



*Zapopan en tiempos de pandemia
Fotografía: Coordinación de Análisis
Estratégico y Comunicación*

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL PARA EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN,
JALISCO. (POELZ). TOMO V.



Gobierno de
Zapopan

**Ciudad
de los niños**

ANEXO 6. LISTADOS DE ESPECIES POTENCIALES DE FAUNA, MUNICIPIO DE ZAPOPAN

Abreviaturas de los listados.

Tipos de Ambientes:

Pino-Encino (**P-E**)

Encino (**E**)

Sistema Acuático (**A**)

Bosque Tropical Caducifolio (**BTc**)

Sistema Urbano/Perturbado (**U/P**)

Endemismo (End.):

Especie endémica (**E**): Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al territorio mexicano y a las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Para el grupo de las aves se consideraran además dos categorías más:

- Semiendémica (**S**): Aves que son endémicas a México solo durante una época del año, tal es el caso de las especies migratorias.
- Cuasiendémica (**C**): Aves que penetran ligeramente a algún país vecino debido a la continuidad de los hábitats o sistemas orográficos.

Especie Exótica (**EX**): Especies fuera de su rango de distribución natural.

Categorías de riesgo (Prot.)

NOM-059-SEMARNAT-2010

- En peligro de extinción (**P**): Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- Amenazadas (**A**): Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
- Sujetas a protección especial (**Pr**): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

IUCN, categorías de riesgo:

- Peligro crítico (**CR**): Un taxón está en peligro crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los cinco criterios establecidos para peligro crítico, por lo que se considera que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en la vida silvestre.
- En peligro de extinción (**EN**): Un taxón está en peligro de extinción cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los cinco criterios establecidos para peligro de extinción, y es entonces cuando se considera que enfrenta un alto riesgo de extinción en la naturaleza.

• Vulnerable (**VU**): Un taxón es vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los cinco criterios establecidos para vulnerable, por lo que se considera que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en la vida silvestre.

CITES, apéndices:

• Apéndice I (I): Se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica.

• Apéndice II (II): Figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación.

• Apéndice III (III): Figuran las especies incluidas a solicitud de una parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

Listado potencial de especies de Peces

| | Orden | Familia | Especie | Nombre común | Río Santiago | Río Salado | Otros cuerpos de agua | Prot. | End. |
|---|----------------|----------------|-----------------------------|-------------------|--------------|------------|-----------------------|-------|------|
| 1 | Atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Chirostoma chapalae</i> | Charal de Chapala | X | - | - | - | - |
| 2 | Atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Chirostoma consocium</i> | Charal de rancho | X | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | |
|----|--------------------|----------------|--------------------------------|------------------------|---|---|---|---|-------|----|
| 3 | Atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Chirostoma jordani</i> | Charal | X | - | - | - | - | E |
| 4 | Atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Chirostoma humboldtiana</i> | Charal de xochimilco | X | - | - | - | - | - |
| 5 | Atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Chirostoma labarcae</i> | Charal de la barca | X | - | - | - | A | E |
| 6 | Atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Chirostoma riojai</i> | Charal del Santiago | X | - | - | - | P | E |
| 7 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Algansea avia</i> | Pupo de Tepic | X | - | - | - | A | - |
| 8 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Algansea monticola</i> | Pupo de Iuchipila | X | - | - | - | - | - |
| 9 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Carassius auratus</i> | Carpa dorada | X | - | - | - | - | - |
| 10 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Cyprinus carpio</i> | Carpa | X | - | - | X | - | EX |
| 11 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Notropis sallaei</i> | Carpita azteca | X | - | - | - | - | - |
| 12 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Yuriria chapalae</i> | Carpa de Chapala | X | - | - | - | - | E |
| 13 | Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Yuriria alta</i> | Carpa blanca | X | - | - | - | - | E |
| 14 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Allophorus robustus</i> | Chegua | X | - | - | - | - | E |
| 15 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Allofoca dugesii</i> | Tiro chato | X | - | - | - | P | E |
| 16 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Chapalichthys encaustus</i> | Pintito de Ocotlán | X | - | - | - | - | - |
| 17 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Chapalichthys peraticus</i> | Pintito de san juanico | X | - | - | - | - | - |
| 18 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Characodon lateralis</i> | Mexclapiqu e arcoiris | - | X | - | - | P, EN | - |

| | | | | | | | | | | |
|----|--------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------|---|---|---|---|-------|---|
| 19 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Girardinichthys multiradiatus</i> | Mexclapiqu e de zempoala | X | - | - | - | VU | - |
| 20 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Girardinichthys turneri</i> | Mexcalpique michoacano | X | - | - | - | P, CR | - |
| 21 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Goodea atripinnis</i> | Tiro | X | X | - | - | - | - |
| 22 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Goodea gracilis</i> | Tiro oscuro | X | - | - | - | VU | - |
| 23 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Goodea luitpoldii</i> | Tiro de Patzcuaro | X | - | - | - | - | - |
| 24 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Skiffia bilineata</i> | Tiro de dos rayas | X | - | - | - | P | - |
| 25 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Skiffia lermæ</i> | Tiro olivo | X | - | - | - | A | - |
| 26 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Skiffia multipunctata</i> | Tiro pintado | X | - | - | - | A | E |
| 27 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Xenophorus captivus</i> | Mexclapiqu e viejo | - | X | - | - | P, EN | - |
| 28 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Xenotoca eiseni</i> | Mexclapiqu e cola roja | X | X | - | - | PR | - |
| 29 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Xenotoca melanosoma</i> | Mexcalpique negro | - | X | - | - | - | - |
| 30 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Xenotoca variata</i> | Pintada | X | - | - | - | - | - |
| 31 | Cyprinodontiformes | Goodeidae | <i>Zoogoneticus quitzeoensis</i> | Picote | X | - | - | - | A | E |
| 32 | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Poecilia butleri</i> | Topote del Pacifico | X | X | - | - | A | E |

| | | | | | | | | | | |
|----|--------------------|-------------|---------------------------------|----------------------|---|---|---|---|---|----|
| 33 | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Poeciliopsis infans</i> | Guatopote del Lerma | X | X | - | - | - | E |
| 34 | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Poeciliopsis latidens</i> | Guatopote del fuerte | X | - | - | - | A | - |
| 35 | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Poeciliopsis presidionis</i> | Guatopote de sinaloa | X | - | - | - | - | - |
| 36 | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Poecilia reticulata</i> | Gupi | X | - | - | - | - | - |
| 37 | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Xiphophorus helleri</i> | Cola de espada | X | X | - | - | - | - |
| 38 | Perciformes | Cichlidae | <i>Cichlasoma beani</i> | Cicido de Sinaloa | X | - | - | - | - | - |
| 39 | Perciformes | Cichlidae | <i>Oreochromis aureus</i> | Tilapia | X | X | X | X | - | EX |
| 40 | Perciformes | Cichlidae | <i>Oreochromis mossambicus</i> | Tilapia | X | - | - | X | - | EX |
| 41 | Perciformes | Cichlidae | <i>Oreochromis niloticus</i> | Tilapia | - | - | - | X | - | EX |
| 42 | Perciformes | Gobiidae | <i>Awaous banana</i> | Gobio de río | X | - | - | - | - | - |
| 43 | Siluriformes | Ictaluridae | <i>Ictalurus dugesii</i> | Bagre del Lerma | - | - | - | - | A | E |
| 44 | Siluriformes | Ictaluridae | <i>Ictalurus punctatus</i> | Bagre | - | - | - | X | - | EX |

Listado potencial de especies de Anfibios

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | P-E | E | A | BTC | U/P | Prot. | End. |
|-------|---------|---------|--------------|-----|---|---|-----|-----|-------|------|
|-------|---------|---------|--------------|-----|---|---|-----|-----|-------|------|

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--------|---|
| 1 | Anura | Bufo | <i>Anaxyrus compactilis</i> | Sapo de meseta | X | - | X | X | X | X | - | - | X |
| 2 | Anura | Bufo | <i>Incilius occidentalis</i> | Sapo pinero | X | X | X | X | X | X | X | - | X |
| 3 | Anura | Bufo | <i>Rhinella horribilis</i> | Sapo gigante | X | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 4 | Anura | Craugastor | <i>Craugastor augusti</i> | Rana-ladadora común | X | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 5 | Anura | Craugastor | <i>Craugastor hobartsmithi</i> | Rana-ladadora de Smith | X | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 6 | Anura | Craugastor | <i>Craugastor occidentalis</i> | Rana-ladadora costeña | X | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 7 | Anura | Eleutherodactyl | <i>Eleutherodactylus nitidus</i> | Rana fisgona deslumbrante | X | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 8 | Anura | Eleutherodactyl | <i>Eleutherodactylus modestus</i> | Rana chirriadora dedos chatos | X | X | X | X | X | - | - | PR, VU | X |
| 9 | Anura | Hylid | <i>Agalychnis dactylos</i> | Rana-de árbol mexicana | X | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 10 | Anura | Hylid | <i>Dryophytes arenicolor</i> | Rana-de árbol color arena | X | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 11 | Anura | Hylid | <i>Dryophytes eximius</i> | Rana-de árbol de montaña | X | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 12 | Anura | Hylid | <i>Smilisca baudini</i> | Rana de árbol mexicana | - | - | X | X | X | - | - | - | - |
| 13 | Anura | Hylid | <i>Smilisca fodiens</i> | Rana chata | X | X | X | X | X | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|------------|------------------------------------|--|---|---|---|---|---|----|-------|---|
| 1 | Squamata | Anguidae | <i>Elgaria kingii</i> | Lagarto escorpión de Arizona | X | - | - | - | - | - | PR | - |
| 2 | Squamata | Boidae | <i>Boa sigma</i> | Boa | | | | X | | | A, II | |
| 3 | Squamata | Colubridae | <i>Drymarchon melanurus</i> | Tilcuate | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 4 | Squamata | Colubridae | <i>Lampropeltis polizona</i> | Culebra real coralillo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 5 | Squamata | Colubridae | <i>Leptophis dplotropis</i> | Culebra perico gargantilla | X | X | X | X | - | - | A | X |
| 6 | Squamata | Colubridae | <i>Masticophis bilineatus</i> | Culebra chirriadora sonorense | X | X | - | - | - | - | - | |
| 7 | Squamata | Colubridae | <i>Masticophis flagellum</i> | Chirriонера roja | X | X | - | X | - | - | A | - |
| 8 | Squamata | Colubridae | <i>Masticophis mentovarius</i> | Culebra chirriонера | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 9 | Squamata | Colubridae | <i>Oxybelis aeneus</i> | Culebra bejuquilla mexicana | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 10 | Squamata | Colubridae | <i>Pituophis depei</i> | Culebra sorda mexicana | X | X | X | - | X | A | X | |
| 11 | Squamata | Colubridae | <i>Pseudoficimia frontalis</i> | Culebra Ilamacoa | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 12 | Squamata | Colubridae | <i>Salvadora bairdi</i> | Culebra parchada de Baird | X | X | X | - | X | PR | X | |
| 13 | Squamata | Colubridae | <i>Salvadora mexicana</i> | Culebra nariz de parche mexicana | - | - | - | X | - | PR | X | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|----|---|
| 14 | Squamata | Colubridae | <i>Senticolis triaspis</i> | Culebra ratonera | X | X | - | X | - | - | - |
| 15 | Squamata | Colubridae | <i>Sonora mutabilis</i> | Culebra de suelo | X | X | X | X | - | - | X |
| 16 | Squamata | Colubridae | <i>Sympholis lippiens</i> | Culebra cola corta mexicana | X | X | X | X | X | - | X |
| 17 | Squamata | Colubridae | <i>Tantilla bocourti</i> | Culebra encapuchada | X | X | - | X | - | - | X |
| 18 | Squamata | Colubridae | <i>Trimorphodon biscutatus</i> | Culebra lira | - | - | - | X | - | - | X |
| 19 | Squamata | Colubridae | <i>Trimorphodon tau</i> | Falsa nauyaca mexicana | X | X | X | X | X | - | X |
| 20 | Squamata | Dactyloidae | <i>Norops nebulosus</i> | Anolis pañuelo | X | X | X | X | X | - | X |
| 21 | Squamata | Dipsadidae | <i>Coniophanes lateritus</i> | Culebra lisa | - | - | - | X | - | - | X |
| 22 | Squamata | Dipsadidae | <i>Diadophis punctatus</i> | Culebra de collar | - | X | - | - | - | - | - |
| 23 | Squamata | Dipsadidae | <i>Hypsiglena torquata</i> | Culebra nocturna ojo de gato | X | X | - | X | - | PR | - |
| 24 | Squamata | Dipsadidae | <i>Leptodeira maculata</i> | Culebra ojo de gato del suroeste | X | X | X | X | X | PR | X |
| 25 | Squamata | Dipsadidae | <i>Leptodeira splendida</i> | Culebra ojo de gato espléndida | X | X | - | X | - | - | X |
| 26 | Squamata | Dipsadidae | <i>Manolepis putnami</i> | Culebra lagartijera | X | X | X | X | X | - | X |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|------------------|--------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|--------|----|
| 27 | Squamata | Dipsadidae | <i>Rhadinaea hesperia</i> | Culebra rayada occidental | X | X | X | X | X | X | PR | X |
| 28 | Squamata | Elapidae | <i>Micrurus euryxanthus</i> | Serpiente coralillo sonoreense | - | - | - | X | - | - | A | - |
| 29 | Squamata | Elapidae | <i>Micurus distans</i> | Serpiente coralillo del oeste mexicano | X | X | - | X | - | - | PR | X |
| 30 | Squamata | Gekkonidae | <i>Hemidactylus frenatus</i> | Besucona | X | X | X | X | - | - | - | EX |
| 31 | Squamata | Helodermatidae | <i>Heloderma horridum</i> | Lagarto escorpión | | | | X | | | A, II | - |
| 32 | Squamata | Iguanidae | <i>Ctenosaura pectinata</i> | Iguana espinosa mexicana | X | X | X | X | - | - | A | X |
| 33 | Squamata | Iguanidae | <i>Iguana iguana</i> | Iguana verde | - | - | - | X | - | - | PR, II | - |
| 34 | Squamata | Leptotyphlopidae | <i>Rena humilis</i> | Culebrilla ciega de occidente | X | X | X | X | X | | - | - |
| 35 | Squamata | Natricidae | <i>Storeria storerioides</i> | Culebra parda mexicana | X | X | - | - | - | - | - | X |
| 36 | Squamata | Natricidae | <i>Thamnophis cyrtopsis</i> | Culebra lineada de bosque | X | X | X | X | X | | A | - |
| 37 | Squamata | Natricidae | <i>Thamnophis eques</i> | Culebra-listonada del sur-mexicano | X | X | X | - | - | - | A | - |
| 38 | Squamata | Natricidae | <i>Thamnophis melanogaster</i> | Víbora de agua | X | X | X | X | - | - | A, EN | X |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 39 | Squamata | Phyllodactylidae | <i>Phyllodactylus lanei</i> | Salamanquesa pata de res | - | - | - | X | X | - | X |
| 40 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Phrynosoma orbiculare</i> | Camaleón montaña | X | X | X | X | X | A | X |
| 41 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus albiventris</i> | Roño | X | X | X | X | X | - | X |
| 42 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus clarkii</i> | Roño de Clark | X | X | - | X | - | - | - |
| 43 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus dugesii</i> | Lagartija escamosa de Dugesi | X | X | X | X | X | - | X |
| 44 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus heterolepis</i> | Lagartija escamosa dorso aquillado | X | X | - | - | - | - | X |
| 45 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus horridus</i> | Lagartija escamosa tarasca | X | X | X | X | X | - | X |
| 46 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus melanorhinus</i> | Lagartija espinosa hocico negro | X | X | - | X | - | - | - |
| 47 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus nelsoni</i> | Lagartija espinosa de panza azul | - | - | - | X | - | - | X |
| 48 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus scalaris</i> | Lagartija espinosa de pastizal | X | X | - | X | - | - | X |
| 49 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus spinosus</i> | Lagartija-escamosa espinosa | X | X | X | X | X | - | X |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|----|----|
| 50 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus torquatus</i> | Lagartija-escamosa barrada | X | X | X | X | X | - | X |
| 51 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Sceloporus uniformis</i> | Lagartija espinosa del pacífico | X | X | - | X | - | - | X |
| 52 | Squamata | Phrynosomatidae | <i>Urosaurus bicarinatus</i> | Lagartija de árbol del pacífico | X | X | X | X | - | - | X |
| 53 | Squamata | Scincidae | <i>Plestiodon callicephalus</i> | Eslión de la sierra madre occidental | X | X | - | - | - | - | - |
| 54 | Squamata | Scincidae | <i>Plestiodon dugesii</i> | Eslión de Cuitzeo | X | X | - | X | - | PR | X |
| 55 | Squamata | Teiidae | <i>Aspidoscelis communis</i> | Huico moteado gigante | X | X | X | X | X | PR | X |
| 56 | Squamata | Teiidae | <i>Aspidoscelis costata</i> | Huico alpino | - | X | - | X | - | PR | X |
| 57 | Squamata | Teiidae | <i>Aspidoscelis deppii</i> | Huico siete líneas | X | X | - | X | - | - | - |
| 58 | Squamata | Teiidae | <i>Aspidoscelis gularis</i> | Huico pinto del noreste | X | X | - | - | X | - | - |
| 59 | Squamata | Typhlopidae | <i>Indotyphlops braminus</i> | Serpiente ciega tropical | X | X | - | X | - | - | EX |
| 60 | Squamata | Viperidae | <i>Crotalus basiliscus</i> | Víbora de cascabel | X | X | - | X | - | PR | X |
| 61 | Squamata | Viperidae | <i>Crotalus lepidus</i> | Víbora de cascabel gris | X | X | - | X | - | PR | - |
| 62 | Squamata | Viperidae | <i>Crotalus molossus</i> | Cascabel de cola negra | X | X | - | X | - | PR | - |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|---------------|-----------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|----|---|
| 63 | Squamata | Xantusidae | <i>Xantusia sanchezi</i> | Lagartija nocturna | X | X | | | | | | P | X |
| 64 | Testudines | Kinosternidae | <i>Kinosternon hirtipes</i> | Tortuga pecho quebrado pata rugosa | - | - | X | - | - | - | | PR | - |
| 65 | Testudines | Kinosternidae | <i>Kinosternon integrum</i> | Tortuga pecho quebrado | X | - | X | X | - | | | PR | X |

