados de este proceso (generación de gases y lixiviados) seguirán siendo cada vez más graves afectando el suelo, los recursos hídricos y los elementos bióticos.

El modelo de gestión basado en la intermunicipalizacion a través de Organismos Públicos Descentralizados (OPD), es adecuado, pero resulta difícil su implementación para el POFA.

Deberá reconsiderarse el planteamiento de incorporar los actuales Rellenos Sanitarios de Los Laureles y Coyula (Matatlán) como potenciales fuentes generadoras de electricidad a partir del biogás generado en estos sitios, reduciendo la emisión de metano a la atmósfera que es un gas de efecto invernadero.

En cuanto a los residuos de manejo especial (RME), el padrón 2011 con que cuenta la SEMADES refiere la existencia de 317 empresas con 333 centros dedicados a su recolección, 102 de ellas se ubican en el municipio de Guadalajara, 64 en Zapopan, 50 en San Pedro Tlaquepaque, 16 en El Salto, 15 en Tonalá y 5 en Tlajomulco de Zúñiga, mientras que el resto se distribuye en otros 18 municipios del interior del estado, bajo la operación de algunas empresas foráneas.

Sin embargo, a la fecha no se cuenta con datos exactos sobre el tratamiento o disposición de los mismos, ya que los datos reportados por estas empresas difícilmente son comprobables.

Ante este escenario, se carece de un Plan de Manejo específico que funcione como un mecanismo de control para este tipo de residuos, pese a la puesta en marcha del Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012, el cual es considerado como el instrumento rector al definir políticas y estrategias, además de líneas de acción para la elaboración de planes de manejo para los diversos tipos de residuos.

Con respecto a la gestión de los residuos peligrosos (RP) al ser competencia de la SEMARNAT, dificulta el seguimiento de su gestión por parte de los ayuntamientos al interior del POFA, al ser el mayor generador de este tipo de residuos en el estado.

Calidad del aire y comportamiento de los contaminantes

La distribución de las estaciones de monitoreo que integran la Red Automática de la calidad del Aire (RAMAG) muestra que dentro del POFA sólo existe una de ellas, ubicada en Las Pintas (Municipio de El Salto), la cual fue puesta en marcha en 2010, lo que limita un análisis más detallado de la distribución de contaminantes sobre todo hacia zonas con alta densidad de población dentro del POFA, como es el área correspondiente a Tlajomulco de Zúñiga, o en el corredor Industrial de El Salto.

Ante esta situación, resulta necesario incrementar el número de estaciones y que se incluya como parámetro la medición de partículas suspendidas con tamaño menor a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) porque sólo hay registros en CEN (Centro) y MIR (Miravalle), ya que son estas partículas las que mayor asociación tienen con efectos a la salud en zonas urbanas. Además su emisión se debe mayoritariamente a la quema de combustibles, que es una de las principales fuentes de contaminantes en el POFA por la alta tasa de crecimiento vehicular.

El análisis de las tendencias de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos mostró que el ozono y las PM_{10} son los que más frecuentemente sobrepasan los valores normados como criterio de protección a la salud.

En el período evaluado (2000-2011) los niveles IMECA máximos registrados en la mayoría de los años correspondió a ambos contaminantes, el ozono manifestó este comportamiento en casi todo el período, por el contario, el SO_2 no sobrepasó la norma diaria y el NO_2 no representa un problema desde 2007, sin embargo, no hay una tendencia clara en los últimos cuatro años.

Mientras que el CO, aunque cumple la norma en la mayoría de las estaciones, muestra una ligera tendencia a incrementar desde 2008, particularmente en las estaciones de OBL (Oblatos) y CEN (Centro).

Hay condiciones del entorno físico que contribuyen con episodios de niveles de contaminación altos, tal es el caso de la temperatura y su variación en el año, la intensa radicación solar, la velocidad y dirección de los vientos, incluso factores como la orografía de la zona.

Los municipios que integran el POFA (excluyendo Zapotlanejo) contribuyen con el 91% de las emisiones totales del conjunto de contaminantes atmosféricos (PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, CO, NO_X, NH_3 y COVs), considerados en el Inventario de Emisiones 2005 (IE 2005), y equivalentes a 3.1 millones de toneladas anuales.

Resalta que el CO contribuye con 2.65 millones de toneladas al total. Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque aportan casi el 73% del conjunto de contaminantes atmosféricos emitidos en el POFA.

Las fuentes móviles en el POFA (IE 2005) contribuyen con el 93.9% de las emisiones del conjunto de contaminantes atmosféricos, cifra muy por arriba de las cantidades emitidas por las fuentes fijas, fuentes de área y fuentes naturales. En el caso de las fuentes fijas, las estimaciones de NH_3 muestran inconsistencia en sus datos por tipo de industria, lo que implica una diferencia de 10 mil toneladas anuales, aproximadamente. Una coincidencia se observó en el IE 1995 ya que el sector transporte aportó el 74% de los 1.38 millones de toneladas del conjunto de emisiones, donde el CO contribuyó con el 65% del total de las emisiones a la atmósfera. En ambos inventarios el CO fue el principal contaminante emitido.

Aunque se cuenta con la información de las actividades específicas o eventos que generan la emisión de contaminantes según los distintos tipos de fuentes, el IE 2005 no es capaz de precisar en qué medida cada una de estas actividades o eventos contribuyen a las emisiones atmosféricas en cada uno de los municipios del POFA.

El IE 2008 también sugiere que las fuentes móviles continúan siendo la principal causas de las emisiones contaminantes a la atmósfera del área de estudio, aunque sus resultados son preliminares (no oficial).

Las proyecciones de las emisiones de contaminantes estimadas para el año 2020 mencionadas en el IE 2005 (no se incluye NH_3 y sin desagregar los datos a nivel municipal), muestran inconsistencias al plantear un escenario con una reducción de cuatro veces en las cantidades emitidas del conjunto de contaminantes (en particular las emisiones de CO generadas por las fuentes móviles).

Este resultado no concuerda con condiciones sociales proyectadas como el aumento de la población, el incremento del número de vehículos para este año, y el alza en el consumo de combustibles, sin olvidar que dichas estimaciones no consideran el efecto de medidas de mitigación para reducir las emisiones.

Estas proyecciones por tanto deben tomarse con cautela, o bien replantear los criterios considerados en su cálculo. Similares resultados entre las emisiones reportadas por los IE 2005 e IE 2008 “sugieren” que aún falta mucho por hacer si las proyecciones del 2020 son la meta.

Si bien es cierto que un análisis comparativo entre los resultados de las emisiones contaminantes a la atmósfera de los IE 1995 e IE 2005 puede ser sujeto de múltiples cuestionamientos, sustentadas en diferentes condiciones y criterios tomados durante la realización de cada uno, no debe olvidarse que es la única información oficial y disponible sobre el tema (las cifras del IE 2008 aún no son oficiales).

Tomando en cuenta sólo los municipios y todas las fuentes y/o sectores que se mencionan en ambos inventarios (Guadalajara, Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan), las emisiones de SO_2, NO_X y CO en 2005 resultaron 2.08, 2.21 y 2.64 veces más elevadas. Estas cifras sugieren un incremento significativo en las cantidades emitidas a la atmósfera, en especial para el CO.

Los resultados descritos en el punto anterior sugieren que algunas de las acciones y medidas para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera de las distintas fuentes después de 1995 no tuvieron un resultado tan positivo, debido a las tendencias observadas en 2005 para algunos de los contaminantes criterio.

Un caso concreto sobre estas medidas señaladas en el Pro Aire 1997-2001 es la instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolinas (entre otras), medida que hasta la fecha no ha sido adoptada. Por el contrario el número de estaciones se ha duplicado desde aquellas fechas pasando a más de trescientas en la actualidad.

El parque vehicular o fuentes móviles son la principal causa de las emisiones a la atmósfera en el área del POFA y ZMG. El crecimiento del parque vehicular dentro del POFA ha sido de casi siete veces en los últimos treinta años, siendo Guadalajara y Zapopan los que concentran tres de cada cuatro vehículos registrados en la zona (además de que el comportamiento del parque vehicular del POFA rige el crecimiento del parque vehicular en el estado).

En estos municipios al menos la mitad de estos vehículos cuentan con 17 años de circulación, situación que probablemente favorezca una ineficiente combustión de las gasolinas y por ende una emisión mayor de contaminantes.

Esta última condición se conjuga con los porcentajes bajos de unidades que cumplen con el programa de verificación vehicular controlada en el estado.

Acciones y estrategias para reducir el número de vehículos en circulación, retirar de la misma aquellas unidades que no cumplan con los programas de verificación controlada o que sean unidades muy viejas y de combustión ineficiente, serán algunas de las medidas a considerar para reducir el impacto de esta fuente en el área del POFA.

La difusión de información que permita a los consumidores elegir una unidad vehicular con un mejor desempeño ambiental (menores emisiones de NO_2 y CO) tendrá un impacto gradual, pero positivo, en el cambio de las características del parque vehicular.

Una alternativa son los vehículos híbridos (eléctricos y a gasolina) que poseen un mejor desempeño ambiental, pese a ser un producto de precios elevados e inaccesibles para el grueso de la población.

Una medida que posiblemente acelere la transición hacia un parque vehicular con un mejor desempeño ambiental serían algunos incentivos económicos o fiscales por la adquisición de este tipo de unidades.

Los municipios que integran el POFA concentran una buena parte de las industrias (fuentes fijas) y unidades prestadoras de servicios (fuentes de área) en el estado. Las cifras más recientes de su número sugieren que su impacto en la emisión de contaminantes a la atmósfera podría ser más alto.

Fuentes de consulta de datos de emisiones al aire como el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para 2010 (período más reciente) concentran sólo una pequeña parte del registro de empresas que reportan sus emisiones a través de la Cédula de Operación Anual (COA).

El RETC debería contener a todas las industrias de la zona, además de que los reportes de emisiones al ambiente deberían ser obligatorios y no voluntarios.

La actualización en breve e inclusión de un mayor número de establecimientos en el RECT permitirá contar con una base más sólida de información para ser tomada en cuenta en los futuros inventarios de emisiones.

El mayor número de bancos de materiales y áreas sin cobertura vegetal como fuentes potenciales de partículas se da principalmente al poniente, sur y oriente del POFA. Su número se vuelve importante por estar ubicadas en la misma cuenca atmosférica.

Esta misma importancia la adquieren el gran número de ladrilleras reportadas en algunos municipios del POFA (556 tomando en cuenta sólo aquellos municipios que poseen registro oficial) por la emisión elevada de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero, durante el proceso de combustión de distintas materias para el quemado. Entre los principales contaminantes estimados por este diagnóstico para estas fuentes están el CO y los hidrocarburos con 1502 y 1362 toneladas anuales, respectivamente.

Dichos contaminantes tóxicos no sólo implican un impacto negativo en la salud humana por la exposición de los trabajadores, sino también de la población en las comunidades cercanas, ya que las emisiones de las ladrilleras afectan negativamente la calidad del aire local o de zonas urbanas aledañas.

No debe olvidarse que actualmente en el estado se carece de la implementación de políticas públicas que regulen el tipo de combustibles usados y sus cantidades, así como el uso de suelos contaminados para la generación de ladrillos y el establecimiento de límites de emisión por esta actividad. Aunque no todos los municipios cuentan con inventarios oficiales, y debido a las características de esta actividad, la ubicación de las ladrilleras es muy dinámica y sus cifras muy variables.

La actualización frecuente de un inventario estatal de bancos de materiales, evitará su apertura en donde no sea necesario y atenuará que la apertura de nuevos bancos agote los recursos existentes, evitando más impactos negativos al ambiente. Se debe asegurar en lo posible utilizar bancos existentes, y al llegar a la etapa de abandono restituir en lo posible las condiciones originales del sitio, en lo relativo al suelo, flora y fauna asociada.

En cuanto a la calidad bacteriológica del aire, la mayoría de los sitios muestreados mostraron resultados que los clasifican como nivel medio y alto por el número de UFC (Unidades Formadoras de Colonias), lo que implica una constante exposición de la población asentada en las proximidades de cuerpos de agua a un número mayor de bacterias presentes en el aire.

Estos resultados se tornan relevantes, considerando la diversidad microbiológica encontrada, detectándose especies como *Escherichia coli* (50%), *Staphylococcus aureus* (10%) y *Salmonella* (6%), consideradas bacterias patógenas. La presencia de estos microorganismos en el aire que respira la población representa un riesgo a la salud, teniendo manifestaciones agudas o crónicas según del estado de salud del huésped, de las condiciones ambientales predominantes y del tiempo de exposición, entre otros factores. Estos hallazgos muestran la probabilidad de una alta incidencia de enfermedades gastrointestinales y respiratorias en la población ubicada en el área de estudio pueda tener relación con este parámetro.

Los reportes de medición de ácido sulfhídrico en el POFA hasta ahora únicamente corresponden a monitoreos realizados en las poblaciones de El Salto y Juanacatlán y cerca de la planta de tratamiento de “El Ahogado” de la Comisión Estatal del Agua (CEA).

Estos mostraron que los niveles promedios encontrados, hasta la fecha, están por debajo del límite de exposición máximo (10 ppm) recomendado por el NIOSH para ambientes laborales. Sin embargo, los registros máximos diarios son más altos que los límites máximos permitidos internacionales (0.027 ppm) para concentraciones ambientales.

Es importante destacar que los promedios y máximos diarios reportados disminuyeron significativamente después de la entrada en funcionamiento de la planta de tratamiento de la CEA.

Mayor seguimiento deberá ser realizado a las concentraciones de este contaminante por medio de estudios de monitoreo más frecuentes debido a la molestia que causa su olor y al potencial riesgo a la salud que representa cuando se encuentra en concentraciones muy altas.

La dinámica poblacional y sus impactos en el sistema de los componentes del POFA

El crecimiento poblacional del Estado de Jalisco a partir de la década de los años 50 comenzó a experimentar un crecimiento significativo que ha sido fuertemente influenciado por la expansión del Zona Metropolitana de Guadalajara. Entre 1970 y 2010 la población del ZMG pasó de representar ~45 al 59% de la población estatal.

La expansión de la ZMG comenzó con el crecimiento de las cabeceras municipales de Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque, y a través del tiempo se fueron cubriendo los espacios entre éstas hasta llegar a tener un continuo urbano. Este crecimiento ocurrió en diferentes etapas. Para 1970, Guadalajara y Zapopan ya presentaban una tendencia negativa en su Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA). En la década de los años 80, Tlaquepaque y Tonalá presentaron su mayor TCMA, Tonalá alcanzó una impresionante tasa de 12.45%; fenómeno que se repitió para el municipio de El Salto, el cual registró una TCMA de 8.11% durante la década de los años 90; entre el año 2000 y 2010, y el municipio de Tlajomulco de Zúñiga presentó una TCMA de 12.92 %.

Estas cifras demuestran que Tlajomulco de Zúñiga en la década pasada presentó el porcentaje de crecimiento más alto en los últimos 40 años. Es probable que el comportamiento del crecimiento de la población de este municipio tenga la misma evolución que el resto de los municipios del POFA. Pero a diferencia de los otros (excepto Zapopan), la extensión territorial de Tlajomulco de Zúñiga (250.01 km^2) es mayor que la del resto de los municipios y tiene condiciones topográficas que favorecen el crecimiento la población.

El desarrollo urbano de la ZMG se ha dado de forma continua, a pesar de algunos esfuerzos por regular la aptitud y uso del suelo. Ante esta premisa, existe la probabilidad de que el período de máximo apogeo de la TCMA de Tlajomulco de Zúñiga se prolongue por más tiempo; mientras que Tonalá y El Salto tienen espacio disponible para que la población y la urbanización puedan seguir creciendo. Esto implica un factor de presión sobre el espacio y los recursos naturales en el territorio del POFA, pese a carecer de atractivo al contar con grandes áreas industriales y escasas vías de comunicación.

La fuerte presión sobre el espacio y los recursos naturales dentro del POFA debido al crecimiento natural de la población y la migración como factores de impacto que se refleja en el crecimiento poblacional y en consecuencia la expansión de ZMG se analiza a partir de los años 2000 y 2010, donde la población dentro del POFA se duplicó (de 603,421 a 1’206,560 habitantes), teniendo un mayor crecimiento natural en Zapopan y Guadalajara, en este último, hubo una disminución en la población total, debido a un proceso de emigración.

Tlajomulco de Zúñiga en ese mismo período experimentó un significativo incremento de su población como resultado del elevado número de habitantes provenientes de otras entidades y el extranjero, así como de los municipios colindantes, y probablemente muchos de ellos de Guadalajara.

Como ya se mencionó el área de la ZMG pasó de tener ~11,720 ha construidas en 1970, a 59,700 ha en 2010; por otra parte, la ZMG dentro del POFA en 1970 tenía ~704 ha y para 2010 alcanzó ~21,700 ha. La proporción del área urbana del POFA representa el 30% del total de la ZMG, cuyo crecimiento se vino dando a razón de ~525 ha/año.

La mayoría de los municipios del POFA con excepción de Tala, Juanacatlán, Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río presentaron una tasa de urbanización mayor al 90%, lo cual demuestra la alta concentración de la

población dentro de dicha zona urbana. Esta tasa se ha mantenido constante y no hay mucha variación entre los años 2000 y 2010.

La distribución de la población urbana referida en el párrafo anterior, para el año 2000 se concentraba en el sector suroeste y poniente del municipio de Guadalajara, así como en algunas colonias de Zapopan, Tonalá y Tlaquepaque.

Para el año 2010, la densidad de población se mantenía distribuida de manera semejante al 2000, pero el municipio de El Salto ya presentaba un incremento de la población urbana. Mientras que Tlajomulco de Zúñiga, tuvo una densificación de su territorio debido a la oferta de vivienda promovida durante esta década.

Un ejemplo del extraordinario crecimiento y aumento de la densidad de la población en este municipio, lo representa la población de las localidades de Hacienda de Santa Fe y Concepción del Valle, donde en sólo 10 años su población creció tan rápido que casi se llega a tener un continuo urbano compuesto por ~87,000 habitantes.

Desigualdad social

Índice de Desarrollo Humano

Este índice señala que para el año 2000, la población de los municipios en el POFA, en general tuvieron un nivel de desarrollo medio y alto. Guadalajara, Zapopan y San Pedro Tlaquepaque presentaron los valores más altos de desarrollo humano.

Para el año 2005, la estimación de este índice se estimó con relación a tres factores: el ingreso, los servicios públicos y el género.

Los resultados de este indicador muestran que a pesar de los cambios metodológicos, los municipios de Tala, El Salto, Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río, permanecieron en las mismas condiciones de desarrollo medio. Los factores donde la población de estos municipios tuvo un desarrollo menor, fueron en el ingreso y la condición de género.

Debido a que el índice de desarrollo humano se estima a nivel municipal, impide llegar a un mejor análisis espacial y desagregación, aunque es una limitante, expone contrastes en el grado de desarrollo de la población entre municipios dominantemente urbanizados como Guadalajara, Zapopan y San Pedro Tlaquepaque, respecto al resto de los municipios donde prevalecen costumbres, actividades económicas o morfologías habitacionales de estilo urbano-rural a pesar de estar clasificadas o dentro de un área catalogada como urbana; así como predominantemente rurales.

Índice de Pobreza

El índice de pobreza es otro modelo que se estima a nivel municipal, presenta una metodología compuesta por una serie de criterios que permiten clasificar a la población en función del acceso a un ingreso y servicios básicos que favorezcan el pleno desarrollo de las capacidades personales. Los criterios de la línea de bienestar y el umbral de privación redimensionan la magnitud del problema de desigualdad, exponen una imagen más cercana a la realidad de la población en los municipios del POFA.

El índice de pobreza señala que entre los municipios del POFA, Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga tienen el mayor número de habitantes en condiciones de pobreza. Tlajomulco de Zúñiga, es uno de los municipios con mayor población en condiciones de pobreza (~147 mil habitantes), este número de habitantes es mayor que la población total del municipio de El Salto, Zapotlanejo, Ixtlahuacán del Río, Tala o Juanacatlán.

El análisis del índice de pobreza en términos relativos al total municipal, muestra que casi todos los municipios tienen más del 30% de su población en situación de pobreza, excepto Guadalajara y Zapopan que tienen una proporción ligeramente mayor al 20%. La población con pobreza respecto al total de la población de los 10 municipios, representa el 27.8% (~1.288 millones de habitantes).

El análisis del índice de pobreza también muestra, que todos los municipios tienen más de 65% de su población en condiciones de pobreza o vulnerable a padecerla, representa a la población que no tiene los recursos suficientes para cubrir todas sus necesidades o derechos sociales.

El principal factor que incide en estos altos porcentajes se relaciona con la insuficiente capacidad por parte de las instituciones públicas para dar cobertura de servicios de salud, educación, seguridad social,

fuentes de empleo seguras o servicios básicos de la vivienda. Las causas de esta situación, por una parte se deben a la rápida expansión de la mancha urbana y el crecimiento poblacional; y por otra, a la carencia de programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano.

Índice de Marginación Urbana

El índice de marginación urbana en la ZMG denota una polarización espacial que se mantuvo constante entre 2000 y 2010. La población con suficientes recursos para alcanzar el desarrollo personal y familiar se concentra en el poniente, y en el oriente la población con altos grados de marginación, acentuándose principalmente en zonas periféricas de la ZMG donde predomina la población con menores ingresos.

Los cambios más significativos en el índice de marginación entre los años 2000 y 2010 se observan en los municipios de Tonalá, Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Zapopan y Juanacatlán donde ha sido evidente la expansión del área urbana hacia el área del POFA, promovida por la apertura de nuevas áreas residenciales, factor que ha impactado en la estructura de la población y ha estimulado el surgimiento de nuevos desarrollos.

Otro de los factores que inciden en el incremento del grado de marginación, es el hacinamiento. El hacinamiento está muy relacionado al crecimiento de la población y a la expansión de la mancha urbana, el incremento de este factor tiene implicaciones que pueden conducir a conflictos de carácter social, tales como vandalismo; problemas asociados a la incapacidad para ofrecer y asegurar los servicios básicos de seguridad, salud y educación; o problemas ambientales por la presión que el crecimiento de la población ejerce sobre los recursos disponibles y a la propia insuficiencia de recursos naturales tales como el agua, áreas verdes o aire limpio en su territorial.

Aparentemente, una vivienda con 5 o 6 habitantes no representa un alto grado de hacinamiento si consideramos el modelo habitacional que se ha venido desarrollando hasta hace 30 años. Sin embargo en la actualidad, los desarrollo inmobiliarios tienen en promedio espacios muy reducidas al punto de llegar a construir viviendas de hasta 45 m^2 (4.5 x 10 m), en muchos fraccionamientos que están dentro del POFA. Las características de este tipo de vivienda para una familia de cuatro miembros implican por sí misma una condición de hacinamiento al interior de la vivienda y al entorno local.