Listado potencial especies de Aves

| | Orden | Familia | Especie | Nombre común | P- E | E A | BT C | U/ P | Prot. | End | |
|---|-----------------|--------------|---------------------------|------------------|---------|--------|---------|---------|-------|--------|---|
| 1 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Accipiter cooperii</i> | Gavián de Cooper | X | X | - | X | - | PR, II | - |
| 2 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Accipiter gentilis</i> | Gavián Azor | X | X | - | - | - | PR, II | - |
| 3 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Accipiter striatus</i> | Gavián Pajaro | X | X | - | X | - | PR, II | - |
| 4 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Aquila chrysaetos</i> | Aguila real | X | X | - | - | - | A, II | - |
| 5 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo albonotatus</i> | Aguillilla aura | X | X | X | X | - | PR, II | - |
| 6 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo brachyurus</i> | Aguila Colicorta | X | X | X | X | - | II | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|--------------|---------------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|--------|---|
| 7 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo jamaicensis</i> | Aguillilla Colirroja | X | X | X | X | X | II | - |
| 8 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo lineatus</i> | Aguillilla pecho rojo | X | X | - | X | X | PR, II | - |
| 9 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo plagiatus</i> | Aguillilla gris | X | X | X | X | - | II | - |
| 10 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo swainsoni</i> | Aguillilla de Swainson | X | X | X | X | - | PR, II | - |
| 11 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteogallus anthracinus</i> | Aguillilla negra menor | X | X | X | X | - | PR, II | - |
| 12 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteogallus urubitinga</i> | Aguillilla negra mayor | - | - | X | X | - | PR, II | - |
| 13 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteogallus solitarius</i> | Aguila Solitaria | X | X | X | X | - | P, II | - |
| 14 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Circus cyaneus</i> | Gavián Rastero | X | X | X | - | - | II | - |
| 15 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Elanus leucurus</i> | Milano Coliblanco | X | X | X | X | X | II | - |
| 16 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Geranoaetus albicaudatus</i> | Aguillilla cola blanca | X | X | - | X | - | PR, II | - |
| 17 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Parabuteo unicinctus</i> | Aguillilla rojinegra | X | X | - | X | - | PR, II | - |
| 18 | Accipitriformes | Accipitridae | <i>Rupornis magnirostris</i> | Gavián pollero | X | X | - | X | - | II | - |
| 19 | Accipitriformes | Cathartidae | <i>Cathartes aura</i> | Aura Cabecirroja | X | X | X | X | X | - | - |
| 20 | Accipitriformes | Cathartidae | <i>Coragyps atratus</i> | Zopilote Negro | X | X | X | X | X | - | - |
| 21 | Accipitriformes | Pandionidae | <i>Pandion haliaetus</i> | Águila pescadora | - | - | X | - | - | II | - |
| 22 | Anseriformes | Anatidae | <i>Aix sponsa</i> | Pato arcorris | - | - | X | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| 23 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas acuta</i> | Pato golondrino | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 24 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas americana</i> | Pato chalcuán | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 25 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas clypeata</i> | Pato cucharon | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 26 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas crecca</i> | Cerceta Aliverde | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 27 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas cyanoptera</i> | Cerceta Castaña | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 28 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas discors</i> | Cerceta Aliazul | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 29 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas platyrhynchos</i> | Pato mexicano | - | - | X | - | - | - | A | - | E |
| 30 | Anseriformes | Anatidae | <i>Anas strepera</i> | Pato friso | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Anseriformes | Anatidae | <i>Aythya affinis</i> | Pato boludo | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 32 | Anseriformes | Anatidae | <i>Aythya collaris</i> | Pato pico anillado | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 33 | Anseriformes | Anatidae | <i>Aythya vasilineria</i> | Pato coacoxtle | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 34 | Anseriformes | Anatidae | <i>Bucephala albeola</i> | Pato monja | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 35 | Anseriformes | Anatidae | <i>Cairina moschata</i> | Pato real | - | - | X | - | - | - | P | - | - |
| 36 | Anseriformes | Anatidae | <i>Dendrocygna autumnalis</i> | Pijiji aliblanco | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 37 | Anseriformes | Anatidae | <i>Dendrocygna bicolor</i> | Pijiji canelo | - | - | X | - | - | - | III | - | - |
| 38 | Anseriformes | Anatidae | <i>Oxyura jamaicensis</i> | Pato Tepalcate | - | - | X | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|-------------|-------------|----------------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|----|---|
| 39 | Apodiformes | Apodidae | <i>Aeronautes saxatilis</i> | Vencejo Goriblanco | X | X | X | X | - | - | - |
| 40 | Apodiformes | Apodidae | <i>Chaetura vauxi</i> | Vencejo de Vaux | X | X | X | X | - | - | - |
| 41 | Apodiformes | Apodidae | <i>Cypseloides niger</i> | Vencejo Negro | X | X | X | X | - | - | - |
| 42 | Apodiformes | Apodidae | <i>Panyptila sanctihieronymi</i> | Vencejo-tijereta Mayor | X | X | X | X | - | PR | - |
| 43 | Apodiformes | Apodidae | <i>Streptoprocne rutilla</i> | Vencejo Cuellicastano | X | X | X | X | - | - | - |
| 44 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Amazilia beryllina</i> | Colibrí de Berilo | X | X | X | X | X | II | - |
| 45 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Amazilia violiceps</i> | Colibrí Corona-violeta | X | X | X | X | X | II | S |
| 46 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Archiochus alexandri</i> | Colibrí Barbinegro | X | X | X | - | - | II | S |
| 47 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Archiochus colubris</i> | Colibrí Gorjirrubí | X | X | X | - | - | II | - |
| 48 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Calothorax lucifer</i> | Tijereta Norteña | X | X | - | - | - | II | S |
| 49 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Calypte costae</i> | Colibrí cabeza violeta | X | X | - | X | - | II | - |
| 50 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Chlorostilbon auriceps</i> | Esmeralda mexicana | | | | X | | II | E |
| 51 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Colibri thalassinus</i> | Orejaviolenta Verde | - | X | - | - | - | II | - |
| 52 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Gynanthus latirostris</i> | Colibrí Piquiancho | X | X | X | X | X | II | S |
| 53 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Eugenes fulgens</i> | Colibrí Magnífico | - | X | - | - | - | II | - |
| 54 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Heliomaster constantii</i> | Colibrí picudo | X | X | - | - | - | II | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|-------|---|
| 55 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Hylocharis leucotis</i> | Colibrí Oreiblanco | X | X | - | - | - | II | - |
| 56 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Lampornis clemenciae</i> | Colibrí-serrano Gorjazul | X | X | - | - | X | II | S |
| 57 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Selasphorus platycercus</i> | Zumbador Coliancho | X | X | X | - | X | II | S |
| 58 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Selasphorus rufus</i> | Zumbados Rufo | X | X | X | - | X | II | - |
| 59 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Selasphorus sasin</i> | Zumbador de Allen | X | X | X | - | - | II | S |
| 60 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Stellula calliope</i> | Colibrí de Calliope | X | X | - | - | - | II | S |
| 61 | Apodiformes | Trochilidae | <i>Tilmatura dupontii</i> | Colibrí cola pinta | X | X | - | X | - | A, II | - |
| 62 | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | <i>Antrostonus arizonae</i> | Tapacamino cuerporruín-sureño | X | X | - | X | - | - | - |
| 63 | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | <i>Antrostonus ridgwayi</i> | Tapacamino tu-cuchillo | X | X | - | X | - | - | - |
| 64 | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | <i>Antrostonus vociferus</i> | Tapacaminos Cuerrorruin | X | X | - | - | - | - | - |
| 65 | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | <i>Chordeiles acutipennis</i> | Chotacabras Menor | X | X | X | X | X | - | - |
| 66 | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | <i>Chordeiles minor</i> | Chotacabras Mayor | X | X | - | - | - | - | - |
| 67 | Caprimulgiformes | Caprimulgidae | <i>Nyctidromus albicollis</i> | Chotacabras Pauraque | X | X | - | X | - | - | - |
| 68 | Charadriiformes | Charadriidae | <i>Charadrius vociferus</i> | Chorlito Tildío | X | X | X | - | X | - | - |
| 69 | Charadriiformes | Charadriidae | <i>Pluvialis dominica</i> | Chorlo dominico | - | - | X | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|----|
| 70 | Charadriiformes | Jacaniidae | <i>Jacana spinosa</i> | Jacana norteña | - | - | X | - | - | - | - |
| 71 | Charadriiformes | Laridae | <i>Hydroprogne caspia</i> | Charran caspia | - | - | X | - | - | - | - |
| 72 | Charadriiformes | Laridae | <i>Larus delawarensis</i> | Gaviota pico anillado | - | - | X | - | - | - | - |
| 73 | Charadriiformes | Recurvirostridae | <i>Himantopus mexicanus</i> | Candelerero americano | - | - | X | - | - | - | - |
| 74 | Charadriiformes | Recurvirostridae | <i>Recurvirostra americana</i> | Avoceta americana | - | - | X | - | - | - | - |
| 75 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Actitis macularius</i> | Playero alzacoilita | X | X | X | - | X | - | - |
| 76 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Bartramia longicauda</i> | Zarapito ganga | - | - | X | - | - | - | - |
| 77 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Calidris minutilla</i> | Playero chiquicuilote | - | - | X | - | - | - | - |
| 78 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Gallinago delicata</i> | Agachona Común | - | - | X | - | - | - | - |
| 79 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Numenius americanus</i> | Zarapito picolargo | - | - | X | - | - | - | - |
| 80 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Phalaropus tricolor</i> | Faláparo de Wilson | - | - | X | - | - | - | - |
| 81 | Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Tringa solitaria</i> | Playero solitario | - | - | X | - | - | - | - |
| 82 | Columbiformes | Columbidae | <i>Columba livia</i> | Paloma Doméstica | X | X | X | X | X | - | EX |
| 83 | Columbiformes | Columbidae | <i>Columbina inca</i> | Tórtola Coliarga | X | X | X | X | X | - | - |
| 84 | Columbiformes | Columbidae | <i>Columbina passerina</i> | Tórtola Común | X | X | X | X | X | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 85 | Columbiformes | Columbidae | <i>Leptotila verreauxi</i> | Paloma Arrollera | - | - | X | X | - | - | - | - |
| 86 | Columbiformes | Columbidae | <i>Patagioenas fasciata</i> | Paloma Encinera | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 87 | Columbiformes | Columbidae | <i>Streptopelia decaocto</i> | Tórtola de collar | - | X | - | X | X | - | - | EX |
| 88 | Columbiformes | Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Paloma Aliblanca | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 89 | Columbiformes | Columbidae | <i>Zenaida macroura</i> | Paloma Huijota | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 90 | Coraciiformes | Alcedinidae | <i>Chloroceryle americana</i> | Martin-pescador Verde | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 91 | Coraciiformes | Alcedinidae | <i>Megaceryle alcyon</i> | Martin-pescador Norteño | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 92 | Coraciiformes | Momotidae | <i>Momotus mexicanus</i> | Momoto Coronicafé | X | X | X | X | X | - | - | C |
| 93 | Cuculiformes | Cuculidae | <i>Coccyzus americanus</i> | Cucillo pico-amarillo | - | - | X | X | X | X | - | - |
| 94 | Cuculiformes | Cuculidae | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero Pijuy | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 95 | Cuculiformes | Cuculidae | <i>Geococcyx californianus</i> | Correcaminos Mayor | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 96 | Cuculiformes | Cuculidae | <i>Geococcyx velox</i> | Correcaminos Menor | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 97 | Cuculiformes | Cuculidae | <i>Piaya cayana</i> | Cuco Ardilla | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 98 | Falconiformes | Falconidae | <i>Caracara cheriway</i> | Caracara Común | X | X | X | X | - | - | II | - |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| 12 | Passeriformes | Cardinalidae | <i>Piranga erythrocephala</i> | Tángara Cabecirroja | X | X | - | - | - | - | - | - | E |
| 9 | Passeriformes | Cardinalidae | <i>Piranga flava</i> | Tángara Encinera | X | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 13 | Passeriformes | Cardinalidae | <i>Piranga ludoviciana</i> | Tángara Occidental | X | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 0 | Passeriformes | Cardinalidae | <i>Piranga rubra</i> | Tángara Roja | X | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 13 | Passeriformes | Certhiidae | <i>Certhia americana</i> | Trepador Americano | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | Passeriformes | Cinclidae | <i>Cinclus mexicanus</i> | Mirlo-acuático Americano | X | X | X | - | - | - | PR | - | - |
| 4 | Passeriformes | Corvidae | <i>Aphelocoma ultramarina</i> | Chara pecho gris neovolcanica | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | Passeriformes | Corvidae | <i>Aphelocoma wollweberi</i> | Chara pecho gris | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Passeriformes | Corvidae | <i>Calocitta colliei</i> | Urraca-hermosa Carinegra | - | X | X | X | - | - | - | - | E |
| 13 | Passeriformes | Corvidae | <i>Corvus corax</i> | Cuervo Grande | X | X | X | X | - | - | - | - | - |
| 8 | Passeriformes | Corvidae | <i>Cyanocorax sanblasianus</i> | Urraca de San Blas | - | - | - | X | - | - | - | - | E |
| 13 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Aimophila rufescens</i> | Zacatonero Rojizo | X | X | X | X | - | - | - | - | - |
| 14 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Aimophila ruficeps</i> | Zacatonero corona ruía | X | X | - | X | - | - | - | - | - |
| 1 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Ammodramus savannarum</i> | Gorrión chapulín | X | X | - | X | - | - | - | - | - |
| 14 | Passeriformes | Emberizidae | | | X | X | - | X | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|--------------|-----------------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Pipilo ocai</i> | Rascador Collarejo | X | X | - | - | - | - | - | E |
| 8 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Pooecetes gramineus</i> | Gorrion cola blanca | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 15 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Pooecetes gramineus</i> | Gorrion cola blanca | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 9 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Spizella atrogularis</i> | Gorrion barba negra | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Spizella breweri</i> | Gorrion de brewer | - | - | - | X | - | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Spizella pallida</i> | Gorrion Pálido | X | X | X | X | - | - | - | S |
| 2 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Spizella pallida</i> | Gorrion Pálido | X | X | X | X | - | - | - | S |
| 16 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Spizella passerina</i> | Gorrion Cejiblanco | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 3 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Spizella passerina</i> | Gorrion Cejiblanco | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Emberizidae | <i>Zonotrichia leucophrys</i> | Corrion Coronblanco | - | - | X | X | X | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Euphonia elegantissima</i> | Eufonia capucha azul | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 5 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Euphonia elegantissima</i> | Eufonia capucha azul | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Haemorrhous mexicanus</i> | Pinzón mexicano | X | X | - | X | X | - | - | - |
| 6 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Haemorrhous mexicanus</i> | Pinzón mexicano | X | X | - | X | X | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Spinus notatus</i> | Jilguero encapuchado | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 7 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Spinus notatus</i> | Jilguero encapuchado | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Spinus pinus</i> | Jilguero pinero | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Spinus pinus</i> | Jilguero pinero | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 16 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Spinus psaltria</i> | Jilguero albilanca | X | X | - | X | X | - | - | - |
| 9 | Passeriformes | Fringillidae | <i>Spinus psaltria</i> | Jilguero albilanca | X | X | - | X | X | - | - | - |
| 17 | Passeriformes | Furnariidae | <i>Lepidocolaptes leucogaster</i> | Trepatroncos Blanquitrarayad | X | X | - | - | - | - | - | E |
| 0 | Passeriformes | Furnariidae | <i>Lepidocolaptes leucogaster</i> | Trepatroncos Blanquitrarayad | X | X | - | - | - | - | - | E |
| 17 | Passeriformes | Furnariidae | <i>Xiphorhynchus flavigaster</i> | Trepatroncos bigotudo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 1 | Passeriformes | Furnariidae | <i>Xiphorhynchus flavigaster</i> | Trepatroncos bigotudo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 17 | Passeriformes | Hirundinidae | <i>Hirundo rustica</i> | Golondrina Ranchera | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 2 | Passeriformes | Hirundinidae | <i>Hirundo rustica</i> | Golondrina Ranchera | X | X | X | X | X | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|------------|--------------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 21 | Passeriformes | Parulidae | <i>Parkesia noveboracensis</i> | Chipe charquero | X | X | X | - | - | - | - | - |
| 8 | Passeriformes | Parulidae | <i>Seiurus auropipila</i> | Chipe-suelero Coronado | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 21 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga americana</i> | Parula norteña | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga coronata</i> | Chipe Rabadilla-amarilla | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga coronata</i> | Chipe Rabadilla-amarilla | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 0 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga americana</i> | Parula norteña | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga coronata</i> | Chipe Rabadilla-amarilla | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga dominica</i> | Chipe garganta amarilla | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 2 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga dominica</i> | Chipe garganta amarilla | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga graciae</i> | Chipe de Grace | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 3 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga graciae</i> | Chipe de Grace | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga nigrescens</i> | Chipe Negrigris | X | X | - | - | - | X | - | S |
| 4 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga nigrescens</i> | Chipe Negrigris | X | X | - | - | - | X | - | S |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga occidentalis</i> | Chipe Cabeciamarillo | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga occidentalis</i> | Chipe Cabeciamarillo | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga petechia</i> | Chipe Amarillo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 6 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga petechia</i> | Chipe Amarillo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga pitayumi</i> | Parula Tropical | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 7 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga pitayumi</i> | Parula Tropical | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga ruticilla</i> | Pavito Migratorio | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 8 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga ruticilla</i> | Pavito Migratorio | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 22 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga townsendi</i> | Chipe de Townsend | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga townsendi</i> | Chipe de Townsend | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 23 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga virens</i> | Chipe dorso verde | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 0 | Passeriformes | Parulidae | <i>Setophaga virens</i> | Chipe dorso verde | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 23 | Passeriformes | Passeridae | <i>Passer domesticus</i> | Gorrión común | - | - | - | - | X | - | - | EX |
| 1 | Passeriformes | Passeridae | <i>Passer domesticus</i> | Gorrión común | - | - | - | - | X | - | - | EX |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|----------------|--|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | Passeriformes | Peucedramidae | <i>Peucedramus taeniatus</i> | Chipe Ocotero | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 2 | Passeriformes | Poliopitilidae | <i>Poliopitila caerulea</i> | Perlita grisilla | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 23 | Passeriformes | Poliopitilidae | <i>Poliopitila nigriceps</i> | Perlita sinaloense | - | - | X | X | - | - | - | - |
| 4 | Passeriformes | Ptilogonidae | <i>Phainopepla nitens</i> | Capulínero Negro | - | - | X | X | - | - | - | - |
| 23 | Passeriformes | Ptilogonidae | <i>Ptilogonys cinereus</i> | Capulínero Gris | X | X | X | X | X | - | - | C |
| 23 | Passeriformes | Regulidae | <i>Regulus calendula</i> | Reyezuelo Sastrecillo | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 7 | Passeriformes | Remizidae | <i>Auriparus flaviceps</i> | Baloncillo | - | - | - | X | - | - | - | - |
| 23 | Passeriformes | Sittidae | <i>Sitta carolinensis</i> | Satapalos Pechiblanco | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Passeriformes | Thraupidae | <i>Sporophila torqueola</i> | Semillero Collarejo | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 24 | Passeriformes | Thraupidae | <i>Volatinia jacarina</i> | Semillero Bincador | - | - | X | X | X | - | - | - |
| 1 | Passeriformes | Tityridae | <i>Pachyrhamphus aglaiae</i> | Mosquero cabezón degollado | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 24 | Passeriformes | Tityridae | <i>Pachyrhamphus major</i> | Mosquero cabezón mexicano | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 3 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Campylorhynchus brunneicapillus</i> | Matraca del desierto | - | - | - | X | - | - | - | - |
| 24 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Campylorhynchus sularis</i> | Matraca Manchada | X | X | - | X | - | - | - | E |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|---------------|--------------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 24 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Catherpes mexicanus</i> | Chivirín barranqueño | X | - | X | X | X | - | - | - |
| 6 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Cistothorus palustris</i> | Chivirín pantanero | - | - | X | - | - | - | - | - |
| 24 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Pheugopedius felix</i> | Chivirín feliz | X | X | - | X | - | - | - | E |
| 8 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Salpinctes obsoletus</i> | Saltapared Roquero | - | X | - | X | - | - | - | - |
| 24 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Thryomanes bewickii</i> | Saltapared de Bewick | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 0 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Thryophilus sinaloa</i> | Chivirín sinaloense | - | X | X | X | - | - | - | C |
| 25 | Passeriformes | Troglodytidae | <i>Troglodytes aedon</i> | Saltapared Continental | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 2 | Passeriformes | Turdidae | <i>Catharus aurantirostris</i> | Zorzalito Piquinaranja | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 3 | Passeriformes | Turdidae | <i>Catharus guttatus</i> | Zorzalito Colirrufo | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 25 | Passeriformes | Turdidae | <i>Catharus occidentalis</i> | Zorzal mexicano | X | X | - | - | - | - | - | E |
| 5 | Passeriformes | Turdidae | <i>Catharus ustulatus</i> | Zorzalito de Swainson | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 25 | Passeriformes | Turdidae | <i>Myadestes occidentalis</i> | Clarín Jilguero | X | X | - | - | - | - | PR | - |
| 7 | Passeriformes | Turdidae | <i>Myadestes townsendi</i> | Clarín norteño | X | X | - | - | - | - | PR | - |
| 25 | Passeriformes | Turdidae | <i>Sialia currucoides</i> | Azulejo pálido | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 9 | Passeriformes | Turdidae | <i>Sialia mexicana</i> | Azulejo | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 26 | Passeriformes | Turdidae | | | X | X | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|------------|-------------------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|---|
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Sayornis nigricans</i> | Mosquero Negro | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Sayornis phoebe</i> | Papamoscas Fibi | - | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Sayornis saya</i> | Mosquero Lanero | - | - | X | X | X | X | - | - | - |
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Tyrannus crassirostris</i> | Tirano Piquirueso | - | - | X | X | X | X | - | - | - |
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Tyrannus melancholicus</i> | Tirano Tropical | X | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Tyrannus verticalis</i> | Tirano Occidental | X | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 29 | Passeriformes | Tyrannidae | <i>Tyrannus vociferans</i> | Tirano de Cassin | X | X | X | X | X | X | - | - | S |
| 29 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo atricapilla</i> | Vireo Gorrinegro | - | X | X | X | X | - | - | P, VU | S |
| 29 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo bellii</i> | Vireo de Bell | - | - | X | X | X | - | - | - | - |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo cassinii</i> | Vireo de Cassin | X | X | - | - | - | - | - | - | S |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo flavoviridis</i> | Vireo verdeamarillo | X | X | - | X | X | X | - | - | - |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo gilvus</i> | Vireo Gorjeador | X | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo griseus</i> | Vireo ojos blancos | X | X | - | X | - | - | - | - | - |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo huttoni</i> | Vireo de Hutton | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo hypochryseus</i> | Vireo Dorado | - | X | X | X | X | - | - | - | E |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------|------------|------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|---|---|----|---|----|
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo olivaceus</i> | Vireo ojo rojo | X | X | - | X | - | - | - | - | - |
| 6 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo plumbeus</i> | Vireo Plomizo | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo solitarius</i> | Vireo antejillo | - | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 8 | Passeriformes | Vireonidae | <i>Vireo solitarius</i> | Vireo antejillo | - | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 30 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ardea alba</i> | Garza grande | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ardea alba</i> | Garza grande | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ardea herodias</i> | Garzon cenizo | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 0 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ardea herodias</i> | Garzon cenizo | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Botaurus lentiginosus</i> | Avetoro norteño | - | - | X | - | - | - | A | - | - |
| 1 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Botaurus lentiginosus</i> | Avetoro norteño | - | - | X | - | - | - | A | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Bubulcus ibis</i> | Garza ganadera | X | X | X | X | X | X | - | - | EX |
| 2 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Bubulcus ibis</i> | Garza ganadera | X | X | X | X | X | X | - | - | EX |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Butorides striatus</i> | Garcita oscura | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 3 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Butorides striatus</i> | Garcita oscura | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Butorides virescens</i> | Garza verde | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Butorides virescens</i> | Garza verde | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Egretta caerulea</i> | Garceta azul | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Egretta caerulea</i> | Garceta azul | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Egretta thula</i> | Garza Nivea | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Egretta thula</i> | Garza Nivea | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Egretta tricolor</i> | Garza tricolor | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 7 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Egretta tricolor</i> | Garza tricolor | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ixobrychus exilis</i> | Ave toro mínimo | - | - | X | - | - | - | PR | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ixobrychus exilis</i> | Ave toro mínimo | - | - | X | - | - | - | PR | - | - |
| 8 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Ixobrychus exilis</i> | Ave toro mínimo | - | - | X | - | - | - | PR | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Nycticorax nycticorax</i> | Garza nocturna coroninegra | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 31 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Nycticorax nycticorax</i> | Garza nocturna coroninegra | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Nycticorax nycticorax</i> | Garza nocturna coroninegra | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 32 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Tigrisoma mexicanum</i> | Garza tigre mexicana | - | - | X | - | - | - | PR | - | - |
| 0 | Pelecaniformes | Ardeidae | <i>Tigrisoma mexicanum</i> | Garza tigre mexicana | - | - | X | - | - | - | PR | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|--------|---|
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Glaucidium brasilianum</i> | T ecolote bañero | X | X | - | X | - | II | - |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Glaucidium gnoma</i> | T ecolito Serrano | X | X | - | X | - | II | - |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Glaucidium palmarum</i> | T ecolito colimense | X | X | - | X | - | A, II | E |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Megascops kennicottii</i> | T ecolote Occidental | X | X | - | - | - | II | - |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Megascops trichopsis</i> | T ecolote rítmico | X | X | - | - | - | II | - |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Otus flammeolus</i> | T ecolote Flameado | X | X | - | X | - | II | S |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Strix occidentalis</i> | Búho Manchado | X | X | - | - | - | A, II | - |
| 35 | Strigiformes | Strigidae | <i>Strix varia</i> | Búho listado | X | X | - | - | - | PR, II | - |
| 35 | Strigiformes | Tytonidae | <i>Tyto alba</i> | Lechuza de Campanario | X | X | X | X | X | II | - |
| 35 | Suliformes | Phalacrocoracidae | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | Cormorán oliváceo | - | - | X | - | - | - | - |
| 36 | Trogoniformes | Trogonidae | <i>Euptilotis neoxenus</i> | Trogon Orejon | X | X | X | X | - | A | C |
| 36 | Trogoniformes | Trogonidae | <i>Trogon elegans</i> | Trogon Elegante | X | X | - | X | - | - | - |
| 36 | Trogoniformes | Trogonidae | <i>Trogon mexicanus</i> | Trogon Mexicano | X | X | - | X | - | - | - |