A consecuencia de la expansión de la mancha urbana dentro del POFA, se observa una redistribución de la población y con ello la atenuación en el grado de marginación en la mayoría de las AGEB´s que en el año 2000 tenían un grado alto o muy alto.

Es probable que en algunos casos el reordenamiento de los límites de las AGEB´s durante 2010, o los movimientos migratorios intermunicipales e incluso entre AGEB´s, hayan contribuido a modificaciones en el índice de marginación, puesto que el número de habitantes es una de las principales variables de este indicador.

En los últimos 20 años, el desarrollo urbano dentro del área del POFA se ha caracterizado por la construcción de fraccionamientos o cotos que ofrecen vivienda a diferentes costos. Esto ha conducido a concentraciones de la población agrupada por estrato socioeconómico dentro de áreas bien acotadas. Estas aglomeraciones de la población con niveles de bienestar en común implican una condición de segregación socioespacial, y en consecuencia a un fenómeno de desigualdad.

Para evitar la reproducción de las condiciones de pobreza y marginación en los nuevos desarrollos habitacionales, es fundamental que los ayuntamientos municipales se hagan responsables de otorgar permisos para fraccionar y construir desarrollos inmobiliarios de una forma sistematizada y con criterios apoyados sobre programas de ordenamientos del territorio. Para que esto sea posible se requiere el compromiso de los municipios para la elaboración de planes de ordenamiento y desarrollo urbano que considere la aptitud del terreno en función de la disponibilidad de recursos naturales y materiales.

El grado de marginación dentro del POFA debería ser menor suprimiendo el modelo estandarizado adoptado por los desarrolladores inmobiliarios, condición que deberá surgir de los ayuntamientos implementando restricciones orientadas a controlar la modificación de las viviendas en función del tamaño del fraccionamiento, y exigir el establecimiento de servicios básicos de infraestructura necesarios para generar mejores condiciones de vida para los habitantes de los nuevos desarrollos.

El impacto de las actividades productivas tiene mayor incidencia en los sectores de la población que se encuentran en condiciones de pobreza y marginación, ya que hay asentamientos habitacionales, muchos de ellos irregulares, que se han desarrollado cerca de la zona industrial como sucede en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Juanacatlán y El Salto, incrementándose la exposición de este sector de la población a contaminantes emitidos a la atmosfera, al agua y al suelo, lo cual representa riesgo potencial para la salud de los habitantes.

Además de las empresas legítimamente establecidas en el área del POFA, se encuentran otras actividades que no han sido reguladas y tienen un grave impacto en la salud de la población de su entorno. Entre estas se puede mencionar a un gran número de ladrilleras localizadas a lo largo del cauce del arroyo de Las Pintas.

Esta zona así como la que rodea a la presa de El Ahogado, el Salto de Juanacatlán, el tiradero de Matatlán, requieren de especial atención por parte de las autoridades en materia de salud, desarrollo social, educación y ambiental para implementar programas integrales (sociedad/ambiente) que reviertan los efectos adversos de marginación y pobreza.

Situación actual de los sectores económicos dentro del POFA

La situación actual de las actividades económicas realizadas dentro del POFA considerando los tres principales sectores en las que éstas son catalogadas, surgiere la necesidad de analizar y reflexionar sobre el costo-beneficio socio ambiental del uso del territorio dentro del POFA.

Desde el punto de vista agrícola, el bajo rendimiento de algunos cultivos, principalmente los de ciclo temporal han desalentado a los agricultores a seguir con esta importante actividad económica, situación que aunada a la continua expansión urbana que se ha consolidado como el principal factor de presión en el valle de Toluquilla. Estos constituyen los dos principales aspectos que han debilitado este sector productivo en los municipios de San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga.

La actividad industrial dentro del POFA representa uno de los sectores productivos más dinámicos, crecientes y diversificados, gracias a que la región central del estado es poseedora de la infraestructura básica suficiente para su desempeño y una de las regiones mejor comunicadas del país, lo que la han convertido en una de las más industrializadas.

La Zona Metropolitana de Guadalajara, en lo particular, ha sido reconocida históricamente como el centro económico más importante del occidente del país, pues concentra 56% de las unidades económicas de la región occidental y genera el 65% del empleo.

Desde esta perspectiva, la rama de actividad industrial que genera el mayor número de empleos e ingresos, es el sector manufacturero, consolidándose como el de mayor impacto económico.

De acuerdo con la información reportada en el 2012, existen 253,069 personas trabajando en 16,159 empresas dedicadas a la actividad en este sector, concentrándose en los municipios de San Pedro Tlaquepaque, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga.

El Sector Servicios por su parte, que incluye las actividades comerciales y prestación de servicios, ha venido creciendo como una actividad opcional para un sector de la población que por cuestiones de edad se les dificulta conseguir un empleo remunerado, la mayor concentración de estos establecimientos se concentran dentro del área del POFA en los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga y El Salto. Las unidades de este ramo, en su mayoría se dedican al comercio al por mayor de alimentos (restaurantes), y a los servicios de apoyo a los negocios (transporte, talleres de mantenimiento, etc.).

El comercio representa el 15% de la producción bruta total de los municipios del POFA, mientras que los servicios representan el 19%. El empleo que proporcionan los servicios representan casi un 40%, mientras que el comercio se encuentra en un nivel más bajo con un 29.9%.

Situación de salud en el POFA

Las conclusiones de este apartado se fundamentan en el diagnóstico de los aspectos anteriormente descritos, ya que la sumatoria de dichos efectos se manifiesta directa e indirectamente sobre la población y su condición de salud.

En la última década disminuyo el hacinamiento y se mejoró la cobertura de servicios básicos, en general más del 95% de las viviendas dentro del POFA cuentan con piso diferente de tierra, agua entubada y drenaje por lo que podríamos suponer una mejoría en la calidad de vida para los habitantes del POFA por estas razones.

No obstante falta incrementar los esfuerzos de los gobiernos de El Salto, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, Tlaquepaque, Tonalá y Zapotlanejo para mejorar la cobertura de estos servicios, ya que aún están por debajo de esta cifra.

También se observó un marcado incremento en la infraestructura de escuelas de educación básica y media superior en los últimos diez años, permitiendo mayor oportunidad a la población de recibir instrucción escolar, la cual fue similar entre los diez municipios. Sin embargo, destaca que un gran porcentaje (>30%) de los habitantes del POFA en posibilidades de asistir a la escuela no lo hace, lo cual refleja un problema social del cual sería necesario determinar las causas.

Esto impacta notablemente en las tasas de analfabetismo y grado de escolaridad, donde es mayor el ausentismo al analfabetismo y menor el grado de escolaridad de los habitantes, como es el caso de Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río, donde irónicamente se tiene la mayor cobertura de escuelas por cada diez mil habitantes de los diez municipios del POFA, lo cual destaca que no sólo es importante contar con infraestructura, sino que además se debe incentivar su aprovechamiento.

En el caso de los servicios de atención a la salud, donde a pesar de la alta cobertura en infraestructura por habitante (unidades médicas, centros de salud, hospitales, etc.) anotada para Ixtlahuacán del Río y Juanacatlán (hasta 20 veces mayor que el resto de los municipios) todavía no se ha superado el déficit de cobertura de los servicios de salud (IMSS, ISSSTE, seguro popular, etc.) de hasta 20% de la población en estos mismos municipios, así como en el resto.

Además, la relación de médicos por pobladores destaca que junto con estos dos municipios, también Juanacatlán, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto y Tlaquepaque, presentan índices de cobertura de profesionales médicos por cada mil habitantes que son inferiores al del resto de Jalisco e incluso inferiores al nacional que es de 1.5. Lo que hace necesario que se incluyan mejoras en las políticas de salud en este sentido.

La demografía del POFA y su dinámica muestran que a pesar de que las cifras brutas indican un crecimiento poblacional sostenido para la mayoría de los municipios del POFA, el análisis sustentado en las cifras finas, nos indica que el crecimiento de la población en todos los municipios del POFA se está contrayendo, principalmente en Guadalajara e Ixtlahuacán del Río.

Esto se debe a que en general, suceden menos nacimientos y más defunciones en el polígono, en parte por el control de natalidad y por otra debido al incremento en la edad de la población, lo que la vuelve más vulnerable por causas naturales (vejez).

En este contexto, una quinta parte de la población del POFA es más vulnerable que el restante 80% debido a la edad (de 0 a 5 años y de 65 años y más).

No obstante el reto mayor de salud está en la población vulnerable infante, debido a que su afectación impacta negativamente a largo plazo en las tasas de crecimiento demográfico, económico y particularmente denotan el estado de salud general actual de toda la población en el contexto social y ambiental.

La mortalidad infantil disminuyó notablemente en Jalisco a la par de toda la República Mexicana en cerca del 50% de los 90's al año 2000, alcanzando tasas por debajo de 15 decesos en menores de un año por cada mil recién nacidos.

Mientras que en el área del POFA, estas cifras denotan un rezago en la última década, especialmente en los municipios de El Salto, Guadalajara, Juanacatlán y Zapotlanejo, alcanzando tasas superiores a los 18 decesos en menores de un año por cada mil recién nacidos, teniendo como principales causas a las afecciones perinatales como una de las más frecuentes, seguidas de las anomalías congénitas.

A pesar de que el fallecimiento es la peor consecuencia de una afectación en la salud, el estado de enfermedad también tiene un impacto notable en este concepto.

Las infecciones respiratorias agudas y bronconeumonías y las intestinales, incluyendo amibiasis, son indicadores potentes y útiles en este sentido.

Los niños, de 0 a 5 años, habitantes del POFA tuvieron menos afectaciones por estas causas a finales de la última década que a principios, como se muestra en la dinámica de casos (confirmados) totales y en las tasas de casos por cada mil niños de ese intervalo de edad.

Sin embargo, las cifras de infecciones respiratorias agudas superan los 200 casos en los de menor frecuencia y hasta los mil casos por cada mil niños menores de 5 años, lo que indica un gran impacto en la población infantil con probable recurrencia, especialmente en los municipios de El Salto, Juanacatlán, Zapopan, Zapotlanejo, y destacadamente en Ixtlahuacán del Río y Guadalajara.

Para el caso de las infecciones intestinales, que en los municipios de El Salto, Tlaquepaque, Zapopan, Tala, Ixtlahuacán del Río y Guadalajara superan los 50 casos, mientras que en Juanacatlán, Tonalá y Zapotlanejo se mantuvieron cercanos a los 40 casos por mil habitantes de 0 a 5 años.

Indica un claro impacto debido al deterioro ambiental principalmente del aire y agua, evidenciado por la alta frecuencia de bacterias patógenas suspendidas en el aire, principalmente *E. coli* seguido de *S. aureus* y *Salmonella* spp. y aunado a los índices de muy pobre calidad del agua del Río Santiago, además de la contaminación atmosférica ubicando al ozono y a las PM_{10} como el principal problema. Esto se agrava por la presencia de ex vertederos y rellenos sanitarios que deben ser atendidos para proteger la calidad del ambiente en el POFA.