Listado de especies de Mamíferos voladores (Murciélagos)

| Orden | Familia | Especie | P-E | E | A | BTC | U/P | Prot. | End. |
|-------|---------|---------|-----|---|---|-----|-----|-------|------|
|-------|---------|---------|-----|---|---|-----|-----|-------|------|

| | | | | Nombre común | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Chiroptera | Emballonuridae | <i>Balantiopteryx plicata</i> | Murciélago sacos alares | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | Chiroptera | Molossidae | <i>Eumops underwoodi</i> | Murciélago con bonete | X | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | Chiroptera | Molossidae | <i>Molossus rufus</i> | Murciélago mastín negro | X | X | - | X | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Chiroptera | Molossidae | <i>Molossus sinaloae</i> | Murciélago moloso de Sinaloa | X | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Chiroptera | Molossidae | <i>Nyctinomops aurispinosus</i> | Murciélago de orejas espinosas | - | X | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Chiroptera | Molossidae | <i>Nyctinomops femorosaccus</i> | Murciélago coludo con bolsas | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | Chiroptera | Molossidae | <i>Nyctinomops macrotis</i> | Murciélago coludo de orejas grandes | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Chiroptera | Molossidae | <i>Promops centralis</i> | Murciélago mastín mayor | X | X | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Chiroptera | Molossidae | <i>Tadarida brasiliensis</i> | Murciélago de cola libre | X | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Chiroptera | Mormoopidae | <i>Mormoops megalophylla</i> | Murciélago cara de espantajo | X | - | X | X | X | X | - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | Chiroptera | Mormoopidae | <i>Pteronotus davyi</i> | Murciélago de espalda desnuda | X | X | X | - | - | - | - | - |
| 12 | Chiroptera | Mormoopidae | <i>Pteronotus parnellii</i> | Murciélago bigotudo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 13 | Chiroptera | Natalidae | <i>Natalus mexicanus</i> | Murciélago con órganos natálidos | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 14 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Anoura geoffroyi</i> | Murciélago rabón lenguilargo | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 15 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Artibeus hirsutus</i> | Murciélago zapotero de patas peludas | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 16 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Artibeus lituratus</i> | Murciélago frutero de Allen | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 17 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Artibeus jamaicensis</i> | Murciélago zapotero de Jamaica | X | X | X | - | X | - | - | - |
| 18 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Centurio senex</i> | Murciélago zapotero gigante | X | - | X | X | - | - | - | - |
| 19 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Chiroderma salvini</i> | Murciélago chato | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 20 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Choeronyctus godmani</i> | Murciélago de lengua larga de Godman | - | X | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|-------|---|
| 21 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Choeronycteris mexicana</i> | Murciélago trompudo | X | X | X | X | - | A | - |
| 22 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Dermanura azteca</i> | Murciélago zapotero gigante | - | X | - | - | X | - | - |
| 23 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Dermanura phaeotis</i> | Murciélago frugívoro pigmeo | X | X | X | X | - | - | - |
| 24 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Dermanura tolteca</i> | Murciélago zapotero gigante | X | X | - | - | - | - | - |
| 25 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Desmodus rotundus</i> | Vampiro de patas pelonas | X | X | X | X | X | - | - |
| 26 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Enchisthenes harti</i> | Murciélago frutero menor | X | X | - | X | - | Pr | - |
| 27 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Glossophaga commisarisii</i> | Murciélago siricotero | X | X | - | X | - | - | - |
| 28 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Glossophaga leachii</i> | Murciélago gris lengua larga | X | X | - | X | - | - | - |
| 29 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Glossophaga soricina</i> | Murciélago siricotero | X | X | X | X | - | - | - |
| 30 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Hylonycteris underwoodi</i> | Murciélago lenguilargo costarricense | X | X | - | X | - | - | - |
| 31 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Leptonycteris yerbabuena</i> | Murciélago magueyero menor | X | X | X | X | - | A, VU | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|-------|---|
| 32 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Leptonycteris nivalis</i> | Murciélago hociucado de la nieve | X | X | - | X | - | - | A, EN | - |
| 33 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Macrotus waterhousii</i> | Murciélago orejudo | X | - | - | X | X | - | - | - |
| 34 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Micronycteris microtis</i> | Murciélaguito orejudo brasileño | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 35 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Sturnira parvidens</i> | Murciélago de charretera menor | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 36 | Chiroptera | Phyllostomatidae | <i>Sturnira hondurensis</i> | Murciélago de charreteras mayor | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 37 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Antrozous pallidus</i> | Murciélago pálido | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 38 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Corynorhinus mexicanus</i> | Murciélago orejas de mula | - | X | - | - | - | - | - | X |
| 39 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Corynorhinus towsendii</i> | Murciélago orejas de mula | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 40 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Eptesicus furinalls</i> | Murciélaguito prieto | - | X | X | - | - | - | - | - |
| 41 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Eptesicus fuscus</i> | Gran murciélago moreno | - | X | - | - | X | - | - | - |
| 42 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Lasiusurus blosevillii</i> | Murciélago colorado | - | X | X | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|------------------|------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Lasurus cinereus</i> | Murciélago escarchado | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 44 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Lasurus intermedius</i> | Murciélago amarillo | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 45 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Lasurus xanthinus</i> | Murciélago amarillo de la Laguna | - | - | - | X | X | - | - | - |
| 46 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis auriculus</i> | Murciélago orejudo | - | X | - | - | - | - | - | - |
| 47 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis californicus</i> | Murciélaguito orejudo de California | X | X | X | - | - | - | - | - |
| 48 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis fortidens</i> | Miotis canelo | - | X | - | - | X | - | - | X |
| 49 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis thysanoides</i> | Murciélaguito cola orlada | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 50 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis velfifer</i> | Murciélaguito pardo | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 51 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis volans</i> | Murciélaguito de piernas largas | X | X | - | - | X | - | - | - |
| 52 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Myotis yumanensis</i> | Murciélaguito pardo de Yuma | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 53 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Parastrellus hesperus</i> | Pipistrello del Oeste Americano | X | - | - | - | X | - | - | - |
| 54 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Rhogessa alleni</i> | Murciélago amarillo mayor | X | X | - | X | - | - | - | X |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Rhogessa gracilis</i> | Murciélago amarillo orejas largas | X | X | - | X | - | - | - | X |
| 56 | Chiroptera | Vespertilionidae | <i>Rhogessa parvula</i> | Murciélaguito amarillo | X | X | - | X | - | - | - | X |

Listado de Mamíferos terrestres

| | Orden | Familia | Especie | Nombre común | P-E | E | A | BTC | U/P | Prot. | End. |
|---|--------------|-------------|---------------------------------|--------------------|-----|---|---|-----|-----|-------|------|
| 1 | Artiodactyla | Cervidae | <i>Odocoileus virginianus</i> | Venado cola blanca | X | X | X | - | - | - | - |
| 2 | Artiodactyla | Tayassuidae | <i>Dicotyles angulatus</i> | Pecari de collar | X | X | X | - | - | - | - |
| 3 | Carnivora | Canidae | <i>Canis latrans</i> | Coyote | X | X | X | X | X | - | - |
| 4 | Carnivora | Canidae | <i>Urocyon cineroargenteus</i> | Zorra gris | X | X | X | X | X | - | - |
| 5 | Carnivora | Felidae | <i>Herpailurus yagouaroundi</i> | Leoncillo | X | X | - | X | - | A, I | - |
| 6 | Carnivora | Felidae | <i>Leopardus pardalis</i> | Ocelote | - | - | - | X | - | P, I | - |
| 7 | Carnivora | Felidae | <i>Leopardus wiedii</i> | Tigrillo | X | X | - | X | - | P, I | - |
| 8 | Carnivora | Felidae | <i>Lynx rufus</i> | Lince | X | X | X | X | X | II | - |
| 9 | Carnivora | Felidae | <i>Puma concolor</i> | Puma | X | X | - | - | - | II | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|-------------|--------------------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|------|---|
| 10 | Carnivora | Mephitinae | <i>Conepatus leuconotus</i> | Zorrillo | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 11 | Carnivora | Mephitinae | <i>Mephitis macroura</i> | Zorrillo listado | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 12 | Carnivora | Mephitinae | <i>Spilogale angustifrons</i> | Zorrillo manchado | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 13 | Carnivora | Mustelidae | <i>Lontra longicaudis</i> | Nutria | - | X | X | X | X | - | A, I | - |
| 14 | Carnivora | Mustelidae | <i>Mustela frenata</i> | Comadreja | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 15 | Carnivora | Procyonidae | <i>Bassariscus astutus</i> | Cacomixtle | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 16 | Carnivora | Procyonidae | <i>Nasua narica</i> | Tejon | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 17 | Carnivora | Procyonidae | <i>Procyon lotor</i> | Mapache | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 18 | Cingulata | Dasypodidae | <i>Dasypus novemcinctus</i> | Armadillo | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 19 | Didelphimorphia | Didelphidae | <i>Didelphis virginiana</i> | Tiacuache | X | X | X | X | X | X | - | - |
| 20 | Didelphimorphia | Didelphidae | <i>Tiacuatzin canescens</i> | Tiacuachín | - | - | - | X | - | - | - | X |
| 21 | Lagomorpha | Leporidae | <i>Lepus callois</i> | Liebre torda | X | X | X | X | X | - | - | X |
| 22 | Lagomorpha | Leporidae | <i>Sylvilagus cunicularius</i> | Conejo | X | X | X | X | X | - | - | X |
| 23 | Lagomorpha | Leporidae | <i>Sylvilagus floridanus</i> | Conejo | X | X | X | X | X | - | - | - |
| 24 | Rodentia | Geomysidae | <i>Cratogeomys fumosus</i> | Tuza | X | X | - | X | - | A | X | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------|--------------|--------------------------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | Rodentia | Geomysidae | <i>Pappogeomys bulleri</i> | Tuza | X | X | X | X | - | - | - |
| 26 | Rodentia | Heteromyidae | <i>Liomys irroratus</i> | Ratón espinoso | X | X | X | X | - | - | - |
| 27 | Rodentia | Heteromyidae | <i>Liomys pictus</i> | Ratón espinoso | X | X | X | X | - | - | - |
| 28 | Rodentia | Heteromyidae | <i>Perognathus flavus</i> | Ratón de abazones | X | X | - | - | - | - | - |
| 29 | Rodentia | Cricetidae | <i>Baiomys musculus</i> | Ratón pigmeo | X | X | X | X | X | - | - |
| 30 | Rodentia | Cricetidae | <i>Baiomys taylori</i> | Ratón pigmeo | X | X | X | X | X | - | - |
| 31 | Rodentia | Cricetidae | <i>Hodomys alleni</i> | Rata cambalachera | | | | X | | | X |
| 32 | Rodentia | Cricetidae | <i>Microtus mexicanus</i> | Meteorito | X | X | X | X | X | - | - |
| 33 | Rodentia | Cricetidae | <i>Neotoma mexicana</i> | Rata magueyera | X | X | X | - | - | - | - |
| 34 | Rodentia | Cricetidae | <i>Oligoryzomys fulvescens</i> | Ratón | X | X | X | X | - | - | - |
| 35 | Rodentia | Cricetidae | <i>Oryzomys couesi</i> | Rata arrocera | X | X | X | X | X | - | - |
| 36 | Rodentia | Cricetidae | <i>Osgoodomys banderanus</i> | Ratón | X | X | X | X | X | - | X |
| 37 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus gratus</i> | Ratón piñonero | X | X | - | - | X | A | - |
| 38 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus levipes</i> | Ratón de la Malinche | X | X | - | X | - | - | X |
| 39 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus maniculatus</i> | Ratón | X | X | X | X | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus melanophrys</i> | Ratón | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 41 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus melanotis</i> | Ratón | X | X | X | X | - | - | - | X |
| 42 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus pectoralis</i> | Ratón tobillo balnco | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 43 | Rodentia | Cricetidae | <i>Peromyscus spicilegus</i> | Ratón de la Sierra Madre Occidental | X | X | - | - | - | - | - | X |
| 44 | Rodentia | Cricetidae | <i>Reithrodontomys fulvescens</i> | Ratón | X | X | - | X | - | - | - | - |
| 45 | Rodentia | Cricetidae | <i>Reithrodontomys megalotis</i> | Ratón | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 46 | Rodentia | Cricetidae | <i>Sigmodon fulviverter</i> | Rata algodonera | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 47 | Rodentia | Cricetidae | <i>Sigmodon hispidus</i> | Rata algodonera | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 48 | Rodentia | Cricetidae | <i>Sigmodon mascotensis</i> | Rata algodonera | X | X | X | X | X | - | - | X |
| 49 | Rodentia | Sciuridae | <i>Ictidomys mexicanus</i> | Motocle | X | X | - | - | X | - | - | - |
| 50 | Rodentia | Sciuridae | <i>Sciurus aureogaster</i> | Ardilla gris | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 51 | Rodentia | Sciuridae | <i>Sciurus nayaritensis</i> | Ardilla | X | X | - | - | - | - | - | - |
| 52 | Rodentia | Sciuridae | <i>Otospermophilus variegatus</i> | Ardillón | X | X | X | X | - | - | - | - |
| 53 | Soricomorpha | Soricidae | <i>Cryptotis parva</i> | Musaraña | X | X | X | X | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|-----------|--------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 54 | Soricomorpha | Soricidae | <i>Notiosorex evotis</i> | Musaraña | X | X | X | X | X | - | X |
| 55 | Soricomorpha | Soricidae | <i>Sorex oregonus</i> | Musaraña | X | X | - | - | - | - | X |

Fundamentos y Consideraciones para la Pre-propuesta del Corredor Biológico Metropolitano (CBM)

Elaborado por: Jorge Camberos Sánchez

La expansión urbana de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) y de los municipios conurbados ha generado la disminución de las áreas naturales y el deterioro de los recursos naturales y medio ambiente, así como la fragmentación y aislamiento entre las regiones naturales y Áreas Naturales Protegidas (ANP) de los municipios de Zapopan, Tlajomulco, Ixtlahuacán de los Membrillos, Poncitlán, Jamay y Ocotlán entre otros. (Incorporadas a las regiones Barranca del Río Santiago, Bosque La Primavera, Sierra del Madroño, Chapala y otras.). Los corredores naturales y pasos de fauna para la conectividad biológica de estas regiones son cada vez más reducidos y se han deteriorado por el impacto antropocéntrico. Lo anterior se observa en la Figura 58 sobre la conectividad del Corredor Biológico AMG. (Evaluación y Proyecto de Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Zapopan). Los corredores biológicos pueden ser una estrategia para la atención de esta problemática antes mencionada. Actualmente, el nombre de “corredor biológico, corredor ecológico o corredor de conservación” se utiliza para nombrar una gran región a través de la cual las áreas protegidas existentes (parques nacionales, reservas biológicas), o los remanentes de los ecosistemas originales, mantienen su conectividad mediante actividades productivas en el paisaje intermedio que permiten el flujo de las especies¹.

El Corredor Biológico Metropolitano (CBM), es una propuesta y recomendación para las Autoridades e Instancias correspondientes en la materia, para el establecimiento de una Nueva Área Natural Protegida que permita la conectividad entre las Áreas Naturales Protegidas que ya están establecidas con anterioridad, como el bosque La Primavera, La Barranca y el BENSEDI, y las zonas adyacentes a estas, ampliando la zona de protección ambiental de este territorio. Incluyendo los municipios de la ZMG y municipios conurbados.

Además, el CBM se puede vincular con la iniciativa del Corredor Biocultural de la Región Centro Occidente de México la cual se orienta a conservar y manejar sustentablemente los ecosistemas presentes en el Centro Occidente de México, en conjunción con los saberes y conocimientos de los habitantes de las comunidades que habitan en esta región del país. Con el objeto de contribuir a la conservación del patrimonio natural y la preservación de la riqueza cultural de la Región

¹ <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredoresbio.html>

Centro-Occidente de México, proyecto que impulsa la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Con respecto a la justificación técnica para el CBM, el territorio se localiza entre las fronteras o área de transición de Reinos Biogeográficos Holártico y Neotropical (Wallace, 1876)², o Regiones Neártica y Neotropical (Smith, 1941). Así como las Zonas Ecológicas (Rzedowski, 1990³. Toledo, 1998⁴), Provincias (Reinos) Florísticas (Miranda: 21-41, 1952⁵, Rzedowski, 1978: 98-99⁶, Challenger, 1998: 284⁷), y Reinos Faunísticos (Smith, 1949)⁸, lo cual implica una enorme diversidad biológica (megabiodiversa). Así mismo, la importancia de la zona se fundamenta en su localización con respecto a la Costa del Pacífico, la Altiplanicie Mexicana, la Sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico Transversal, lo cual le otorga un valor a esta región.

En lo particular, el municipio de Zapopan, es de gran interés respecto a la biodiversidad. En lo que refiere a la flora, la cantidad de especies vegetales raras⁹ y endemismos (*Mammillaria jalisco*, *Agave Guadalupe*)¹⁰ es considerable, los cuales habitan en los tipos de vegetación de Bosque de Coníferas y de Quercus (Pino-Encino), Bosque Tropical Caducifolio (Barranca o Selva Baja), Pastizal natural e inducido, Bosques Riparios o de Galería. En el marco de la Evaluación y actualización del POELZ, se han identificado alrededor de 1,790 especies que incluyen plantas con flor, coníferas, helechos y musgos (Viacheslav Shalisko Slava, 2017).¹¹ (ver listado Anexo 6). Y para el occidente de México o región de la Nueva Galicia se estiman alrededor de 8,000 especies vegetales identificadas (McVaugh, 1983).¹²

² Espinosa, D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

³ Rzedowski, J., y T. Reyna-Trujillo. 1990. Provincias florísticas. Mapa IV.8.3, en Atlas Nacional de México, vol. III, Instituto de Geografía, unam, México.

⁴ Ramamoorthy, Bye, R., Lot, A., Fa, J., et al. Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución. UNAM. México.

⁵ Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez. 2 vols.

⁶ Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.

⁷ Challenger, A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México, Presente, Pasado y Futuro. CONABIO, UNAM, Sierra Madre A.C., México.

⁸ Ob cit. Rzedowski, J. 1978.

⁹ <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/PropuestaDeOrdenamiento/flora.htm>

¹⁰ <http://www.bosquelaprimavera.com/flora.php>

¹¹ Viacheslav Shalisko Slava, 2017. Introducción aclaratoria para el listado florístico de Zapopan encontrado en las ANP's y el corredor biológico metropolitano Evaluación y Actualización POELZ. CIESAS Occidente. México.

¹² McVaugh, R. Flora Novo-Galiciana: A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico. Published by University of Michigan Press (1983). ISBN 10: 0962073350 ISBN 13: 9780962073359

La fauna silvestre en el municipio es de elevada diversidad, los tipos de hábitats de montaña y barranca albergan más de 50 especies de mamíferos terrestres (55 especies), entre los que destacan el puma (*Felis concolor*), lince (*Lynx rufus*) coyote (*Canis latrans*), zorro (*Urocyon cinereoargenteus*), venado (*Odocoileus virginianus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), mapache (*Procyon lotor*), coati (*Nasua nasus*, *N. narica*), pecari (*Dicotyles tajacu*, *Pecaria tajacu*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), entre otros, y una amplia diversidad de especies de murciélagos (56 especies), más de 60 especies de reptiles y 23 de anfibios, más de 300 especies de aves entre ellas el halcón solitario (*Buteogallus anathracinos*) y 44 especies de peces.¹³

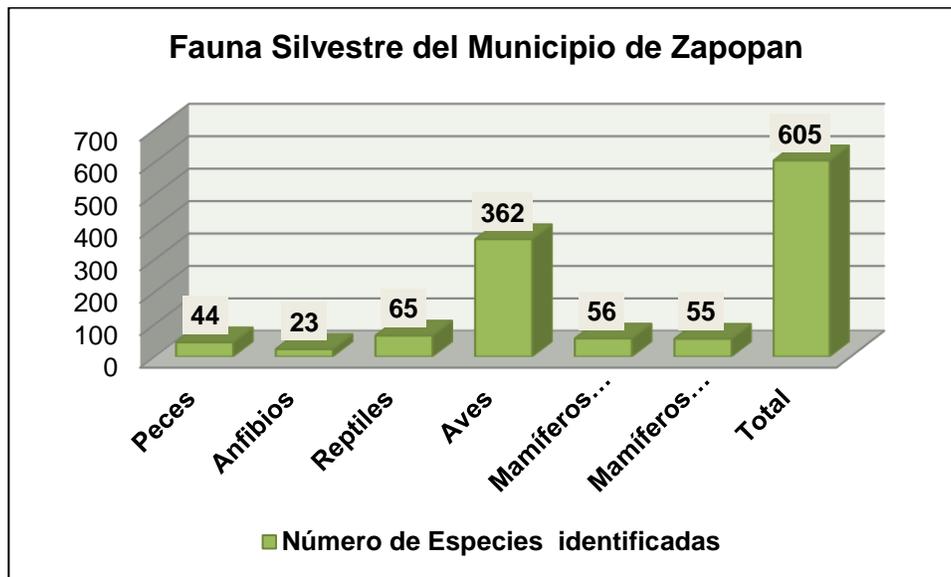


Figura 1. Especies de Fauna Silvestre de Zapopan. Elaboración propia.

Para Zapopan, el CBM, representa una nueva zona a proteger y una ampliación de la superficie protegida del municipio que incluiría un total de 79108.08 hectáreas (ver Figura 55. Sistema de ANP's de Zapopan y Propuesta de ANP Corredor Biológico Metropolitano. Evaluación y Actualización POELZ), esta permitiría el fortalecimiento de la conectividad entre las ANPs y los Núcleos de Conservación (Cerro Tepopote, Cerro el Col – Cerro Cimarrón, El Convento, La Barranca, La Manga, Loma Blanca, los Laureles, Rancho el Robledal, San Esteban), además, fortalecería la conservación de la diversidad biológica, permitiendo el flujo de especies biológicas y evitando su aislamiento y consecutivo deterioro de las poblaciones. (Ver figura 59. Polígonos especiales de Protección Ambiental, Evaluación y Proyecto de Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Zapopan).