La contaminación evidenciada de los suelos incrementa el riesgo de deterioro a la salud de la población. La incidencia de cáncer, asociada en parte a contaminantes ambientales del suelo como Cromo, Plomo, Mercurio, Níquel, Cadmio y Cianuros, mostró un incremento en la región del POFA en la última década, especialmente en Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Tala y Zapotlanejo, coincidentemente con los sitios de mayor depositación de estos contaminantes.

Finalmente, habrá que mantener la atención a la población en riesgo que habitan dentro y cerca de los márgenes de ríos y arroyos, con presencia de un elevado número de corrientes tributarias o en áreas semiplanas susceptibles a inundaciones y anegamientos ante la probabilidad de lluvias extraordinarias ocurridas en la parte alta y media de la cuenca, constituida por una planicie de depositación donde convergen canales por los que fluyen corrientes de alto orden jerárquico.

Esto mismo se deberá observar en enfermedades que se transmiten por vectores (mosquitos) que aprovechan anegamientos de agua limpia en lugares abiertos, como el Dengue, cuyo número de casos incrementó en casi 100% debido al aporte del área del POFA en este asunto a todos los casos del estado de Jalisco entre 2010 y 2012.

Derivado del presente estudio y de los diferentes análisis de la información histórica obtenida de fuentes gubernamentales locales y federales, se concluye que la población habitante del POFA, está en un riesgo potencial por el deterioro ambiental evidenciado en la región y que manifiesta afectaciones de salud en una alta proporción de la población infantil vulnerable. Por lo que es prioritario realizar acciones inmediatas para mitigar estos efectos corrigiendo y remediando el deterioro ambiental hasta hoy mostrado en el POFA.

El estado de los recursos bióticos

De acuerdo al análisis de la información obtenida para la generación del Diagnóstico Integral del POFA se puede concluir que en todos los municipios que lo integran los problemas ambientales con afectaciones hacia la biodiversidad son generados como consecuencia de la urbanización incontrolada y los asentamientos irregulares, relegando con ello la planificación a un segundo término, lo que dificulta la coordinación regional que pudiera asegurar planes de conservación y preservación de la biodiversidad.

Por otra parte, se puede reafirmar que una de las áreas con mayor biodiversidad en el POFA son las barrancas del Río Santiago, por lo que se considera de suma importancia su protección, debiéndose establecer una declaratoria como área natural protegida; ya sea a nivel Estatal, mediante el apoyo del Gobierno hacia los municipios de Tonalá y Guadalajara, para que logren contar con los documentos necesarios (programa de manejo) y cumplir con los trámites requeridos para que el Congreso del estado establezca su declaratoria.

O bien a nivel federal, mediante una propuesta por parte del Gobierno de Jalisco ante la SEMARNAT, para obtener la declaratoria como área natural protegida que integre la totalidad de las barrancas de los Ríos

Santiago y Verde. En estas se deberá incorporar el enfoque de conservación diseñado a escala territorial y no tanto al límite político administrativo municipal ó estatal, para que mantenga la conectividad entre los corredores biológicos.

En municipios como Tonalá y Zapotlanejo que comparten las vertientes del cauce del Rio Santiago, en los últimos años se han autorizado desarrollos habitacionales en las proximidades de la Barranca, y en consecuencia se han fragmentado de manera importante los hábitas afectando las comunidades faunísticas principalmente.

De igual manera, el incremento en el flujo vehicular por las vías que la cruzan como el camino San Gaspar- Matatlán o el antiguo camino a Arcediano han sido elementos de afectación por atropellamiento de especies afectando las poblaciones.

A lo largo de estas vías es común la presencia de tiraderos de escombro y basura en pequeñas barrancas y cauces modificando el patrón hídrico y afectando nichos ecológicos, actividades que se desarrollan de manera furtiva y en ocasiones con el consentimiento de propietarios de los predios, sin que los ayuntamientos apliquen medidas efectivas para evitarlo, ya que solo se limitan al patrullaje y de no sorprender a quienes la realizan, difícilmente se puede controlar dicha situación.

Otra área de importancia para la biodiversidad y por los servicios ambientales que presta, es el Bosque La Primavera, la cual a pesar de contar con un decreto como área natural protegida está siendo presionada por el crecimiento urbano que se desarrolla en sus alrededores, con todas las consecuencias de la problemática ambiental que esto conlleva.

Los municipios de Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga que tienen jurisdicción en la sección del bosque dentro del POFA, han fracasado en el control de asentamientos en terrenos ejidales en los límites del bosque, pero además históricamente han permitido la inserción de desarrollos habitacionales en sus proximidades, reduciendo progresivamente el área natural con daños a la vegetación y la fauna.

Además, la zona aledaña al bosque se caracteriza por la presencia de depósitos de material geológico demandados por la industria de la construcción, y se han autorizado extracciones en el área correspondiente a Tlajomulco de Zúñiga llegando al límite del polígono decretado como área natural protegida. Esto induce la tala de arbolado forestal sin control y afecta indirectamente a la fauna, lo que ha aumentado de manera importante su degradación ambiental.

Por tales motivos, se deben de definir zonas de amortiguamiento con usos determinados que sean compatibles con el área natural, estableciéndose en los programas de desarrollo urbano municipal.

Como parte de las estrategias de protección y conservación de la biodiversidad en el POFA se deben de desarrollar Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL) en la totalidad de los municipios que integran el POFA, los cuales deben ser el instrumento rector en materia de uso de suelo, debiendo ser sometidos a actualización y revisión de manera constante y bajo las políticas establecida para ello (protección, conservación, manejo, etc.).

Tambien deberán ser consultados y utilizados para otorgar autorizaciones de desarrollo de infraestructura y la realización de actividades económicas. Además, deben garantizar que la conservación de la biodiversidad sea un componente importante en ellos.

Identificación de Áreas Prioritarias

En base a un análisis integral de los resultados obtenidos en el diagnóstico, dentro del POFA se identificaron áreas críticas en las que los problemas centrales están referidos a la contaminación y afectación de los componentes ambientales, en la cuales deber tenerse atención prioritaria, considerando los impactos, definiéndose 8 áreas prioritarias:

- Bosque La Primavera: Se refiere a una franja que necesariamente tiene que ser protegida y que comprende el área de influencia en todo el perímetro del Área Natural Protegida; ya que el crecimiento urbano en la zona que comparten los municipios de Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga se ha visto invadida en los últimos años, tanto por asentamientos irregulares como por extracción de materiales geológicos.

Esto sin ninguna medida de control, lo que está ocasionando problemas ambientales al interior del área protegida, afectando los servicios ambientales que esta importante área presta a la Zona Metropolitana de Guadalajara, como lo es la regulación del clima, la recarga de acuíferos, aporte de oxígeno a la atmósfera y hábitat de reproducción y refugio de especies de flora y fauna, en particular las endémicas, corriéndose el riesgo de perderse a corto plazo.

• Cerro Latillas y Cerro La Punta: Estas son 2 áreas de prominencias orográficas que aun conservan relictos de vegetación natural, sobre las cuales se está ejerciendo una fuerte presión por el crecimiento urbano, generando zonas de riesgo para los asentamientos y afectación al suelo. Esto esta propiciando el desplazamiento de especies faunísticas, por lo que se debe considerar el establecimiento de programas para su conservación, con lo que además de beneficiar los componentes ambientales (biodiversidad aire, agua, suelo y salud de la población), se regulara el crecimiento urbano.

• Presa Las Pintas-Canal El Ahogado-Presa El Ahogado: Este sistema hidráulico compuesto por estos cuerpos de agua en los últimos años ha funcionando como el sistema de drenaje desde su salida de la presa Las Pintas, cruzando una veintena de colonias que descargan sus aguas residuales hacia este cauce.

Durante los diferentes recorridos de campo se constato que en diversos puntos a lo largo del canal de El Ahogado existen descargas de aguas residuales sanitarias, además de que en ambos márgenes del mismo se desarrolla de manera intensiva la elaboración de ladrillo, actividad que generan emisiones a la atmósfera. Además existen tiraderos de basura a cielo abierto que generan contaminación al suelo, malos olores y proliferación de fauna nociva, que representan focos de contaminación que afectan la salud de la población local; y el agua en algunas secciones de las presas y sus alrededores es empleada para la agricultura y ganadería, a pesar de los riesgos sanitarios que ello representa.

• Cascada de El Salto: esta área representa el principal foco rojo del POFA, históricamente representó un recurso natural muy importante para la población local y para el turismo.

Por décadas, fue considerada como un símbolo de los municipios de El Salto y Juanacatlán, en sus márgenes predominaron diversas actividades y fue una importante zona de recreación por los habitantes de la Zona Conurbada de Guadalajara. Ahora es un foco de contaminación no sólo para la población local, sino de quienes la visitan y aquella que vive en las proximidades, ya que el agua de la cascada está contaminada, transfiriéndose dicha contaminación al aire por los aerosoles que de esta se desprenden, así como la emisión de olores desagradables.

Con la puesta en operación de la PTAR El Ahogado, la remoción de contaminantes ha sido notoria, sin embargo, los aportes de efluentes industriales se siguen manifestando, reduciendo el esfuerzo realizado por la CEA.

• Las Juntas (Exvertederos de residuos sólidos); Estas zonas representan zonas de riesgo y son focos de contaminación para los habitantes del lugar, además de contaminación al subsuelo y los mantos freáticos, aunque se han realizado algunas acciones de remediación, estas no han sido suficientes, prevaleciendo la problemática ambiental.

• Los Laureles (Relleno Sanitario): A pesar de ser considerado como un relleno sanitario, la proximidad con la cabecera municipal de El Salto y con el cauce del Río Santiago, lo convierte en un elemento de contaminación. El hecho de encontrarse en una sección por arriba del cauce del Río Santiago, influye para que exista vertido de lixiviados de forma superficial y subterránea, por infiltración, además de contaminar el aire con bacterias que pueden provocar afectaciones a la salud de la población.

• Las Barrancas del Río Santiago: representan un recurso natural que no ha sido valorado en su correcta dimensión, ya que dentro de ellas aun se encuentra gran diversidad de flora y fauna, que está siendo amenazada debido al crecimiento urbano que en sus márgenes se ha estado desarrollando, con sus consecuentes impactos al ambiente, al igual que el depósito clandestino de escombro y basura a cielo abierto, además de que el agua del Río Santiago se encuentra contaminada, ya que sobre ésta descargan las aguas residuales sanitarias de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Todas estas áreas se consideran como prioritarias y sobre las que se tiene que actuar. Sin embargo, no son las únicas, existen otras de menor escala que también manifiestan problemáticas semejantes como son los bancos de material geológico abandonados sin restauración y en explotación, principalmente en el límite de la cabecera municipal de Tonalá o en el área de San Martin de las Flores en San Pedro Tlaquepaque.

Hacia estas áreas se deberán enfocar las acciones y programas del Plan de Acción para la Restauración del POFA que se desarrollará como segunda Etapa del proyecto y deberán de ir encaminados hacia esta meta, buscando las mejores estrategias para cada programa dirigido a la problemática ambiental identificada en cada área.

Todo con la finalidad de que en corto, mediano o largo plazo, se tengan resultados concretos. Estos programas deberán realizarse y estar alineados con los operativos que la mayoría de las dependencias gubernamentales contemplan anualmente en las diferentes áreas, para que de forma conjunta se tengan resultaros integrales en la restauración del POFA.