¹³ <http://www.bosquelaprimavera.com/fauna.php>

Cuadro 1. Pasos de fauna silvestre para el Corredor Biológico Metropolitano.

| Número de paso de fauna | Localización |
|-------------------------|---|
| Primer paso de fauna | Cruce de la Barranca al Cerro del Chicharrón, por encima o por debajo de la carretera a Saltillo. |
| Segundo paso de fauna | De BENSEDI hacia el Cerro de la Col. |
| Tercer paso de fauna | De la localidad de Monticello para el cruce de la carretera a Colotlán |
| Cuarto paso de fauna | Del Tepopote al BLP |

Fuente: Elaboración propia

Existe la posibilidad de establecer cuatro *pasos de fauna silvestre* que faciliten la conectividad desde la Barranca del Río Santiago, El BENSEDI y hacia el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) del Bosque La Primavera (BLP). Un primer paso de fauna sería para asegurar el cruce de la Barranca al Cerro del Chicharrón, por encima o por debajo de la carretera a Saltillo, un segundo paso sería del BENSEDI hacia el Cerro de La Col, el tercer paso sería a través de la localidad Monticello para el cruce de la carretera a Colotlán y el cuarto paso para conectar el Cerro del Tepopote al BLP en un cruce por arriba en la carretera a Nogales en las cercanías del punto específico de revisión zoonosanitaria de la SAGARPA (punto de inspección).

Figura 1. Propuesta de paso de fauna silvestre sobre carretera a Nogales.



Fotografía 1. Recorridos en el marco de la evaluación y actualización del POELZ, 2017. Album fotográfico POELZ 2017

El establecimiento del Corredor Biológicos Metropolitano, permitiría la conectividad entre los paisajes, los ecosistemas y el hábitat, y evitará el aislamiento de las especies biológicas, garantizando la conservación de la biodiversidad y de los procesos evolutivos y ecológicos de las especies biológicas del territorio¹⁴. “Las áreas protegidas se han considerado históricamente como islas. Ahora las personas están empezando a considerarlas como parte de las redes ecológicas” (Piedrahíta López, C. 2013 cita a Bernal Herrera CATIE, Costa Rica).¹⁵

Por lo tanto, el Corredor Biológico Metropolitano (CBM), es una “estrategia de recuperación de paisajes altamente fraccionados.”¹⁶ Y ayudaría a “la continuidad de los procesos biológicos”¹⁷. Puesto que la “fragmentación se origina por la transformación del paisaje que se realiza con el objetivo de abrir tierras de cultivo, crear pastizales para el ganado, construir presas y carreteras o por el desarrollo urbano. Una vez que inicia un proceso de fragmentación, desencadena una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia impacta las poblaciones y comunidades de flora y fauna, los suelos y el agua, que responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos”¹⁸. De ahí la importancia de esta propuesta de *CBM*. Ayudando también, como lo argumentan los especialistas, a que las especies biológicas se adapten al proceso de cambio climático que se presenta actualmente en todo el planeta.^{19 20}

¹⁴ Feoli Boraschi, S. 2009. Corredores biológicos: una estrategia de una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. Kurú: Revista Forestal. Costa Rica.

¹⁵ Piedrahíta López, C. 2013. Lineamientos Técnicos para la planificación de la adaptación al cambio climático en áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Escuela de posgrado. Tesis grado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Turrialba, Costa Rica.

¹⁶ Ruiz Osorio, C., Cardona Hernandez, D., Duque, J. L. 2012. Corredores biológicos una estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados, estudio de caso Microcuenca La Bolsa, municipio de Marinilla. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

¹⁷ <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredor.html>

¹⁸ <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredor.html>

¹⁹ Fraser B. 2014. Los corredores biológicos ayudan a que las plantas se adapten al cambio climático – estudio. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Los Bosques en las Noticias (Forests News). Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería, respaldado por el Proyecto MESOTERRA del Programa Mesoamericano Agro-Ambiental en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica.

²⁰ Imbach A., P., Locatelli, B., Molina G., L., Ciais P., Leadley W.P., 2013. Climate change and plant dispersal along corridors in fragmented landscapes of Mesoamerica. Ecology and Evolution. Ecol Evol. 2013 Sep; 3(9): 2917–2932. Published online 2013 Jul 30. doi: 10.1002/ece3.672. Wiley Online library. Copyright © 1999-2017 John Wiley & Sons, Inc. All Rights Reserved.

La propuesta se orienta a mantener y restaurar la conectividad del paisaje natural a través de un corredor biológico entre las Áreas Naturales Protegidas ya establecidas, así como las regiones naturales y zonas rurales de la región, mediante el establecimiento de áreas de protección, que puedan ser, en algunas zonas, alargadas, y que conecten las regiones naturales del municipio. Pudiendo servir en algunos sitios como franjas estrechas de vegetación, o bien bosques ribereños, u otras estrategias ambientales como túneles por debajo de carreteras, plantaciones forestales, vegetación remanente y extensiones de bosques naturales. Teniendo como requisito indispensable el mantenimiento de la conectividad entre los extremos para evitar el aislamiento de las poblaciones biológicas (plantas y animales).



Gestión Integral
de la Ciudad



Gobierno de
Zapopan



Medio Ambiente
Gestión Integral de la Ciudad



Centro de Investigaciones y Estudios Antropológicos Superiores en
Antropología Social.

ÍNDICE GENERAL.

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN. | 5 |
| Caracterización. | 13 |
| Diagnóstico..... | 13 |
| Pronóstico. | 15 |
| Propuesta..... | 15 |
| 1. Caracterización del subsistema natural..... | 16 |
| ELEMENTOS DE ACTUALIZACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN: VARIACIONES DEL RELIEVE. | 16 |
| 1.1 Modelo Digital de Elevación (MDE). | 16 |
| 1.2 Marco tectónico regional. | 21 |
| 1.3 Estratigrafía y geología..... | 23 |
| Grupo de Guadalajara. | 23 |
| Ignibrita San Gaspar. | 23 |
| Calderas volcánicas..... | 24 |
| Caldera volcánica La Primavera. | 25 |
| Lavas máficas cubiertas por flujos de riolacita | 25 |
| Cineríticos de lavas máficas. | 26 |
| Grupo del Río Santiago. | 26 |
| Depósitos aluviales. | 27 |
| Identificación de morfoalineamientos. | 30 |
| 1.4 Geomorfología. | 33 |
| PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS. | 38 |
| ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL RELIEVE. | 39 |
| Morfometría Geomorfológica. | 39 |
| Densidad de disección horizontal..... | 39 |
| Densidad de disección vertical..... | 44 |
| El sustrato natural soporte de la urbe. | 48 |
| Zonas a considerar por disección y presión urbana..... | 49 |
| Recomendaciones generales..... | 64 |
| Erosión potencial del relieve. | 64 |

| | |
|---|-----|
| 1.5 Condiciones de los suelos. | 67 |
| Pedogénesis. | 67 |
| 2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS. | 71 |
| 2.1 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA. | 72 |
| Bordos y presas. | 72 |
| Caso presa San José (Santa Lucía). | 75 |
| Canales. | 79 |
| Peligrosidad de canales. | 83 |
| Representaciones cartográficas de los riesgos hidrometeorológicos. | 85 |
| Criterios para los mapas de peligrosidad. | 86 |
| Criterios para el mapa de inundaciones históricas. | 86 |
| 2.2 Inundaciones Históricas. | 92 |
| Clasificación por densidad de eventos de inundación histórica. | 92 |
| Concentración de eventos históricos (categoría muy alta, alta). | 94 |
| 2.3 Categorización de zonas inundables. | 95 |
| Criterios para la categorización de polígonos de inundaciones (áreas concretas o de modelado menor). | 95 |
| Las inundaciones: casos de estudio. | 98 |
| Inundaciones por obturación, canalizaciones deficientes. | 98 |
| Inundaciones por condiciones geomorfológicas. | 101 |
| Inundaciones por trazo de avenidas y calles metropolitanas. | 103 |
| 2.4 Microflujo. | 105 |
| 3. FENÓMENOS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICOS. | 108 |
| 3.1 Peligrosidad sísmica. | 108 |
| 3.2 Zonas de relleno. | 114 |
| 3.3 Hundimientos. | 118 |
| Clasificación por densidad de eventos de hundimientos históricos. | 123 |
| 3.4 Agrietamientos. | 125 |
| Consideraciones Conclusivas. | 133 |
| 4. FENÓMENOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS. | 134 |
| 4.1 Gaseras y gasolineras. | 134 |
| 4.2 Empresas e Industrias contaminantes. | 140 |

| | |
|--|-----|
| 4.3 Eventos Peligrosos Químico-Tecnológicos..... | 142 |
| 4.4 Puntos de Calor. | 148 |
| 5. FENÓMENOS ECOLÓGICO-SANITARIOS..... | 152 |
| 5.1 Incendios forestales. | 152 |
| 5.2 Basureros, plantas de transferencia, rellenos sanitarios, vertederos y tiraderos clandestinos. | 181 |
| Picachos. | 184 |
| Hasars. | 185 |
| Planta de Transferencia Belenes..... | 186 |
| 5.3 Rastros y Mataderos. | 187 |
| CONSIDERACIONES FINALES. | 190 |
| Bibliografía. | 192 |

ÍNDICE DE CUADROS.

| | |
|---|-----|
| Cuadro 1: Insumos de la caracterización y diagnóstico. | 14 |
| Cuadro 2: Alcances consignados para la caracterización-diagnóstico..... | 15 |
| Cuadro 3: Temática del estudio conforme el alcance propuesto en el guión para la actualización..... | 16 |
| Cuadro 4: Disección horizontal general para todo el municipio de Zapopan..... | 42 |
| Cuadro 5: Disección horizontal por unidades geomorfológicas..... | 43 |
| Cuadro 6: Disección vertical general para todo el municipio de Zapopan..... | 46 |
| Cuadro 7: Disección vertical por unidades geomorfológicas..... | 47 |
| Cuadro 8: Unidades geomorfológicas urbanizadas..... | 49 |
| Cuadro 9: Especificaciones del modelo de erosión potencial. | 65 |
| Cuadro 10: Cuerpos de agua perennes en todo el municipio 2017..... | 73 |
| Cuadro 11: Cuerpos de agua intermitentes en todo el municipio 2017..... | 74 |
| Cuadro 12: Principales presas de Zapopan de acuerdo a datos de CONAGUA... 79 | |
| Cuadro 13: Longitud de canales 2017..... | 80 |
| Cuadro 14: Relación histórica de inundaciones reportadas. | 87 |
| Cuadro 15: Inundaciones históricas reportadas con valor de confianza 2. | 88 |
| Cuadro 16: Clasificación y extensión de las inundaciones históricas..... | 92 |
| Cuadro 17: Número de segmentos de canal con insuficiencia hidráulica por subcuenca..... | 99 |
| Cuadro 18: Zonas inundables por infraestructura hidráulica deficiente (interrupción en la red de canales) por subcuenca..... | 101 |
| Cuadro 19: Zonas inundables por condiciones geomorfológicas por subcuenca. | 102 |
| Cuadro 20: Zonas inundables por condiciones hidráulicas por subcuenca..... | 104 |
| Cuadro 21: Jerarquía de los microflujos..... | 107 |
| Cuadro 22: Microflujo por subcuenca o microcuenca..... | 107 |
| Cuadro 23: Tabular de magnitudes estimadas necesarias para que un sismo produzca un deslizamiento (Keefer, 1984 en Suárez, 1998)..... | 114 |
| Cuadro 24: Número de hundimientos por fuga de agua..... | 120 |
| Cuadro 25: Clasificación de hundimientos históricos. | 123 |
| Cuadro 26: Tabla de valores y pesos asignados a cada variable para la generación del modelo de susceptibilidad por deslizamiento. Estas variables fueron seleccionadas debido a que agrupan muchos de los procesos ambientales que constituyen las condiciones originales del sistema. | 130 |
| Cuadro 27: Plantas distribuidoras de gas LP y gasolineras con más habitantes expuestos de acuerdo a su ubicación. | 139 |
| Cuadro 28: Número de unidades económicas por tipo de giro dentro del rubro de empresas que manejan sustancias contaminantes..... | 142 |
| Cuadro 29: Listado de eventos químicos registrados en Zapopan por tipo..... | 145 |
| Cuadro 30: Población expuesta a fenómenos químicos según áreas de riesgo. | 147 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 31: Cantidad y densidad de incendios forestales por unidad paisajística. | 169 |
| Cuadro 32: Variables y ponderación para la generación del modelo de susceptibilidad a incendios forestales. | 170 |
| Cuadro 33: Ponderación de incendios históricos. | 170 |
| Cuadro 34: Ponderación de coberturas de suelo. | 171 |
| Cuadro 35: Frecuencia de eventos de incendios forestales registrados por SEMADET por mes. | 173 |
| Cuadro 36: Frecuencia de incendios forestales registrados por CONAFOR por mes. | 174 |
| Cuadro 37: Ponderación de orientación de la pendiente de acuerdo a los vientos dominantes..... | 175 |
| Cuadro 38: Ponderación de la pendiente de acuerdo a los grados de inclinación. | 177 |
| Cuadro 39: Ponderación del NDVI. | 178 |
| Cuadro 40: Ponderación de cercanía a caminos y carreteras..... | 178 |
| Cuadro 41: Listado de plantas de tratamiento de productos de desecho ubicadas en el municipio. | 184 |
| Cuadro 42: Listado de rastros y mataderos ubicados en el municipio. | 190 |

ÍNDICE DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1: Modelo Orientación de las laderas. Elaboración a partir de MDE ASTER con resolución de 5m x 5m, NASA. | 18 |
| Figura 2: Hipsometría. Elaboración a partir de MDE ASTER con resolución de 5m x 5m, NASA. | 19 |
| Figura 3: Modelo de Pendiente del terreno. Elaboración a partir de MDE ASTER con resolución de 5m x 5m, NASA. | 20 |
| Figura 4: Marco tectónico regional. Tomado de Singh et al., 2017. | 22 |
| Figura 5: Sección geológica con dirección S (A)-NE (A'), se recomienda revisar la simbología implícita en la Figura 4. Tomado de: SGM, 2000. | 25 |
| Figura 6: Sección geológica con dirección S (C)-N (C'), se recomienda revisar la simbología implícita en la Figura 7. Tomado de: SGM, 2000. | 27 |
| Figura 7: Columna geológica regional de la Carta Guadalajara F13-12 escala 1:250 000 del Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2000). | 28 |
| Figura 8: Geología del municipio de Zapopan. Nociones tomadas del POET, 2006. | 29 |
| Figura 9: Densidad de morfoalineamientos (NI/km ²). Nociones tomadas de: POET Zapopan 2006, Florinsky, 2016 y Carrillo de la Cruz et al., 2017. | 32 |
| Figura 10: Sección La Primavera-San Juan cuyo rumbo es SO - NE. Fuente: Elaborado con base en el MDE ASTER con resolución del píxel a 5m e información topográfica correspondientes a la carta F13D65 y F13D55 de INEGI. | 33 |
| Figura 11 (a) Sección Río Grande de Santiago cuyo rumbo es O – E (parte alta), (b) Sección El Tepopote-Tío Grande de Santiago (parte media), y (c) Sección El Pedernal-Cerro del Cuadro (parte baja). Fuente: Elaborado con base en el MDE ASTER con resolución del píxel a 5m e información topográfica correspondientes a la carta F13D65 y F13D55 de INEGI. | 34 |
| Figura 12: Sección Atemajac-San Juan cuyo rumbo es SE- NO. Fuente: Elaborado con base en el MDE ASTER con resolución del píxel a 5m e información topográfica correspondientes a la carta F13D65 y F13D55 de INEGI. | 35 |
| Figura 13: Unidades Geomorfológicas del municipio de Zapopan. Nociones tomadas del POET Zapopan, 2006. | 37 |
| Figura 14: Densidad de disección horizontal. | 41 |
| Figura 15: Densidad de disección vertical. | 45 |
| Figura 16: Zona a considerar por disección horizontal y presión urbana, frontera entre las unidades geomorfológica SRLP y PVT-A. | 50 |
| Figura 17: Zona a considerar por disección vertical y presión urbana, frontera entre las unidades geomorfológica SRLP y PVT-A. | 52 |
| Figura 18: Zona a considerar por disección horizontal y presión urbana, unidades geomorfológicas DPLV, DPEB Y EEFL-C. | 54 |
| Figura 19: Zona a considerar por disección vertical y presión urbana, unidades geomorfológicas DPLV, DPEB Y EEFL-C. | 56 |