11. Perspectivas

11. Perspectivas

En este documento se han descrito los principales elementos del ecosistema del POFA y los problemas ambientales generados como consecuencia de la dinámica poblacional, social y económica. Todos estos factores reflejan un evidente deterioro de los recursos naturales y la afectación a las condiciones de salud y bienestar de la población. La situación actual tanto ambiental como social del POFA es derivada de un conjunto de eventos detonadores que no han considerado el manejo adecuado de los recursos durante las últimas décadas. La sumatoria de estos factores muestra una situación difícil que de continuar con esta tendencia, se vislumbra una situación crítica; por lo cual es imprescindible establecer perspectivas que controlen y reviertan esta situación.

La gestión de la compleja problemática ambiental del POFA, requiere de la creación y aplicación de una política ambiental que proporcione resultados evidentes, basada en un proceso participativo tanto a nivel institucional como social a la que se sumen otros actores como el sector académico, el privado y los centros de investigación.

A través de este proceso integrador, se propone crear un sentido de responsabilidad compartida en lo que respecta a la generación de dicha política y aplicación conjunta de planes y programas, respaldadas con acuerdos institucionales y una legislación adecuada.

Reconociendo que esta problemática es compleja y que su solución no es inmediata, el papel de las instituciones gubernamentales es fundamental. En este sentido, la Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET), creada recientemente, se constituye como la institución de gobierno estatal responsable de proponer y coordinar las acciones y medidas necesarias de protección al ambiente con el fin de proteger, conservar, preservar y restaurar el equilibrio ecológico y mantener la estabilidad ambiental de los ecosistemas, servicios ambientales y capital natural del Estado, en acuerdo con el gobierno federal, las dependencias del Poder Ejecutivo Estatal y los gobiernos municipales, de conformidad con la distribución de competencias existente.

Por lo tanto, un aspecto importante a tomar en cuenta por la SEMADET es la necesidad de supervisar, revisar y enmendar la política ambiental para que se mantenga vigente y cumpla con las expectativas cambiantes de la sociedad y satisfacer las nuevas demandas que ésta requiere, para ello es indispensable que exista un proceso permanente de diálogo entre los diferentes actores a fin de asegurar la eficacia a largo plazo de la aplicación de la política. Este mecanismo permitirá afinar y adaptar continuamente la política ambiental y sus procedimientos de ejecución a las demandas sociales. Esto permitirá facilitar la coordinación de las autoridades y de la sociedad para dar seguimiento a las iniciativas nuevas y en proceso, relacionadas con la problemática ambiental, promoviendo una mejor integración de todos los sectores; así las políticas seguirán siendo pertinentes y oportunas.

En síntesis, la problemática ambiental identificada dentro del POFA y descrita en los diferentes capítulos que integran este documento, da evidencia de la contaminación de los recursos hídricos, la contaminación atmosférica, la generación de residuos, asociada al desarrollo polarizado de actividades económicas, al crecimiento poblacional y su expansión desordenada por los continuos cambios de uso del suelo. Desde el punto de vista de degradación ambiental, dentro del POFA se reconocen tres zonas críticas: 1) El Río Santiago y su entorno cercano, 2) El corredor Las Pintas-El Ahogado, y 3) El Salto de Juanacatlán.

Para resolver la problemática ambiental del POFA es imprescindible considerar en primera instancia, la capacidad y aptitud de su territorio para usar adecuadamente y sin excesos los servicios y recursos que ofrece su entorno. Por esta razón se vuelve importante regular y en su caso imponer medidas concluyentes que limiten espacialmente el crecimiento poblacional y urbano, así como el asentamiento de actividades industriales y comerciales a zonas bien delimitadas, que no alcancen a transgredir los

recursos disponibles ni las superficies con un potencial ambiental o ecológico.

Los instrumentos para la gestión ambiental deben considerar y garantizar que los recursos naturales y usos del suelo en el área del POFA entre ellos, el forestal (Bosque de La Primavera), agrícola (Valle de Toluquilla), recreación y esparcimiento (Selva de la Barranca del Río Santiago) estén protegidos y monitorear su propia sostenibilidad.

La remediación de ecosistemas dañados requiere de un proceso a largo plazo, durante el cual es necesario implementar medidas reajustables conforme al avance en la solución de los problemas. Dentro del plan de acciones que deriva y complementa a este diagnóstico, se proponen una serie de programas y acciones orientadas al restablecimiento gradual de las condiciones naturales en el POFA. Estas medidas representan una primera aproximación a la solución de la problemática actual. Seguramente habrá avances significativos con la suma de esfuerzos de las diferentes dependencias, siempre que sus objetivos estén bien orientados y se tenga conocimiento de la verdadera dimensión de los daños ecológicos en el POFA, donde la incursión antrópica representa el principal factor de amenaza a las condiciones de equilibrio de cualquier lugar y proceso físico-ambiental.

Derivado del Diagnóstico se ha generado un plan de acción que involucra tres ejes temáticos: 1) Ordenamiento urbano, 2) Medio ambiente y 3) Actividades económicas y sociales. Cada eje temático con su respectivo objetivo general aborda las problemáticas identificadas en los aspectos de agua, suelo, residuos, atmósfera, recursos bióticos, salud pública, sector público y privado, así como desarrollo social, definiendo objetivos específicos y las líneas estratégicas para cada aspecto. Se proponen políticas, programas, estrategias y acciones para atender las diferentes problemáticas identificadas con metas a corto, mediano y largo plazo.

En estas perspectivas se establecen los objetivos y líneas estratégicas sugeridos como prioritarios para atender las necesidades y problemáticas identificadas en el Polígono de Fragilidad Ambiental, las cuales se mencionan a continuación.

EJE TEMÁTICO ORDENAMIENTO URBANO			
OBJETIVOS		LÍNEAS ESTRATÉGICAS	POLÍTICAS, PROYECTOS Y/O ACCIONES
GENERALES	ESPECÍFICOS		
Optimizar el ordenamiento territorial y el aprovechamiento del suelo del POFA	**Agua:** Preservar y recuperar las áreas de protección de los cauces y cuerpos de agua amenazadas por la presión del crecimiento urbano, dando certeza jurídica a la conservación y protección de los recursos naturales.	Regular y establecer zonas de protección a cauces y cuerpos de agua e implementar programas de recuperación de estas zonas invadidas.	• Rectificación, recuperación y canalización de cauces y cuerpos de agua en zonas urbanas. • Limpieza y saneamiento de cauces y cuerpos de agua. • Implementar normas de control del crecimiento urbano en zonas inundables.
	Suelo: Establecer una adecuada planeación urbana basada en la sustentabilidad vinculando el ordenamiento del espacio natural con el urbano y ordenando las distintas actividades urbanas en el POFA.	Implementar planes y/o programas de ordenamiento territorial que vinculen los dos ordenamientos: el urbano y el ambiental.	• Implementar normas de control de crecimiento urbano en áreas de riesgo. • Actualización de los planes de desarrollo urbano municipales, considerando los riesgos de industrias y compatibilidades de giros. • Elaboración de programas municipales de desarrollo urbano y ordenamiento territorial.
	Residuos: Abatir los rezagos de infraestructura para el manejo, tratamiento y control del destino final de los residuos sólidos producidos por el crecimiento urbano y el crecimiento de las actividades económicas, estableciéndolos desde los instrumentos de ordenamiento urbano.	Dotar de la infraestructura necesaria para la disposición, tratamiento y manejo de residuos sólidos.	• Proyecto de rescate de tiraderos de basura. • Proyecto de manejo de residuos sólidos domésticos. • Proyectos de rellenos sanitarios metropolitanos. • Proyecto de manejo de residuos industriales no peligrosos. • Proyecto de manejo de residuos industriales peligrosos.
	Atmósfera: Abatir la emisión de contaminantes originados por fuentes móviles, principalmente originadas por el crecimiento urbano y las fuentes fijas que corresponden a emisiones industriales y las producidas por las ladrilleras, generadas todas ellas por un deficiente ordenamiento del territorio.	Modernizar los corredores viales privilegiando el transporte público y la movilidad no motorizada. Implementar programas y mecanismos de control de emisiones de contaminantes originados por fuentes fijas (industrias y ladrilleras principalmente)	• Proyecto de sistema de transporte público primario (tren suburbano). • Proyecto de sistema de transporte público alimentador. • Proyecto de ordenamiento vial en zonas urbanas consolidadas. • Proyecto de obras para agilizar el flujo vehicular. • Proyecto de vialidades secundarias. • Proyecto de reubicación y reconversión de ladrilleras. • Proyecto de normatividad que regule el establecimiento de nuevas industrias y/o actividades especialmente las que aumenten los niveles de contaminación atmosférica.
	Recursos Bióticos: Ordenar y controlar el crecimiento urbano para preservar la biodiversidad en el POFA.	Regular y establecer zonas de protección ambiental y restauración ecológica y evitar la invasión de éstas por nuevos desarrollos urbanos.	• Programa de saneamiento de sitios de extracción de materiales. • Proyecto de decreto de áreas naturales protegidas con alto valor ecológico. • Proyecto de zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas.
	Salud Pública: Abatir los problemas de salud de la población desde los planes o programas de ordenamiento urbano.	Implementar equipamiento institucional de servicios de salud y servicios básicos a la vivienda (agua potable y drenaje).	• Programa de dotación de agua potable en zonas de crecimiento urbano.
	Sector Público y Privado: Fortalecer el ordenamiento urbano de los diferentes usos relacionados con la creación de empleos principalmente en los sectores comercial, servicios, industriales, agropecuarios, recreación y turismo.	Impulsar el desarrollo de subcentros y corredores urbanos con equipamiento, comercios, servicios de turismo y de recreación e industrias además de reforzar e impulsar las actividades agropecuarias actuales.	• Proyectos de centros de desarrollo comunitario comunitarios (sub-centros urbanos) – ludoteca, guardería, escuelas y academias, biblioteca, casa hogar y casas de cultura.
	Desarrollo Social: Abatir el rezago de los espacios verdes abiertos, recreativos, de deporte y de centros de formación integral, así como la infraestructura básica y del equipamiento de educación y salud.	Implementar zonas de espacios verdes abiertos, recreativos y de deporte aprovechando la vocación del POFA, además de implementar centros de asistencia social, salud, educación y formación integral.	• Proyectos de dotación de espacios verdes abiertos y recreativos en asentamientos urbanos. • Proyectos de dotación de parques lineales paralelos a cauces y cuerpos de agua que pasan por áreas urbanas consolidadas.