| | |
|--|-----|
| Figura 20: Zonas a considerar por disección horizontal y presión urbana, unidades geomorfológica PVT-A, PMV, SVCT y POBC. | 60 |
| Figura 21: Zona a considerar por disección vertical y presión urbana, unidades geomorfológica PVT-A, PMV, SVCT y POBC. | 62 |
| Figura 22: Erosión potencial. cf. nociones de Aceves, Legorreta y Álvarez, 2014. | 66 |
| Figura 23: Modelo conceptual de la Teoría de Sistema de Flujo Subterráneo propuesta por Tóth en el año 2000, el cual muestra diversos puntos de aforo vinculados con las características del subsuelo y su transcurso de un punto a otro a lo largo del tiempo. Nociones tomadas de: Peñuela y Carrillo, 2012; imagen tomada de: http://rendimiento.sdsu.edu/ | 68 |
| Figura 24: Clases y fases del suelo en el municipio de Zapopan, nociones en seguimiento del POETZ, 2006. | 70 |
| Figura 25: Con achurado azul se observa el cuerpo de agua Presa San José en su extensión actual, con achurado puntuado se grafica el área susceptibles a inundaciones por condiciones de relieve (extensión máxima de la presa), las áreas semaforizadas indican la peligrosidad de las grietas declaradas, de color morado se indican las grietas registradas en el 2017 con clara presencia e influencia sobre el cuerpo de agua, de color verde las grietas inferidas 2017 mostrando la posible vinculación con el sistema ya existente de grietas registradas anteriormente. | 77 |
| Figura 26: Infraestructura hidráulica y peligrosidad. | 84 |
| Figura 27: Diagrama temporal de las inundaciones históricas reportadas. | 87 |
| Figura 28: Diagrama temporal de las inundaciones históricas reportadas con valor de confianza 2. | 88 |
| Figura 29: Eventos de inundación histórica puntuales. | 89 |
| Figura 30: Interpolación de eventos de inundación histórica. | 91 |
| Figura 31: Clasificación por densidad de eventos de inundación histórica. | 93 |
| Figura 32: Categorización de zonas de inundación. | 97 |
| Figura 33: Escorrentía de Laderas Pura (Horton), elaboración a partir de Nania Escobar 1999. | 105 |
| Figura 34: Dirección y magnitud de flujo pluvial en vialidades. | 106 |
| Figura 35: Eventos sísmicos registrados durante el periodo de 2005 a mayo de 2017. Fuente: SSN, 2017. | 110 |
| Figura 36: Regionalización sismotectónica de la República Mexicana en donde destaca la Región NAL de sismos intraplaca someros y de baja periodicidad. Tomado de: Zúñiga-Dávila, 2011. | 112 |
| Figura 37: Aceleración máxima del suelo a_x asociada a un período de retorno de 150 años para México con énfasis en la región occidente del país. Tomado de: Jaimes et al., 2013. | 113 |
| Figura 38: Esquema que ilustra el deslizamiento producido por sobrecarga en una zona de relleno (tomado de Suárez, 1998). | 115 |
| Figura 39: Zonas de relleno. | 117 |
| Figura 40: Eventos de hundimientos históricos (2007 - 2016). | 119 |

| | |
|---|-----|
| Figura 41: Tendencia de registro de hundimientos por fuga de agua. | 120 |
| Figura 42: Interpolación de eventos de hundimientos históricos. | 122 |
| Figura 43: Clasificación por densidad de eventos de hundimientos históricos. | 124 |
| Figura 44: Trazo de las fallas en la zona de Prados de Nextipac (Luis Valdivia). | 126 |
| Figura 45: Grietas registradas. | 127 |
| Figura 46: Nomenclatura de taludes artificiales y laderas naturales. Tomado de: Suárez, 1998. | 129 |
| Figura 47: Clasificación de los valores de pendiente del terreno empleando la clasificación de Demek de 1972. | 129 |
| Figura 48: Procesos de deterioro de las masas rocosas. Tomado de: Nicholson y Hencher, 1997 citado en Suárez, 1998. | 131 |
| Figura 49: Caída de bloques de diferente morfología. Tomado de: Nicholson y Hencher, 1997 citado en Suárez, 1998. | 131 |
| Figura 50: Probabilidad de deslizamientos en el municipio de Zapopan. Nociones tomadas de Suárez, 1998. | 132 |
| Figura 51: Plantas distribuidoras de gas LP y gasolineras. | 136 |
| Figura 52: Distancias mínimas de resguardo de plantas distribuidoras de gas LP y gasolineras. | 138 |
| Figura 53: Empresas e industrias que manejan sustancias contaminantes. | 141 |
| Figura 54: Eventos peligrosos en materia de fenómenos químicos. | 144 |
| Figura 55: Áreas de riesgo alto, medio y bajo por fenómenos químicos. | 146 |
| Figura 56: Concentración de puntos de calor por unidad de superficie homogénea (2km ²). | 150 |
| Figura 57: Duración en minutos de incendios forestales registrados por SEMADET (2008-2017). | 155 |
| Figura 58: Superficie afectada por incendios forestales registrados por SEMADET (2008-2017). | 157 |
| Figura 59: Duración en minutos de incendios forestales registrados por CONAFOR (2012-2017). | 159 |
| Figura 60: Superficie afectada por incendios forestales registrados por CONAFOR (2012-2017). | 161 |
| Figura 61: Duración en minutos de incendios forestales registrados por SEMADET y CONAFOR (2008-2017). | 164 |
| Figura 62: Superficie afectada por incendios forestales registrados por SEMADET y CONAFOR (2008-2017). | 166 |
| Figura 63: Densidad de incendios forestales por unidad paisajística. | 168 |
| Figura 64: Viento dominante en invierno. | 172 |
| Figura 65: Viento dominante en primavera. | 172 |
| Figura 66: Viento dominante en verano. | 172 |
| Figura 67: Viento dominante en otoño. | 173 |
| Figura 68: Histograma de frecuencia de incendios forestales por mes registrados por SEMADET (2008-2017). | 174 |

| | |
|--|-----|
| Figura 69: Histograma de frecuencia de incendios forestales por mes registrados por CONAFOR (2012-2017). | 175 |
| Figura 70: Curva parabólica de velocidad de propagación del incendio (Van Wagner, 1988). | 176 |
| Figura 71: Modelo de susceptibilidad a incendios forestales. | 180 |
| Figura 72: Zonas de contingencia ambiental de basureros, plantas de transferencia, rellenos sanitarios, vertederos y tiraderos clandestinos. | 183 |
| Figura 73: Zonas de contingencia ambiental de rastros y mataderos. | 189 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

| | |
|--|-----|
| Fotografía 1: Panorámicas de la planicie Tesistán-Atemajac, vista de norte a sur, se observan los asentamientos humanos en colindancia próxima con actividades primarias (Captura propia, junio de 2017). | 35 |
| Fotografía 2: Panorámicas de la Sierra Volcánica compleja de Tesistán, al norte del municipio (Captura propia, junio de 2017). | 39 |
| Fotografía 3: Fotografía aérea para los años 70 en la zona de Colomos, donde se puede observar las características morfológicas e hidrográficas previo a la urbanización (POET 2006). | 58 |
| Fotografía 4: Fotografía de las mesas geológicas en el municipio de Zapopan de la unidad SRB-T (Toma junio de 2017). | 63 |
| Fotografía 5: A) Foto de la Presa San José a inicios de la temporada de lluvias, cuando el espejo de agua sólo ocupa una pequeña porción del vaso en los linderos surorientales del mismo (Captura propia, junio de 2017). B) La misma presa observa un volumen hídrico mucho más considerable a fines del temporal de lluvias (septiembre de 2016) | 78 |
| Fotografía 6: Estructura de la Presa San José, aparentemente sin actividad (Captura propia, junio de 2017). | 78 |
| Fotografía 7: La canalización, una alternativa para la urbanización, Fraccionamiento Miradores del Bosque (Captura propia, mayo de 2017). | 82 |
| Fotografía 8: Los canales de orden menor que acompañan a las vialidades tienen la función de direccionar el agua escurrida lateralmente por la pendiente como la impermeabilizada por el material de la vía (norte de Tesistán). (Captura propia, junio de 2017). | 82 |
| Fotografía 9: Los canales revestidos y su profundidad indican el volumen de agua que soporta (canal contiguo a la Presa de San José), (Captura propia, junio de 2017). | 83 |
| Fotografía 10: Canal Patria a la altura de Federalismo (Captura propia, junio de 2017). | 85 |
| Fotografía 11: Los segmentos de canal por insuficiencia hidráulica son captados según la carga de agua que llevan A) se observa un nivel considerable de agua, B) el nivel llega casi al borde superior de la pared del canal, C) las paredes del canal a pesar de ser hechas por un material noble pueden ceder a la fuerza del cauce, D) existe partes de las paredes desgastadas o colapsadas donde el agua escapa, una condición deteriorada compartida del canal es considerada insuficiencia hidráulica (canal Patria a la altura de la colonia Autocinema) (Captura propia, julio de 2017). | 100 |
| Fotografía 12: Zona de inundación por condiciones geomorfológicas contigua a la Presa San José (Captura propia, junio de 2017). | 102 |

| | |
|--|-----|
| Fotografía 13: Zona de inundación por condiciones hidráulicas, A) pueden ser estacionarias o B) fluidas, dependiendo de ello se tiene una diferente velocidad de drenaje (Captura propia, junio de 2017). | 103 |
| Fotografía 14: Desagüe de flujo pluvial sobre la vialidad durante un evento de precipitación moderada de las vías del Tren Eléctrico Urbano, en la Av. Ávila Camacho a la altura de Plaza Patria (Captura propia, junio de 2017). | 104 |
| Fotografía 15: Grietas registradas en julio de 2017, A) segmento de grieta invadiendo campo de cultivo B) segmento de grieta ubicada en la Presa San José (Captura propia, julio de 2017). | 128 |
| Fotografía 16: Grieta registrada en Julio del 2017, con una profundidad máxima de 2.5 metros (Captura propia, julio de 2017). | 128 |
| Fotografía 17: Planta de almacenamiento y distribución de Pemex donde se registró una fuga masiva potencialmente explosiva en 2005 (Google Earth, 2017). | 147 |
| Fotografía 18: Fumarola de humo producto de un incendio forestal al norte de la localidad Las Mesitas. (Captura propia. Tomada el 3 de junio de 2017). | 167 |
| Fotografía 19: Entrada al relleno sanitario Hasars, uno de sólo dos plantas de tratamiento de desperdicios aún activa en el municipio, a la izquierda de la imagen se alcanza a observar parte del predio de Picachos, la otra planta en funcionamiento (Google Earth, 2017) | 185 |
| Fotografía 20: Imagen que muestra la actividad en la planta de transferencia Belenes vista desde la calle Melchor Ocampo (Google Earth, 2017). | 186 |

INTRODUCCIÓN.

Las Etapas Técnicas del Ordenamiento Ecológico Local son integrales, consecutivas y transversales. Aquí se presenta un resumen que da seguimiento al guión para la actualización del POEL Zapopan en los apartados de geología, geomorfología, riesgos naturales y químicos, así como las actividades a realizar, aclarando alcances, limitaciones y perspectivas al respecto para cada etapa del programa de ordenamiento.

Caracterización.

Objetivo: determinar y describir los atributos peculiares del medio físico-biótico del municipio en regionalizaciones físicas de las diversas temáticas uniformes. Para este estudio se cubren las siguientes temáticas: hidrografía*, geología, geomorfología (Cuadros 1 y 2).

*Se prioriza un estudio hidrológico e hidrográfico, considerando cuencas, zonas funcionales, caudales ecológicos, balance hídrico, disponibilidad de agua superficial y subterránea, zonas de recarga de acuíferos, causas de calidad y degradación del agua (sobreexplotación y contaminación).

Diagnóstico.

Objetivo: identificar y analizar las condiciones del ambiente que reflejen los conflictos ambientales, fenómenos peligrosos y áreas con procesos de deterioro, degradación y contaminación, tomando como base los componentes naturales y socio-económicos desarrollados en la caracterización.

Los puntos que cubre son:

- a) Decremento de la cantidad y calidad de agua.
- b) Deterioro de los suelos y desertificación.
- c) Deterioro de la vegetación (deforestación, fragmentación)
- d) Procesos de contaminación (aire, agua, suelo, residuos)

Dichos estudios se reflejan en diversos elementos cartográficos y representaciones de la degradación ambiental incluidos en estos apartados.

Por otro lado, en el estudio se contempla la vulnerabilidad de los ecosistemas ante peligros geomorfoedafológicos e hidrometeorológicos, identificando áreas susceptibles a riesgos naturales, antrópicos y efectos negativos del cambio climático, Remoción de masas

- a) trayectoria y frecuencia de huracanes
- b) Variaciones en la temperatura y precipitación (sequías, heladas, granizadas, tormentas, inundaciones)

En la caracterización-diagnóstico se exploran posibilidades que confirman la valoración de las áreas para la protección, restauración y conservación, así como las zonas críticas expuestas al riesgo, como también las más aptas para el desarrollo de actividades humanas. Otro producto importante es el mapa de vulnerabilidad y susceptibilidad al cambio climático.

Nota: para la realización integral de la caracterización-diagnóstico es necesario conjuntar la concurrencia espacial de actividades sectoriales (uso de suelo, mapas de aptitud), el análisis de compatibilidad e incompatibilidad de planes, programas y acciones (instrumentos de planeación), y los conflictos ambientales que se tienen en el municipio.

| INSUMOS DE LA CARACTERIZACIÓN | PRODUCTO DEL DIAGNÓSTICO POR OBJETIVO | PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO |
|---|---|---|
| Unidades físico-bióticas <ul style="list-style-type: none"> • Diferenciación altitudinal relativa • Disección vertical y horizontal • Unidades de vegetación • Unidades de suelo Nota: diferenciar áreas urbanas <ul style="list-style-type: none"> • Áreas con disponibilidad de agua • superficial • subterránea | 1. Áreas prioritarias para protección, conservación, restauración y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales | Cartografía y bases de datos asociadas, texto |

Cuadro 1: Insumos de la caracterización y diagnóstico.

| INSUMOS DE LA CARACTERIZACIÓN | PRODUCTO DEL DIAGNÓSTICO POR OBJETIVO | PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO |
|---|---|---|
| Áreas críticas con deterioro de los recursos naturales a causa de <ul style="list-style-type: none"> • erosión • deforestación • salinización-sodificación • contaminación (agua, aire y suelo) | 1. Áreas prioritarias para protección, conservación, restauración y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales | Cartografía y bases de datos asociadas, texto |
| Áreas expuestas a peligros naturales y antrópicos <ul style="list-style-type: none"> • hidrometeorológicos • geológicos • geomorfológicos • incendios • actividades mineras y de hidrocarburos • transporte de sustancias químicas • cementerios de residuos peligrosos • gasoductos, oleoductos • otros | 6. Análisis de riesgos de origen natural o antrópico a los que está expuesta la población del municipio | Cartografía y bases de datos asociadas, texto |

Cuadro 2: Alcances consignados para la caracterización-diagnóstico.

Pronóstico.

Objetivo: entender las transformaciones futuras en el uso del suelo, el manejo de recursos naturales así como la evolución de los conflictos ambientales. En esta etapa, se considera de forma especial la integración de los subsistemas bajo interpretaciones socio-ambientales, para ello se tiene que precisar el análisis de la evolución de los subsistemas (dinámica).

Se presentan distintas condiciones futuras a partir de dos escenarios:

- 1) Escenario contextual/tendencial: dependiendo de la información con que se cuente y que cubra los valores del diagnóstico en el que se proyectaron patrones espaciales (recurrencias, comportamientos o prospectivas) se trata de incorporar variables relacionadas con políticas gubernamentales de los tres órdenes de gobierno (nacional, estatal y municipal).
- 2) Escenario estratégico: identificación, descripción y selección de las situaciones que se acerquen más a la imagen objetivo del municipio.

Todos los escenarios se referirán a un horizonte temporal que incluya los años de la administración en turno, así como las tres siguientes, (la temporalidad definida a cambiar pasando de 12 a 6 años en la prospectiva de futuro y en el análisis de pasado se considera hasta 15 años para identificación de fenómenos relevantes).

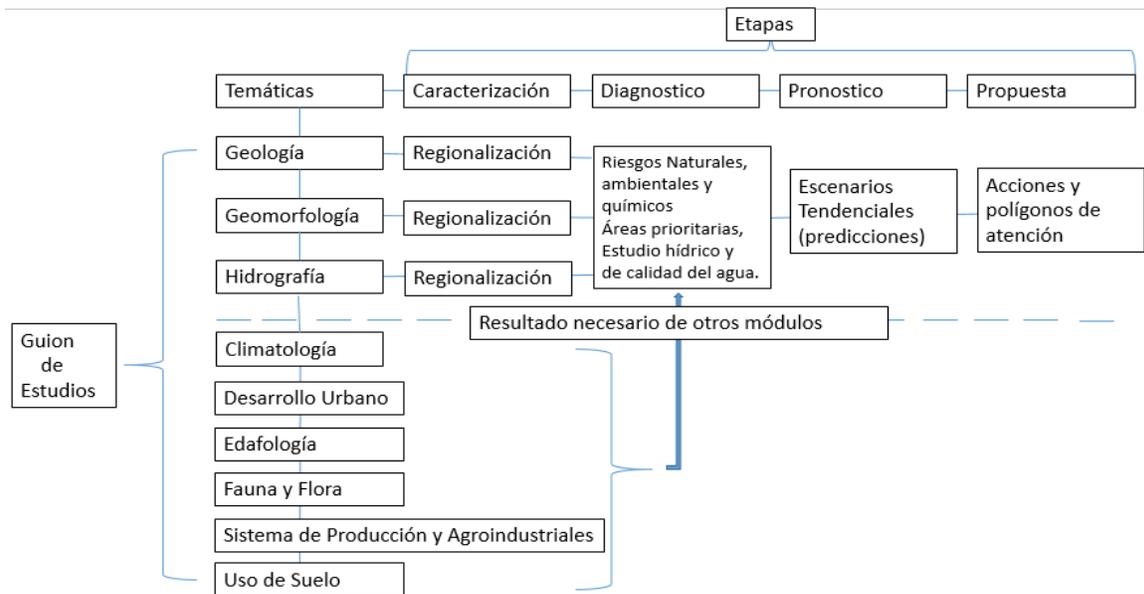
El alcance: la proyección de lo referente al diagnóstico que se consignó (fenómenos peligrosos con posible mayor afectación en las zonas críticas).

Propuesta.

Objetivo: integra el modelo de ordenamiento ecológico, que incluye las Unidades de Gestión Ambiental (UGA), condiciones físicas y sociales, los usos del suelo, los lineamientos y las estrategias ecológicas (objetivos, programas, proyectos, acciones, responsables de cumplir con lineamientos, estrategias y criterios ecológicos). Para la definición de las UGA en relación a sus territorios concretos es necesario basarse en la regionalización de los subsistemas (caracterización) y la identificación de áreas prioritarias, atributos y valores ambientales (diagnóstico).

El alcance: en cada apartado correspondiente es posible referir una propuesta a considerar en la definición de las UGAS.

Cuadro 3: Temática del estudio conforme el alcance propuesto en el guión para la actualización.



1. Caracterización del subsistema natural.

En este apartado se describen los procesos correspondientes a la dinámica del sistema ambiental que se circunscribe dentro del territorio municipal. Se destacan las principales características y variaciones del relieve local que promueven su cambio a lo largo del tiempo, así como los procesos que representan un peligro para el mantenimiento de la auto-organización del subsistema socioeconómico del municipio de Zapopan.

ELEMENTOS DE ACTUALIZACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN: VARIACIONES DEL RELIEVE.

1.1 Modelo Digital de Elevación (MDE).

El modelo de elevación es la forma más ilustrativa de representar las

variaciones de las características territoriales. Los datos de elevación, proveen información primordial para conocer, en la medida de lo posible, muchos de los factores que controlan los procesos que promueven la evolución del relieve, mismos que se retroalimentan del previo conocimiento de las características endógenas y exógenas del lugar (Florinsky, 2016).

El Modelo de Elevación que se empleó en las diferentes fases del proyecto corresponde a un modelo ASTER con resolución espacial de 5 m obtenido de la NASA, a partir del cual fue posible identificar y detallar rasgos estructurales importantes, delimitar unidades del relieve e ilustrar procesos dinámicos del mismo de manera mucho más precisa y detallada.

Como parte de los modelos primarios que se generaron destaca el modelo de orientación de las laderas, para el cual se generaron nueve clases que van de 0° a 360° azimutales (ver figura 1), el cual permite visualizar la orientación que tiene la ladera con respecto a un ángulo de incidencia. También, este modelo resulto de suma importancia para la obtención de la hipsometría del municipio que corresponde a elevaciones de entre los 740 y 2300 msnm, mismos a los que se les asignó una paleta de colores convencional para la diferenciación de los valores altitudinales, dejando una diferencia de elevación de ~1560 m (ver figura 2).

Por otra parte, haciendo uso de este insumo de alta resolución, también se generó un modelo de pendiente; para el cual se plantearon seis clases cuyos rangos parten de un mínimo de inclinación 0° hasta un máximo de 85° de inclinación de las laderas, que corresponden a las zonas adyacentes al Cañón del río Grande Santiago principalmente (ver Figura 1).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

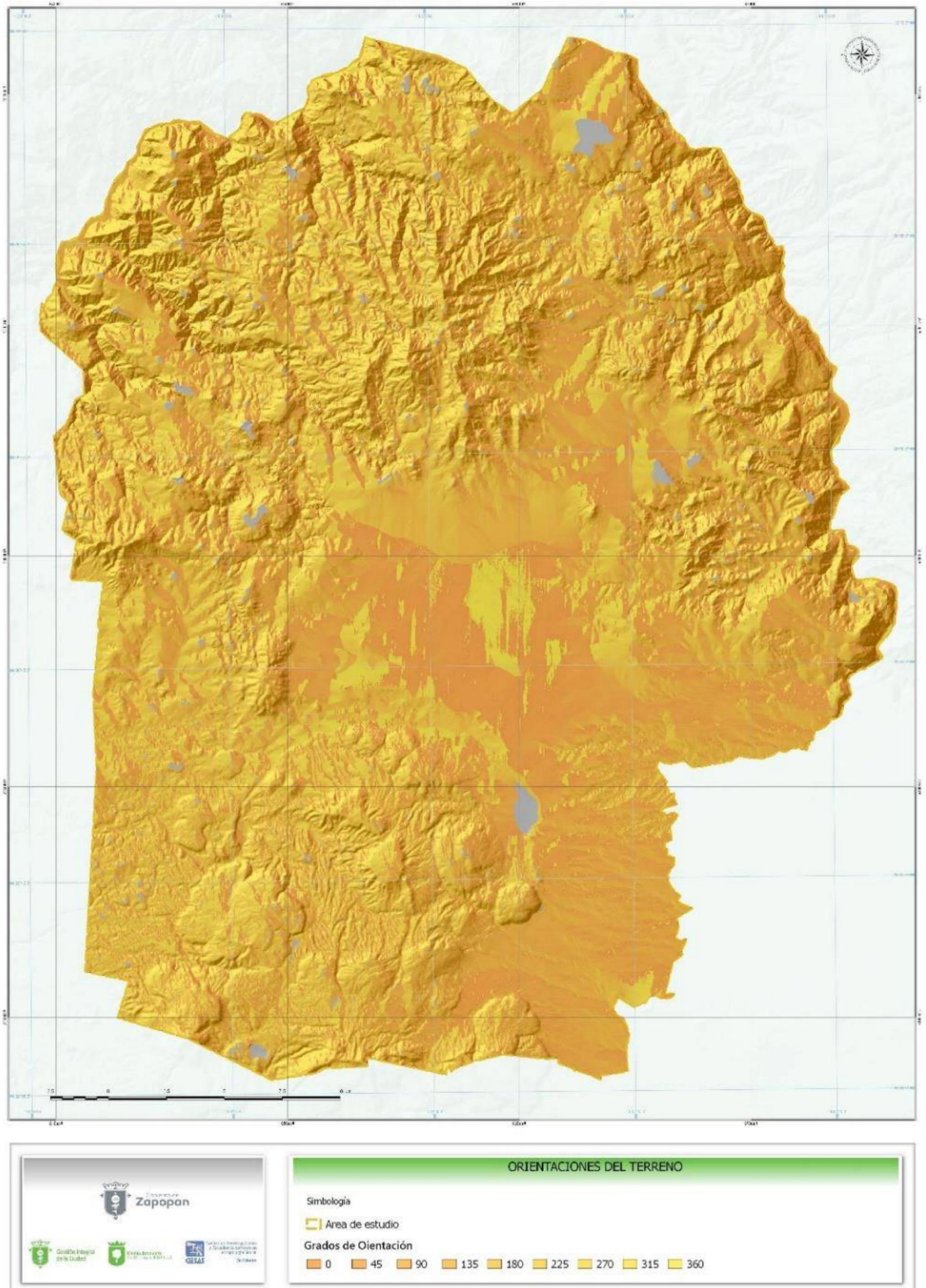


Figura 1: Modelo Orientación de las laderas. Elaboración a partir de MDE ASTER con resolución de 5m x 5m, NASA.

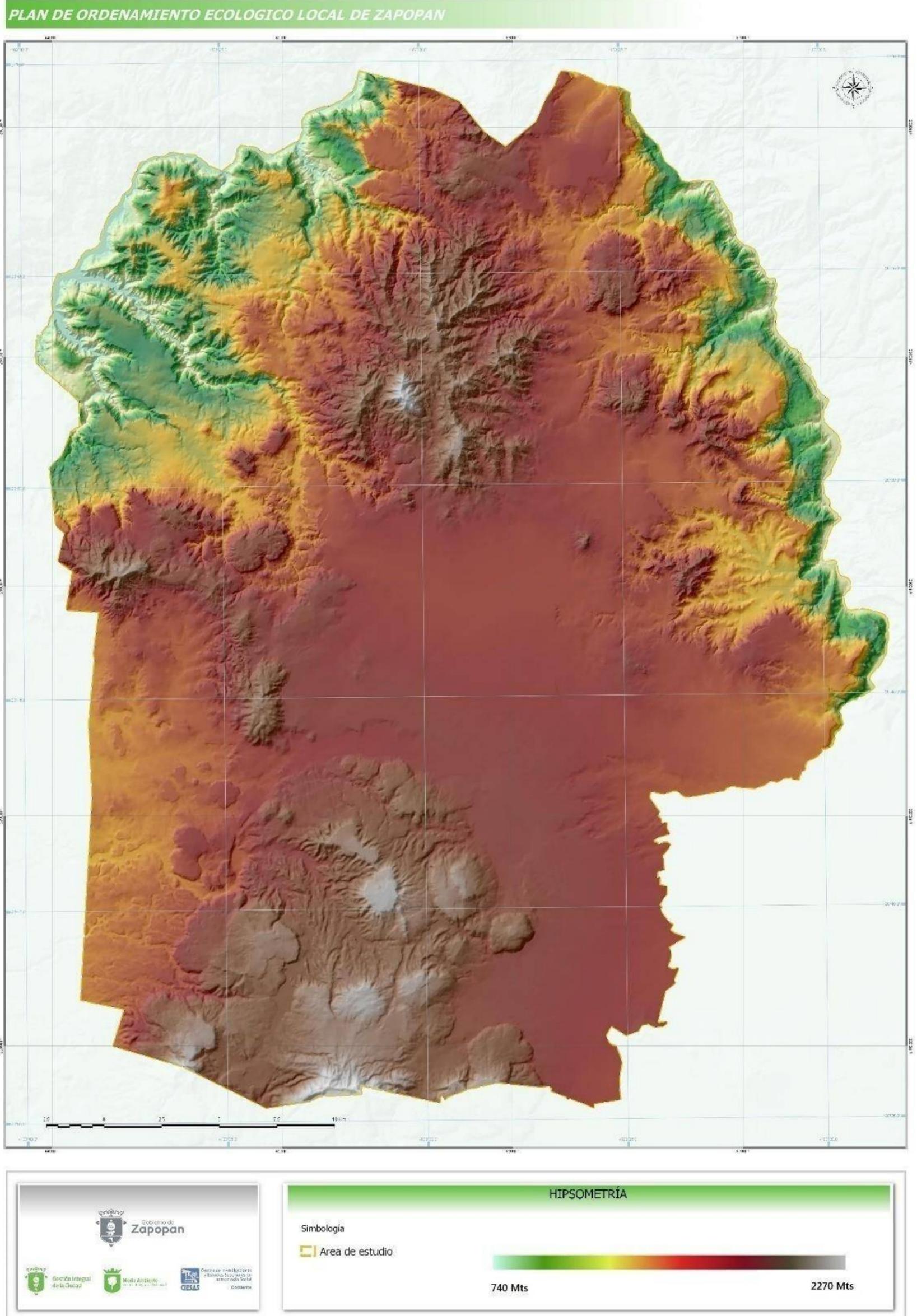


Figura 2: Hipsometría. Elaboración a partir de MDE ASTER con resolución de 5m x 5m, NASA.

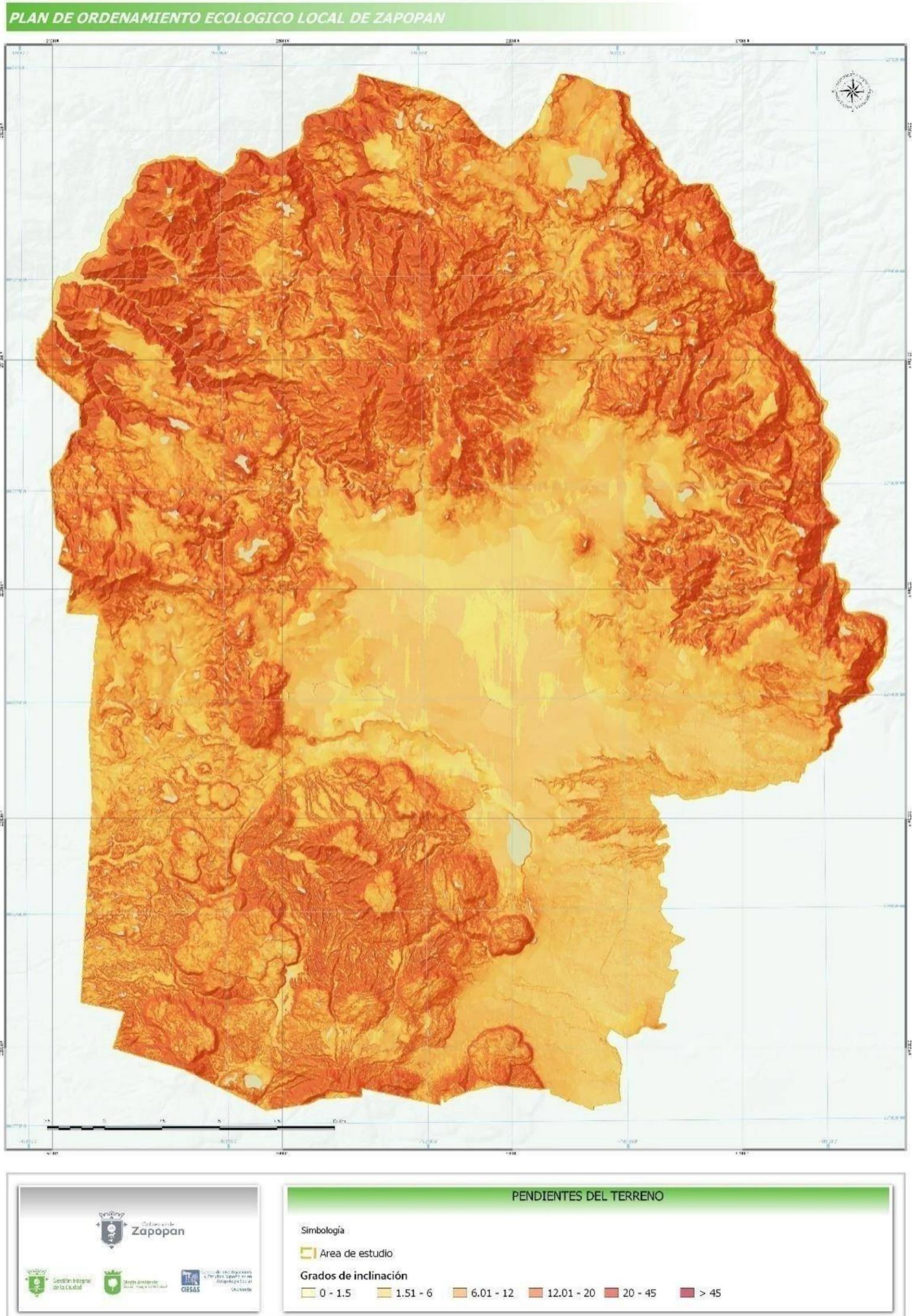


Figura 3: Modelo de Pendiente del terreno. Elaboración a partir de MDE ASTER con resolución de 5m x 5m, NASA.

1.2 Marco tectónico regional.

El municipio de Zapopan, Jalisco se sitúa en una compleja región tectónica y geológica, en donde se expresa una gran diversidad de formas del relieve, materiales y estructuras geológicas, cuyos orígenes y edades continúan siendo tópicos ampliamente discutidos en la actualidad.

Esta región constituye una zona de asociación entre dos grandes provincias geológicas: la Faja Volcánica Mexicana (FVM), que constituye un arco volcánico cálcico-alcalino con rumbo E-O que se desarrolla al margen sudoccidental de la Placa de Norteamérica como resultado de la subducción de la Placa de Rivera y Cocos; y la Sierra Madre Occidental (SMO), sistema montañoso que se caracteriza por ser una de las provincias ígneas silíceas más grandes del mundo, y la más grande del Cenozoico (Singh, Pérez-Campos, Iglesias, Espíndola & Ramírez, 2017; Ferrari, Valencia-Moreno & Bryan, 2005).