EJE TEMÁTICO MEDIO AMBIENTE			
OBJETIVOS		LÍNEAS ESTRATÉGICAS	POLÍTICAS, PROYECTOS Y/O ACCIONES
GENERALES	ESPECÍFICOS		
Asegurar la sustentabilidad ambiental del POFA	**Agua:** Reducir los índices de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas generadas por las descargas de las zonas urbanas y agropecuarias.	Implementar la infraestructura necesaria para la conducción y el tratamiento de las aguas urbanas, domésticas, industriales y agropecuarias y modernizar la existente.	• Ampliación de la red de colectores de aguas residuales. • Red de colectores para conducción y descarga de aguas residuales industriales a tanque de homogeneización y planta de tratamiento de El Ahogado. • Sistema de distribución de aguas grises para su uso en la industria. • Obras de infiltración de agua potable en el sistema hidrológico de la Cuenca de El Ahogado.
	Suelo: Abatir la degradación de los suelos producida por las actividades agropecuarias.	Implementar programas de apoyo a las actividades agropecuarias que eviten la contaminación y degradación del suelo.	• Programa de apoyo a productores para el desarrollo de prácticas agrícolas y pecuarias, libres de fertilizantes, plaguicidas y pesticidas. • Programa de modernización de granjas y unidades de producción pecuaria para la autogeneración de electricidad con residuos y desechos animales. • Programa de capacitación a productores para la aplicación controlada y localizada de fertilizantes, plaguicidas y pesticidas.
	Residuos: Reducir los impactos negativos al ambiente por la producción de residuos sólidos urbanos generados por las actividades domésticas, comerciales, de servicios e industriales.	Dotar de la infraestructura necesaria para la disposición, tratamiento y manejo de residuos sólidos.	• Implementar un sistema de manejo de residuos sólidos domésticos. • Construcción de rellenos sanitarios metropolitanos. • Implementar sistema de manejo de residuos industriales no peligrosos. • Implementar sistema de manejo de residuos industriales peligrosos. • Ampliación de los servicios de recolección de basura doméstica en la zona. • Implementación de red de contenedores para la recolección de residuos a lo largo de cauces y arroyos.
	Atmósfera: Disminuir las emisiones a la atmósfera que provocan una fuerte disminución de la calidad del aire causando problemas de salud a los habitantes del POFA.	Modernizar los corredores viales privilegiando el transporte público y la movilidad no motorizada. Implementar programas y mecanismos de control de emisiones de contaminantes originados por fuentes fijas (industrias y ladrilleras principalmente).	• Implementación de sistema de transporte público primario (tren suburbano). • Implementación de sistema de transporte público alimentador. • Implementación de ordenamiento vial en zonas urbanas consolidadas. • Construcción de obras para agilizar el flujo vehicular. • Construcción de vialidades secundarias. • Pavimentación de vialidades primarias generadoras de partículas suspendidas. • Cortinas rompe-vientos en todas las parcelas y predios agrícolas. • Construcción de parques para la reubicación y reconversión de ladrilleras.
	Recursos Bióticos: Conservar, mejorar y acrecentar las condiciones de biodiversidad dentro del POFA.	Establecer áreas prioritarias de conservación de biodiversidad dentro del POFA, incluyendo bosques, promontorios, depresiones naturales, así como cauces y cuerpos de agua.	• Implementar programa de saneamiento de sitios de extracción de materiales. • Aprobar decreto de áreas naturales protegidas con alto valor ecológico. • Establecimiento de zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas.
	Salud Pública: Mejorar las condiciones ambientales que generan riesgos de salud a la población, tales como dengue, mortalidad infantil, infecciones respiratorias e intestinales.	Implementar instrumentos y programas de restauración ambiental que mitiguen los riesgos a la salud de la población y se implementen centros de salud.	• Ampliación de la red de drenajes en colonias marginadas. • Conexión de viviendas a la red de drenajes municipales.
	Sectores Público y Privado: Mejorar las condiciones del ambiente ordenando las actividades económicas para incrementar la calidad de vida de la población.	Impulsar el desarrollo de subcentros y corredores urbanos con equipamiento, comercios, servicios de turismo y de recreación e industrias además de reforzar e impulsar las actividades agropecuarias actuales.	• Construcción de centros de desarrollo comunitario comunitarios (sub-centros urbanos) – ludoteca, guardería, escuelas y academias, biblioteca, casa hogar y casas de cultura.
	Desarrollo Social: Fortalecer la participación social en la planeación y control del desarrollo urbano y de la conservación del ambiente.	Impulsar la participación social en materia del ordenamiento urbano y la conservación del ambiente.	• Implementar programas de educación y participación social en materia del ordenamiento urbano y la conservación del ambiente. • Construcción de espacios verdes abiertos y recreativos en asentamientos urbanos. • Construcción de parques lineales paralelos a cauces y cuerpos de agua que pasan por áreas urbanas consolidadas

EJE TEMÁTICO ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y SOCIALES			
OBJETIVOS		LÍNEAS ESTRATÉGICAS	POLÍTICAS, PROYECTOS Y/O ACCIONES
GENERALES	ESPECÍFICOS		
Impulsar la economía, fomentar la creación de empleos y fortalecer la participación ciudadana	**Agua:** Fortalecer la vocación del POFA, conservando y acrecentando sus recursos hidrológicos promoviendo actividades agropecuarias, turísticas, de esparcimiento y de deporte para contribuir al fortalecimiento de la economía de la Zona Metropolitana de Guadalajara.	Garantizar el suministro y uso eficiente de agua potable para la población y las actividades económicas en el POFA.	• Ampliar la capacidad de dotación de agua potable para uso doméstico e industrial. • Implementar programa de capacitación para el uso eficiente del agua.
	Suelo: Fortalecer la preservación del suelo de acuerdo con su potencialidad como un elemento clave en la conservación y manejo sustentable del suelo que sirvan como detonador de las actividades económicas, principalmente la agrícola, que sirvan para mejorar la calidad de vida de los habitantes.	Impulsar el desarrollo de subcentros y corredores urbanos con equipamiento, comercios, servicios de turismo y de recreación e industrias además de reforzar e impulsar las actividades agropecuarias actuales.	• Programa de desarrollo de productores agropecuarios – reconversión de unidades monocultivo a unidades productivas intensivas.
	Residuos: Fortalecer la educación de la población en materia ambiental en el manejo de residuos sólidos y prever medidas alternativas de obtención de recursos.	Implementar programas de educación ambiental para la población así como un sistema de manejo integral y disposición final de residuos sólidos como potenciales fuentes de generación de energía.	• Rescate de tiraderos de basura para convertirlos en plantas de generación de biogás, electricidad y parques urbanos.
	Atmósfera: Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos provocados principalmente por actividades industriales y tránsito de vehículos.	Implementar mejora de la reglamentación de emisiones de contaminantes atmosféricos provocados principalmente por actividades industriales y tránsito de vehículos.	• Publicación de normatividad que regule el establecimiento de nuevas industrias y/o actividades especialmente las que aumenten los niveles de contaminación atmosférica. • Reubicación de ladrilleras a parque industrial especializado donde se utilicen procesos de manufactura que eviten el uso de combustibles que impactan la calidad del aire.
	Recursos Bióticos: Fortalecer el manejo de recursos bióticos como un factor detonador de actividades económicas relacionadas con actividades agropecuarias, turísticas, de esparcimiento y de deporte. Mejorar la cultura ambiental en materia de protección a los cauces y cuerpos de agua, y de prevención de incendios.	Impulsar el desarrollo de subcentros y corredores urbanos con equipamiento, comercios, servicios de turismo y de recreación e industrias además de reforzar e impulsar las actividades agropecuarias actuales. Implementar programas de educación ambiental a la población para respetar las áreas de protección a los cauces y cuerpos de agua, así como evitar incendios forestales y quemas agrícolas.	• Programa de capacitación en escuelas para la prevención de incendios y quemas agrícolas. • Aplicar sanciones y políticas restrictivas para prevenir incendios en zonas forestales y selváticas.
	Salud Pública: Mejorar la cultura ambiental para la población con el fin de generar condiciones favorables para abatir las enfermedades.	Implementar programas de cultura ambiental para la población con el fin de generar condiciones favorables para abatir las enfermedades e incrementar la población derechohabiente a servicios de salud.	• Construcción de unidades de servicio médico, clínicas y hospitales. • Programa de educación infantil en el cuidado de la salud, alimentación y deporte.
	Sectores Público y Privado: Fortalecer las actividades agropecuarias, turísticas, de servicios, comerciales e industriales.	Promover el desarrollo de actividades agropecuarias, turísticas, de servicios, comerciales e industriales fortaleciendo la vocación del POFA como polo detonador.	• Programa de apoyo a la microindustria agropecuaria para la manufactura de productos alimenticios y mayor valor agregado. • Programa sectorial de innovación en empresas pequeñas y medianas para la reconversión de procesos industriales. • Programa sectorial de innovación en empresas micro y pequeñas para la reconversión de procesos industriales. • Programa de apoyo a la certificación de empresas del POFA ISO14000. • Programa de auditoría a empresas contaminantes en la Cuenca del Ahogado. • Construcción de parques industriales para la industria química. • Programa de generación de reserva de tierra para la edificación progresiva de vivienda económica. • Programa de construcción de vivienda económica. • Programa de certificación de capacidades laborales en jóvenes y adultos. • Impulso de servicios de micro-financiamiento a mujeres emprendedoras. • Programa de incubación y aceleración de micro-empresas en áreas marginadas.
	Desarrollo Social: Reducir los riesgos urbanos propiciados por el crecimiento urbano no planificado.	Implementar normas de aplicación general en el POFA que sirvan como marco de referencia para que los municipios realicen sus ordenamientos específicos.	• Formación y fortalecimiento de asociaciones de vecinos en las colonias de la cuenca de El Ahogado.

Referencias

Asociación de Parques Industriales del Estado de Jalisco. (2012). Quiénes somos. Recuperado el Octubre de 2012, de sitio web de APIEJ: http://www.apiej.com/es/

Atlas Geográfico del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ATSDR. (2006). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Resumen de Salud Pública, Acido Sulfhídrico, División de Toxicología y Medicina Ambiental.

Burbank, D. W., Anderson, R. S. (2000). Tectonic Geomorphology. Oxford: Blackwell Science.

Burton, T. (2004). El occidente de México: un tesoro para el viajero, (traducción de: Western México: A Traveller´s tresury, Sombrero Books, Canadá), Ágata, Guadalajara, México.

Censos Económicos. (2009). consultado en Sistema Automatizado de Información Censal 2009, en www.inegi.org.mx (30 de octubre 2012).

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. (2006) Definición, en Desarrollo Metropolitano [Actualización: 2 de julio de 2006], en www.diputados.gob.mx/cesop/

Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Cambridge: Cambridge University Press.

Chávez, A. (2010). Programa de Ordenamiento Ecológico Local " Tlajomulco de Zúñiga", H. Ayuntamiento de Tlajomulco de Zúñiga, Jal., México

Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), AYMA Ingeniería y Consultoría. (2003). Estudio de monitoreo y modelación de la calidad del agua de los ríos Santiago y Verde del estado de Jalisco, México.

Comisión Estatal de Agua. (2011) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Actualización del estudio de calidad del agua del Río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala Hasta la presa Santa Rosa. CEA 2011.

Comisión Estatal del Agua. (2006). Programa de saneamiento y abastecimiento para zona conurbada de Guadalajara. Recuperado el Septiembre de 2012, de sitio Web de CEA.

Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA, 2013). Plantas de tratamiento de Aguas Residuales en Jalisco. http://www.ceajalisco.gob.mx/ptarjal.php. Fecha de acceso: 21 mayo de 2013.

Comisión Estatal del Agua. (2008). Programa Integral de Saneamiento de la Zona Conurbada de Guadalajara. Recuperado el Septiembre de 2012, de sitio Web de CEA.

Comisión Estatal del Agua. (2012) Estudios de calidad del Agua-Resultados del monitoreo del Río Santiago. Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA). http://www.ceajalisco.gob.mx/notas/resultados_monitoreo.html. Fecha de consulta: Septiembre 2012

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), Dirección General de Salud Ambiental. (2002) Primer diagnostico nacional de salud ambiental y ocupacional. SSA 2002.

Comisión Nacional del Agua (2008) Interrelaciones Agua y Salud Pública en México. Informe OMM/PREMIA no. 64.

Comisión Nacional del Agua. (2008). Estadísticas del Agua en México 2008. México, D.F.: SEMARNAT.

Comisión Nacional del Agua. (2008). Programa Nacional Hídrico, México. México, D.F. SEMARNAT.

Comisión Nacional del Agua. (2011). Atlas del Agua en México. México, D.F.: SEMARNAT.

Comisión Nacional del Agua. (31 de Mayo de 2012). Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Recuperado el 1 de Septiembre de 2012, de sitio Web de CONAGUA: http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115.

Comisión Nacional del Agua. (Agosto 28, 2009a). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea Acuífero Atemajac (1401) Guadalajara: Estado de Jalisco. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua. (Agosto 28, 2009b). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea Acuífero (1401) Cajititlán. Guadalajara: Estado de Jalisco. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua. (Agosto 28, 2009c). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea Acuífero (1450) San Isidro, Guadalajara: Estado de Jalisco. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua. (Junio 2012). Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Toluquilla (1402). Guadalajara: Estado de Jalisco. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua. (Junio, 2011). Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Cuqío (1446). Guadalajara: Estado de Jalisco. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diciembre de 2011. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-INVENTRIO%202011%20FINAL.pdf

Comisión Nacional del Agua. (Marzo 2009). Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Altos de Jalisco (1413) . Guadalajara: Estado de Jalisco. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Consejo estatal de Población (2008). Análisis socio demográfico para la Zona Metropolitana de Guadalajara. http://www.coepo.jalisco.gob.mx Consultado, octubre de 2012.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2011). Informe de la evaluación de la política de desarrollo social en México 2011. México, D.F.: CONEVAL.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2012). Informe de Pobreza en México. El país, los estados y sus municipios, 2010. México, D.F.: CONEVAL.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2010). Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México. México, D.F. CONEVAL. Consejo Nacional de Población (CONAPO), Jalisco: Indicadores demográficos, 1990-2030. [en línea]: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indicadores_demograficos_basicos

Consejo Nacional de Población. (2001). Índice de Desarrollo Humano 2000. México D.F.

Consejo Nacional de Población. (2006). Concicliación demográfica. México, D.F.

Consejo Nacional de Población. (2006). Índice de Desarrollo Humano 2005. México, D.F.

Consejo Nacional de Población. (2012). Índice de Marginación urbana 2010. México D.F.

Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica 83: 5-71.

Davenport A.G. (1963). The relationship of wind structure to wind load. Proc. 1st Conference on Wind effects on building and structures, Teddington, E.U.A.

Davydoba, B. V., Skiba, Y.N., Bulgakov, S.N., Martínez, Z. A. (1999). Modelación matemática de los niveles de contaminación en la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Parte I. Microclima y monitoreo de la contaminación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 15(2), 103-111.

De la Rosa Campos, M. et al. (2004). Programa de manejo Área de Protección hidrológica del Municipio de Zapopan en el Estado de Jalisco Barranca de Río Santiago. El Estado de Jalisco Periódico Oficial. Jueves 7 de Octubre de 2004.

De La Rosa, M. C., Moss, O. M., Ullán, C. (2002). El Aire: Hábitat y Medio de Transmisión de Microorganismos. Observatorio Medioambiental, 5, 375-402.

Del Moral Ituarte, L., Pedregal Mateos, B. (2002). "Nuevos planteamientos científicos y participación ciudadana en la resolución de conflictos ambientales". Docments d'Análisi Geográfica, Univesridad Autónoma de Barceloa, 41, 121-1473.

Demant, A. (1979). Vulcanología y petrología del sector occidental del Eje Neovolcánico. Revista del Instituto de Geología, 3 (1), 39-57.

Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992, Ley de Aguas Nacionales (consultado en septiembre 2012).

Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1981, Ley Federal de Derechos, en materia de agua (consultado en septiembre 2012).

Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (consultado en septiembre 2012).

Dirección General de Salud Pública, Secretaria de Salud Jalisco. Estudio epidemiológico de los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco". (2004). SSA-Jalisco. Dirección General de Salud Pública, Secretaria de Salud Jalisco. Monitoreo ambiental al parque Industrial El Salto". SSA-Jalisco.

Dirección General de Salud Pública, Secretaria de Salud Jalisco. (2005) Análisis comparativo de la Morbilidad y Mortalidad de El Salto y Juanacatlán con San Cristóbal de la Barranca". SSA-Jalisco.

Dirección General de Salud Pública, Secretaria de Salud Jalisco. (2008). Estudio de Tamizaje para la identificación de niveles de Arsénico en población del estado de Jalisco". SSA-Jalisco.

Dirección General de Salud Pública, Secretaria de Salud Jalisco. (2010). Percepción de la Morbilidad y mortalidad entre los habitantes de El Salto y Juanacatlán Comparativamente con la de Tonalá, Jalisco". SSA-Jalisco.

Dirección General de Salud Pública, Secretaria de Salud Jalisco (2011). Análisis de los daños a la Salud en los municipios de El Salto y Juanacatlán con relación al Estado y municipios de Jalisco". SSA-Jalisco 2011.

Directorio Nacional de Unidades Económicas e Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (2012). En: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx

Duran Juárez, J.M., Torres, A. (2006). "Agua potable para Guadalajara: Uso y fuentes de abastecimiento bajo un enfoque sustentable" en "El Proyecto Arcediano y el abastecimiento de agua potable de la Zona Conurbada de Guadalajara. Análisis de la Universidad de Guadalajara", Itzcóatl Tonatiuh Bravo Padilla y Fabiola Figueroa Neri, coordinadores. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

Durand Smith, L., Figueroa Díaz, F., Genet Guzmán Chávez, M. (2011). "La ecología política en México ¿Dónde estamos y para dónde vamos?" Estudios Sociales: Revista de Investigación Científica, 19(37), 281-307.

Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas-Salgado, S., Romero Ríos, F. (1999). Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Madre Sierra Occidental and Jalisco Block. Geological Society of America (Special Paper 334), 65-83.

Finlayson-Pitts, B.J., Pitts, J.N. (2000). Chemistry of the upper and lower atmosphere: theory, experiments and applications. Academic Press, San Diego, 969 p.

Freeze, R. A., Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Nueva Jersey: Prentice Hall.

Gallardo Valdez J. (2005). Estudio Ambiental del acido sulfhídrico como contaminante del aire en las comunidades de Juanacatlán y El Salto, Jalisco 2004-2005. Tesis de Maestría. U d G.

García, J., González, A., Rosas, A., Orozco, M. (2005). Calidad Bacteriológica del aire en el Centro Histórico de Guadalajara, Jalisco, México. . Avances en la Investigación Científica, CUCBA , 271-272.

Giddens, A. (1998), "The third way. The removal of social democracy", Cambridge, Polity Press. Trad. Esp. (1999), Barcelona, Paidòs

Gobierno de la República Mexicana. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Poder Ejecutivo Federal.

Gobierno del Estado de Jalisco. (2010). 2 Décadas de desarrollo en Jalisco 1990-2010. Gobierno de Jalisco-CEA. (2012). El Ahogado. 1ª. Edición. Enero de 2012.

Gobierno de Jalisco-CEA. (2013). Agua Prieta. 1ª. Edición. Enero de 2013.

Greenpeace (31 de mayo de 2012) "Greenpeace destapa la cloaca de la contaminación tóxica del agua." Boletín de prensa. En red: www.greenpeace.org. Recuperado el 04 de octubre de 2012.

Guzmán, A.M. (1997). Las Aguas Superficiales del Estado de Jalisco. Diagnóstico. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Jalisco. Marco Físico. Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara. 125 pp.

Hyman, C. (1994). Retirement and Tourism. Are Retirees Important to Tourism?, presentación para la Secretaría de Turismo, México.

Instituto de Nacional de Estadística y Geografía, Sistema de Integración Territorial. (2010).

Instituto de Nacional de Estadística y Geografía. (2001, 2003 y 2009) La industria química en México 2000, 2002 y 2010. Serie Estadísticas Sectoriales.

Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Jalisco. Anuario estadístico de Jalisco (2010).

Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Jalisco. Anuario estadístico de Jalisco (2011).

Instituto Nacional de Ecología. (2007). Identificación de Cuencas Atmosféricas en México. INE/A1-011/2007

Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT). (2011). Guía para evaluar los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica. INE-SEMARNAT 2011.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE v.05/2012).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Censos de Población y Vivienda, INEGI, México, varios años.

Iturbide Argüelles, R., Silva Martínez, A. E. (1992). Agua subterránea y contaminación. México, D.F. UNAM, Instituto de Ingeniería.

Jiménez B., Terregrosa M.L., Aboites L. (2010) El agua en México: Causes y encause, Editadopor la Academia Mexica de Ciencias, México.

Lamont, R. (1988). Siete llaves para abrir un nuevo "tesoro turístico" en Guadalajara y alrededores, American Chamber of Commerce, Guadalajara, México.

Lara Padilla D. (2008) Deterioro ambiental y pérdida de calidad de vida en la localidad de Juanacatlán, Jalisco. Efectos colaterales de la contaminación del río Santiago. Tesis de licenciatura. U de G.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (2012). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios.

Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Última Reforma DOF 04-06-2012

Ley General para la Gestión Integral de los Residuos. (2003). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Ultima reforma publicada en el DOF 30/05/2012

Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco. (1989). Publicación inicial: 28/02/1989. Vigente al 12/ene/2012. Instituto de Investigaciones Jurídicas. UNAM.

Loera, E. (2002). Déficit de Energía Eléctrica en Jalisco. Gaceta Universitaria-Universidad de Guadalajara. 28 de Enero: 14-15.

López, R., Cházaro, M., González, R., Covarrubias, H. (2011). Árboles de las barrancas de los Ríos Santiago y Verde, CEA Jalisco, México.

Maciel Flores R., Peña García, L.E, Guzmán Arroyo, M., Peniche Camps, S., Michel Parra, H.C. (2009).

Impactos ambientales en el Río Grande de Santiago Jalisco. En, Estudios de la cuenca del río Santiago. Un enfoque multidisciplinario. Disponible en http://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/859/index.htm

Martínez-Alier, J. (2005). "El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración". Barcelona: Icaria.

Massiris Cabeza, Á. (1993) "Bases teórico-metodológicas para estudios de ordenamiento territorial", en: IDCAP, Misión Local, Instituto de Desarrollo del Distrito Capital y la Participación Ciudadana y Comunitaria IDCAP, año 2, núm. 2, enero/marzo. Universidad Distrital, Santa Fé de Bogotá. Colombia.

Massiris Cabeza, Á. (2002). "Ordenación del territorio en América Latina". Scripta Nova, revista electrónica de geografía y ciencias sociales, vol. 6, no. 125.

Massiris Cabeza, Á. (2000) "El diagnóstico territorial en la formulación de planes de ordenamiento". En: Colombia Perspectiva Geográfica ISSN: 0123-3769 ed: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia v.5 fasc.N/A p.7 – 159.

Massiris, A. (1997) "Ordenamiento territorial, región y procesos de construcción regional", en EPG, Perspectiva Geográfica, Vol. 1, No. 1. Programa de Estudios de Postgrado en Geografía, convenio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)-Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Editorial UPTC. Tunja, Colombia, pp. 7-87.

McCulligh, C. (2006). Respirar Veneno en Juanacatlán y El Salto. Periódico La Jornada. Lunes 25 de septiembre de 2006. En red http://www.jornada.unam.mx/2006/09/25/eco-c.html. Recuperado el 06 de julio de 2012

McCulligh, C. (2010) El río Santiago en El Salto y Juanacatlán, Jalisco. En: Peniche Camps S, Macías Franco E, González González F , Guzmán Arroyo M (eds) Primer seminario internacional sobre la cuenca del río Santiago. CUCEA-Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco,

Mendoza A., García R. M. (2011). Modelación inversa aplicada al análisis del inventario de emisiones de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 27(3), 199-214.

México en Cifras. (2012). Consultado en www.inegi.org.mx (30 de octubre 2012).

Miller, R. R. (2009). Peces dulceacuícolas de México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad México., Sociedad Ictiológica Mexicana, A.C., El colegio de la Frontera Sur, México. Consejo de los Peces del Desierto, México-Estados Unidos. Jalisco, México. 560pp.

Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la Ingeniería. Colombia, 958-682-106-4. Santafé de Bogotá: Alfaomega.

Moore, G., Marone, C., Carmichael, I. S., Renne, P. (1994). Basaltic volcanismand extension near the intersection of the Sierra Madre Volcanic Province and the Mexican Volcanic Belt. Geological Society of America Bulletin, 106, 383-394.

Norma Ambiental Estatal NAE-SEMADES-007/2008, Criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y valorización de los residuos en el Estado de Jalisco.

Norma Mexicana NMX-AA-61-1985 sobre la Determinación de la Generación de Residuos Sólidos

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000 (2000). Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. CONAGUA. Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a ozono. Diario Oficial de la Federación del 30 de Octubre de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a monóxido de carbono. Diario Oficial de la Federación del 23 de Diciembre de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a dióxido de azufre. Diario Oficial de la Federación del 8 de Septiembre de 2010.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a dióxido de nitrógeno. Diario Oficial de la Federación del 23 de Diciembre de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a material particulado. Diario Oficial de la Federación del 26 de Septiembre de 2005.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Listado de Flora y Fauna

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. En red http://siga.jalisco.gob.mx/assets/documentos/normatividad/nom083semarnat2003.htm. Consultado en línea en mayo de 2012

OCDE. (2003). Evaluación del desempeño ambiental: México. París.

OECD. (2008). Key Environmental Indicators. France,.

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroek, W.G. (1990). World map of the status of human-induced soil degradation. ISRIC. Wageningen. Disponible en: http://library.wur.nl/isric/index2.html?url=http://library.wur.nl/WebQuery/isric/13883 Fecha de consulta: 02-07-2012.

Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco. (2006). Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno de Jalisco.

Peavy, H. D.R, R., Tchobanoglous, G. (1985). Environmental Engineering. Nueva York: Mc Graw-Hill.

Peniche Campos, S., González González, F., Macías Franco, E., Guzmán Arroyo, M., Zavala García, G. (2012). Segundo seminario internacional sobre la cuenca del río Santiago. 1ª Ed. Universidad de Guadalajara,. Peniche Campos, S., Macías Franco, E., González González, F., Guzmán Arroyo, M. (2010). Primer seminario internacional sobre la cuenca del río Santiago. 1ª Ed. Universidad de Guadalajara,.

Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco. (2010).

Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030, Gobierno del Estado de Jalisco, México.

Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2008). Índice de desarrollo humano municipal en México 2000-2005.

Rodríguez-Gómez C. A. (2008) Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública: La gestión del agua en los gobiernos locales de México, México D.F.

Rosas, A. (2003). Evaluación ambiental del proceso de tratamiento de aguas residuales y los riesgos a la salud en la comunidad universitaria del CUCBA. Tesis de maestría. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, CUCBA.

Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., López-Martinez, M., Urrutia-Fucugauchi, J. (1997). Stratigraphy and tectonics of the Guadalajara region and Triple-Junction Area, Western Mexico. 39 (2), 125-140.

Rossotti, A., Ferrari, L., López-Martínez, M., Rosas-Elguera, J. (2002). Geology of the Boundary between Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican volcanic Belt in the Guadalajara region, western Mexico.

Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 19, 1-15.

Rzedowski, J., (1988). Vegetación de México, Editorial Limusa, México.

Sánchez-Monedero, Roig, A., Cayuela, M. L., Stentiford, E. I. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. Revista Ingeniería, 10 (1).

Secretaría de Comunicaciones y Transportes e Instituto Mexicano del Transporte. (2000). Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la explotación de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes. Sanfandila, Qro. Publicación Técnica No. 145.

Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDUR). (2011).

Desarrollo de obras, estudios y proyectos en la cuenca el ahogado, Consultado en Línea Abril 2006.

Secretaría de Gobernación. (2009). Diagnostico sobre la realidad social, económica y cultural de los entornos locales para el diseño de intervenciones en materia de prevención y erradicación de la violencia en la región Metropolitana de Guadalajara, Jalisco. México.

Secretaría de Medio Ambiente para el desarrollo Sustentable, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire Jalisco 2011-2020. México, Jalisco, 231 pp.

Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. (2012). Reporte de calidad del aire y Acido sulfhídrico en el Polígono de Fragilidad Ambiental en torno a la Cuenca de El Ahogado y El Salto de Juanacatlán (POFA).

Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. (2011). Dirección de Planeación y Vinculación Ambiental. La intermunicipalidad en el contexto metropolitano para el manejo integral de residuos. Presentación. Junio de 2011.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Social. Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire "Mejor Atmósfera" (2007-2013).

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Compendio de estadísticas ambientales 2010.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional del Agua, Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de cada año: ediciones 1999 - 2003. México, 2000 - 2004.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y Secretaría de Salud. (1997). Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F., 240 pp.

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Directorio de Servicios Médicos Asistenciales y Administrativos en Salud. [en línea]: http://www.jalisco.gob.mx/wps/portal/!ut/p/c5/04_8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3ifEB8PY68gIwMLf08XA08Dg2A3R3NXcws_A6B8JJK8v4mPsYGRm7-Po0uQq4FFgBkB3eEg-_DrB8kb4ACOBmj63YMNzYH6w9xc3B2d3YPcjfX9PPJzU_ULciMMMgPSFQFtWmpE/dl3/d3/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnZ3LzZfTFRMSDNKUjIwOE9JRDBJMDBTRkE3RTc4VjA!/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portaljalisco2009/contenidos/dependencias/pj_assecretariasalud/pj_asestadisticas/pj_subtemadirectoriodeserviciosmedicosssjfcastellanos

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Indicadores de Salud en el Estado de Jalisco. [en línea]: http://seplan.app.jalisco.gob.mx/tablin/panelCiudadano/buscar?temaId=3

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Información de Importancia en Salud. [en línea]: http://www.jalisco.gob.mx/wps/portal/!ut/p/c5/04_8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3ifEB8PY68gIwMLf08XA08Dg2A3R3NXcws_A6B8JJK8v4mPsYGRm7-Po0uQq4FFgBkB3eEg-_DrB8kb4ACOBmj63YMNzYH6w9xc3B2d3YPcjfX9PPJzU_ULciMMMgPSFQFtWmpE/dl3/d3/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnZ3LzZfTFRMSDNKUjIwOE9JRDBJMDBTRkE3RTc4VjA!/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portaljalisco2009/contenidos/dependencias/pj_assecretariasalud/pj_asestadisticas/pj_contsubtemainformacionimportanciasaludssjarincon

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Jalisco: Casos Confirmados de Dengue. [en línea]: http://ssj.app.jalisco.gob.mx/Dengue/index.html

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Principales Causas de Mortalidad en Jalisco. [en línea]: http://www.jalisco.gob.mx/wps/portal/!ut/p/c5/04_8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3ifEB8PmmY68gIwMLf08XA08Dg2A3R3NXcws_A6B8JJK8v4mPsYGRm7-Po0uQq4FFgBkB3eEg-_DrB8kb4ACOBmj63YMNzYH6w9xc3B2d3YPcjfX9PPJzU_ULciMMMgPSFQFtWmpE/dl3/d3/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnZ3LzZfTFRMSDNKUjIwOE9JRDBJMDBTRkE3RTc4VjA!/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portaljalisco2009/contenidos/dependencias/pj_assecretariasalud/pj_asestadisticas/pj_subtemacausasmortalidadssjarincon

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Registro Estatal de Cáncer en Jalisco. [en línea]: http://www.jalisco.gob.mx/wps/portal/!ut/p/c5/04_8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3ifEB8PY68gIwMLf08XA08Dg2A3R3NXcws_A6B8JJK8v4mPsYGRm7-Po0uQq4FFgBkB3eEg-_DrB8kb4ACOBmj63YMNzYH6w9xc3B2d3YPcjfX9PPJzU_ULciMMMgPSFQFtWmpE/dl3/d3/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnZ3LzZfTFRMSDNKUjIwOE9JRDBJMDBTRkE3RTc4VjA!/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portaljalisco2009/contenidos/dependencias/pj_assecretariasalud/pj_asestadisticas/pj_subtemaregistrocancerssjarincon

Secretaria de Salud del Estado de Jalisco, Cuaderno de Información Relevante en Salud – Jalisco. [en línea]: http://www.jalisco.gob.mx/wps/portal/!ut/p/c5/04_8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3ifEB8PY68gIwMLf08XA08Dg2A3R3NXcws_A6B8JJK8v4mPsYGRm7-Po0uQq4FFgBkB3eEg-_DrB8kb4ACOBmj63YMNzYH6w9xc3B2d3YPcjfX9PPJzU_ULciMMMgPSFQFtWmpE/dl3/d3/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnZ3LzZfTFRMSDNKUjIwOE9JRDBJMDBTRkE3RTc4VjA!/?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portaljalisco2009/contenidos/dependencias/pj_assecretariasalud/pj_asestadisticas/pj_subtemacuadernodeinformacion2010ssjogarcia

Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado. Dirección de Inteligencia de Mercados; Información de Estadística y Evaluación SECTUR. Monitoreo Data Tur. http://datatur.sectur.gob.mx (13 de mayo de 2011). Consultado en Anuario Estadístico del Estado de Jalisco 2011 INEGI, Apartado Turismo www.inegi.org.mx (30 de octubre 2012).

Seinfel J.H., Pandis S.N. (2006). Atmospheric Chemistry and physics: from air pollution to climate change. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1326 p.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2000). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, Diario Oficial de la Federación, México.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Colegio de Posgraduados. Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Base de datos de Sitios registrados como pasivos ambientales en el Sistema Informático de Sitios Contaminados (SISCO). Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. Fecha de consulta: Marzo 2012.

SEMADES 2011. Dirección del Sistema de Monitoreo Atmosférico. Informe Técnico Final. Fraccionamiento Hacienda Real, Tonalá Jalisco

Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS), Secretaría de Salud. Dirección General de Información en Salud (DGIS). Base de datos de defunciones 1979-2012. [en línea]: http://www.sinais.salud.gob.mx/basesdedatos/defunciones.html

Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), Departamento de Epidemiología, Secretaria de Salud del Estado de Jalisco. Obtenidos mediante oficio.

Sobrino, J. (2003), "Zonas metropolitanas de México en 2000; conformación territorial y movilidad de la población ocupada", en Estudios demográficos y urbanos, Vol.18, N.3. El Colegio de México, México D.F.

SSSA. (2009). Soil Science Society of America. Glossary of soil science terms. Disponible en: www.soils.org/publications/soils-glossary Fecha de consulta: 02-05-2012.

Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) analysis of erosional topography. Bulletin of the Geological Society of America , 1117-1142.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology.. Transactions of the American Geophysical Union, 38 (6), 913-920.

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

Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología
del Estado de Jalisco

Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología

ISBN: 978-607-95885-2-6