La Faja Volcánica Mexicana se destaca por la gran variedad de edificios volcánicos, su composición geoquímica y su dinámica eruptiva, a su vez, este arco se subdivide en tres sectores: occidental, central y oriental; el sector occidental limita, al oriente con el graben de Colima, y se sobrepone a la sección norte del Bloque de Jalisco, en cuyo interior se expresa un volcanismo monogenético y de composición basáltico-andesítica (Ferrari, 2000). Por su evolución geológica, la Faja Volcánica Mexicana contempla una amplia variedad de productos volcánicos; incluye varias estructuras de carácter *distensivo* o *transtensivo* con sus respectivos rellenos sedimentarios.

Por otra parte, la Sierra Madre Occidental está constituida por una gruesa sucesión de rocas volcánicas del Terciario Medio, su base se caracteriza por ser de composición andesítica, pero el mayor volumen son ignimbritas de composición riolítica que constituyen la más grande manifestación de este tipo en el mundo. Este complejo sistema, forma una franja con una tendencia NO-SE que tiene unos 250 kilómetros de ancho y 1,200 kilómetros de largo.

Desde el punto de vista de la tectónica, las interacciones que ocurren entre la Placa de Rivera (PR), la Placa de Cocos (PC) y el Bloque de Jalisco (BJ), tienen un papel preponderante ya que al ser considerada una unidad tectónica independiente y al analizarse las poblaciones de fallas localizadas a lo largo de la frontera septentrional de dicho bloque, se observa que la extensión sigue una dirección perpendicular a la orientación de dichos grabens y parece estar relacionado geoméricamente con la forma y dinámica de la Placa de Rivera, así como con la evolución de la zona de triple convergencia continental, tal como se muestra en la figura 7 (Quintero-Legorreta, Michaud, Bourgois & Barrier, 1992; Stock, 1993).

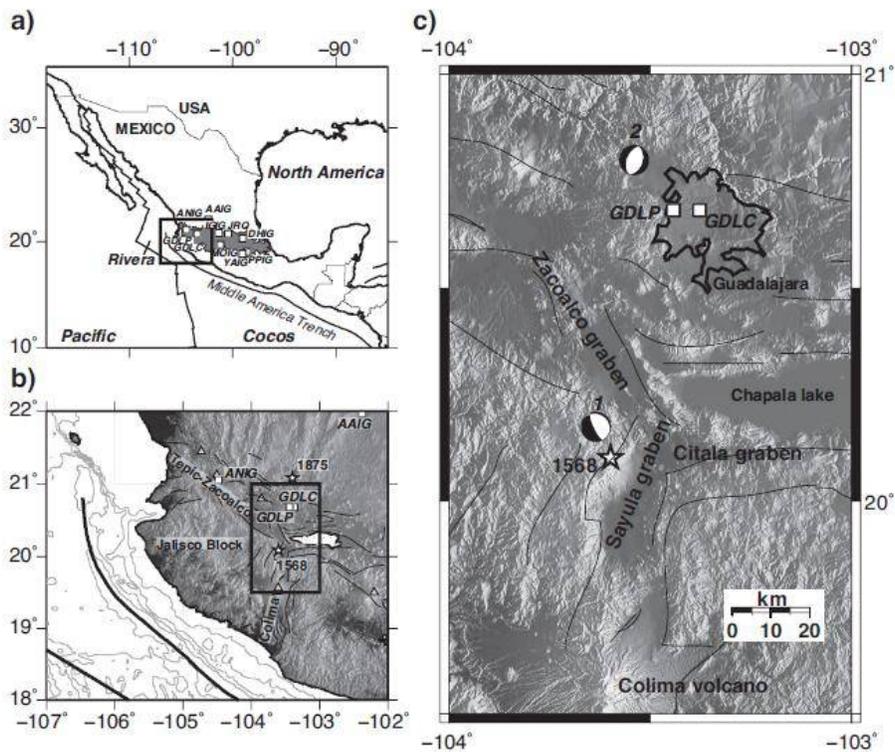


Figura 4: Marco tectónico regional. Tomado de Singh et al., 2017.

La Placa de Rivera (PR) constituye una unidad tectónica de gran dinamismo que se genera en uno de los segmentos de la dorsal del Pacífico Oriental, subduciendo, a partir de la Trincheras Mesoamericana (TM), bajo el Bloque de Jalisco (BJ), que incluye parcialmente los territorios de Jalisco, Colima, Nayarit y una parte de Michoacán. El borde suroeste de la Placa de Rivera está separada de la Placa del Pacífico (PP) por la Zona de Fractura de Rivera (ZFR); al oriente de la misma se encuentra el límite entre las placas de Rivera y Cocos, aunque la definición precisa de dicho límite entre placas oceánicas es difuso, debido a que no se conoce con seguridad la zona de contacto, ni el movimiento relativo entre ambas placas (Rutz-López & Núñez-Cornu, 2004).

Producto de dicha dinámica, y en el sector occidental de la Faja Volcánica existe una región de triple convergencia continental, conformada por el Graben de Colima, Tepic-Zacoalco y Chapala poco más de 50 kilómetros de Guadalajara y Zapopan, y en cuya región se expresa la unión entre el Bloque de Jalisco, el Bloque de Michoacán y la Placa de Norteamérica (Rutz-López & Núñez-Cornu, 2004; Stock, 1993).

Así pues, dicho ambiente tectónico influye en los dominios geológicos que se circunscriben en la región, en la que se expresan, del más antiguo al más reciente:

Bloque Jalisco, Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Mexicana. También, se encuentra el denominado Grupo de Guadalajara, constituido por: la Ignimbrita San Gaspar, Calderas Volcánicas, la denominada Toba Tala, Lavas Máficas, Cineríticos de Lavas Máficas, Grupo del Río Santiago y Depósitos Aluviales, de los cuales se hará énfasis a continuación.

1.3 Estratigrafía y geología.

Grupo de Guadalajara.

El Grupo de Guadalajara (ver figura 5), está compuesto por una sucesión de domos riolíticos y depósitos piroclásticos asociados, y en menor proporción, lavas basálticas tipo OIB¹, dicho grupo está expuesto en un área cuya dirección es N-S (al norte de la cuenca de Atemajac) que cubre una superficie de 900 km² con un volumen estimado de 350 km² (Rossotti et al., 1997 citado en POETZ, 2006), las edades radiométricas oscilan entre 7.2 y 2.8 Ma., para las rocas de composición riolítica que sobre yacen a las rocas del grupo Río Santiago (Gilbert et al., 1985; Rosas-Elguera et al., 1997; Ferrari et al., no publicados citado en POETZ, 2006; SGM, 2000), en tanto que las lavas basálticas están datadas en 4.7 y 3.3 Ma. (Watkins et al., 1971; Gilbert et al., 1985; Moore et al. 1994; SGM, 2000).

Al norte del poblado de Tesistán, se encuentra una amplia variedad de depósitos de composición riolítica que incluyen tobas, brechas, ignimbritas y riolitas, que están afectados por diques piroclásticos de composición riolítica, orientados preferentemente NO-SE y varían de entre 1 a 3 m de espesor. Hacia el norte de Guadalajara; este grupo cubre los Basaltos San Cristobal pero es cubierto parcialmente por el vulcanismo riolítico de la Caldera La Primavera.

Las rocas volcánicas félsicas del grupo Guadalajara inferior descritas por Rossotti et al. (2002) incluyen a las siguientes unidades litológicas: riolita cerro la Tortuga, riolita cerro Derrumbadero (7.1 Ma.), riolita cerro Señora de los Pericos, ignimbrita Potrero de los Riveras (5.53 Ma.) y riolita Espinazo del Diablo (5.47-5.19 Ma.). Resulta relevante señalar que en la sección central y norte de la cuenca de Atemajac, sobre yacen discordancias entre material espiroclásticos de la Toba Tala y/o rocas del grupo Guadalajara, cuyos estratos superiores presentan espesores progresivamente mayores hacia el norte de la cuenca.

Ignimbrita San Gaspar.

Como parte del Grupo Guadalajara fueron extruidas las ignimbritas San Gaspar e ignimbrita Guadalajara, mismas que se caracterizan por los fiammes de

¹Puede indicar que las lavas corresponden a Basaltos de Islas Oceánicas, por sus siglas en inglés OIB.

color negro formados por vidrio cuya longitud puede alcanzar entre los 15 y 20 cm, los fenocristales predominantes son las plagioclasas, sin embargo, también están presentes piroxenos, hornblenda y biotita (Gilbert et al., 1985 citado en POETZ, 2006). El espesor de dichas ignimbritas varía de 4 a 25m respectivamente; su distribución es amplia, ya que se encuentran afloramientos incluso en la Coronilla del Ocote.

Una de las características más importantes de la ignimbrita San Gaspar es que en ella se observan vidrios de dos composiciones diferentes, de acuerdo con los análisis químicos, uno tiene 5% menos de SiO₂ y significativamente más FeO, MgO y CaO (Gilbert et al., 1985). Las edades radiométricas reportadas para la ignimbrita indican prácticamente la misma edad, una muestra localizada al norte de Guadalajara dio 4.8 Ma. (Gilbert et al., 1985 citado en POETZ, 2006).

Al norte y noreste de la cuenca de Atemajac se observan afloramientos a una elevación de 1450 a 1600 msnm con un espesor de entre los 10 y los 15m. Se trata de una ignimbrita, ya que esta se encuentra fuertemente consolidada; posee un color gris oscuro con abundantes xenolitos de colores oscuros (fiamme) de hasta 20 cm de diámetro, xenolitos de vidrio porfirítico oscuro que contiene fenocristales de plagioclasa, augita, hiperstena, hornblenda, piroxeno y biotita.

Según los análisis de microsonda de los minerales ferromagnesianos y de roca total realizados por Gilbert et al. (1985), indicaron temperaturas pre-eruptivas en el magma de cerca de 1000°C y sugiriendo que esta roca es el resultado de procesos de mezcla en el magma. Un rasgo característico identificado en los "fiamme" más grandes de esta unidad, es la formación de vesículas después de la compactación y consolidación. Se ha estimado que esta unidad cubrió una extensión superficial original cercana a los 1000km², superficie que multiplicada por su máximo espesor (15m), arroja un volumen extruido de alrededor de 15km³ de material volcánico. Watkins et al. (1971) y Gilbert, et al. (1985) fecharon esta ignimbrita por el método K/Aren. 4.8±0.1Ma. Y 4.71±0.07Ma., respectivamente.

Calderas volcánicas.

La mayor parte de los volcanes dentro del graben Tepic-Zacoalco están alineados en una dirección NO-SE, el Volcán Tequila, su extensión y orientación de los conos cineríticos son ejemplo de ello. Existiendo edades radiométricas para algunos volcanes cineríticos; una de ellas corresponde a un cono cinerítico localizado al norte de la Caldera La Primavera, cuya fase inicial y la segunda es para el volcán Papantón localizado al oriente de El Salto y cuya edad absoluta es de ~ 1.4Ma. (Gilbert et al., 1985).

El Complejo volcánico Tequila pertenece a una cadena de volcanes dispuestos con una dirección NO-SE que coincide con el rumbo del sistema

regional *Graben Tepic*. Este volcán constituye una estructura alargada, formado por rocas de composición andesítica, lavas riolíticas, dacíticas y andesíticas que fueron expulsadas de sus flancos, tal como se muestra en la figura 5.

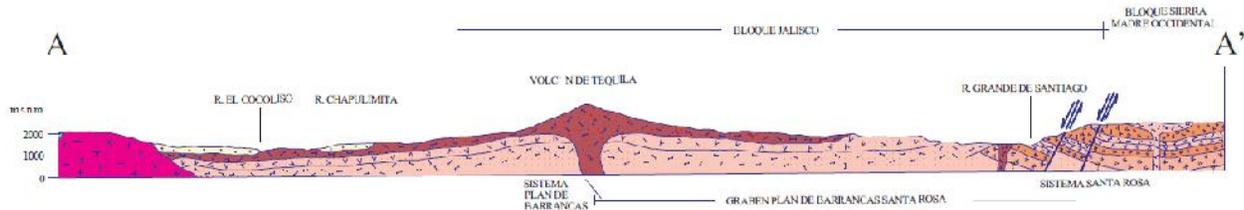


Figura 5: Sección geológica con dirección S (A)-NE (A'), se recomienda revisar la simbología implícita en la Figura 4. Tomado de: SGM, 2000.

Caldera volcánica La Primavera.

Por su evolución, la fase inicial de la actividad volcánica de la llamada Caldera Volcánica La Primavera (CVLP), está representada por una unidad piroclástica denominada Toba Tala con edades de 0.12 Ma., y un espesor máximo de 600 m, la cual evidencia la fase explosiva en la historia de la caldera (SGM, 2000). Básicamente esta unidad consiste de flujos piroclásticos de composición riolítica, compuestos por clastos de pómez carentes de matriz; pero también se observan lavas con un espesor de aproximadamente 3 m.

Asimismo, la Toba Tala está formada de materiales piroclásticos más superficiales localizados en una amplia área, aproximadamente 1,200km², alrededor de la caldera de La Primavera y por lo tanto, cubren la mayor parte de las depresiones topográfico-estructurales y valles de Zapopan. Estos depósitos están integrados por tobas de caída libre, lapilli y flujos de ceniza, una cantidad menor de vidrio volcánico (obsidiana) y ocasionalmente, bloques mayores de basalto, andesita y riolita que fueron arrojados de la caldera por La Primavera durante los violentos e intermitentes periodos de actividad explosiva de dicho sistema hace 0.035 y 0.65 Ma. (SGM, 2000).

Lavas máficas cubiertas por flujos de riodacita

Esta unidad representa un episodio de volcanismo bimodal emplazado en el extremo S y SO de la cuenca de Toluquilla. Particularmente aflora en los cerros: Sacramento, Las Latillas, La Herradura y Totoltepec, elementos topográficos que

representan la frontera y parteaguas natural entre las cuencas hidrológicas de Toluquilla al norte y las cuencas de Cajititlán y San Isidro Mazatepec, al sur y suroeste respectivamente.

Dicha sucesión de rocas volcánicas está representada por delgados flujos de lavas, brechas y escoria de composición basáltica y andesítica, volcanismo máfico parcialmente cubierto por derrames de riolita de los cerros Las Latillas y La Herradura y pómez de caída de La Primavera.

Cineríticos de lavas máficas.

Esta unidad está representada por conoscineríticos, flujos de lava, diques, brechas y escoria de composición predominantemente basáltica. Productos volcánicos asociados a fallamiento regional profundo de la Cadena Volcánica Sur de Guadalajara (CVSG). Estos materiales están expuestos en una serie de estrato-volcanes que se perfilan hacia la margen sur del Área Metropolitana de Guadalajara (cerros El Gachupín, Santa María, El Cuatro, El Tapatío, Escondido, San Martín y Papantón de Juanacatlán) aparatos volcánicos alineados en dirección noroeste-sureste desde el río Grande de Santiago hasta el cerro El Gachupín.

Grupo del Río Santiago.

El grupo Río Santiago forma parte del supergrupo Sierra Madre Occidental que es la unidad litológica de mayor espesor (~800m) y más extendida en el área de estudio. Se encuentra bien expuesta a lo largo del cañón del río Grande de Santiago y cañón del río Mezquital. Con sistema y mayormente de productos volcánicos máficos, integrados predominantemente por coladas de basalto y andesita-basáltica con algunas intercalaciones menores de tobas parcialmente soldadas, en la base y flujos de ceniza y lapilli cerca de la cima (Rodríguez-Castañeda y Rodríguez-Torres, 1992. Moore et al., 1994) definieron originalmente a esta unidad como basaltos San Cristóbal, se estima un volumen de más de 1,800 km³ de magma; sin embargo, Ferrari (2000) demostró que los basaltos expuestos en el cañón del río Grande de Santiago continuaban con espesores superiores a 200 m al este, hacia la región de los Altos de Jalisco y hacia la parte sur del Área Metropolitana de Guadalajara.

Este primer episodio de volcanismo en la región de Guadalajara y parte del sector occidente de la Faja Volcánica Mexicana, marca el inicio del desarrollo de este importante arco volcánico, mismo que de acuerdo con Rosas-Elguera, et al. 1997; Ferrari et al. 1999; Rossotti et al., 2002 evolucionó durante el mioceno tardío, entre 11 y 7.5Ma. (POETZ, 2006).

El grupo Río Santiago es una unidad descrita en los registros litológicos de perforación de los pozos de abastecimiento analizados como rocas de composición basáltica y andesítica. Esta secuencia volcánica se describe como una roca muy

competente y sólida, integrada por flujos masivos de lava de entre los 2 y 10 m de espesor. También se describen dentro de esta unidad, materiales escoriáceos, vesiculares y zonas de brecha, tal como se ilustra en la figura 6.

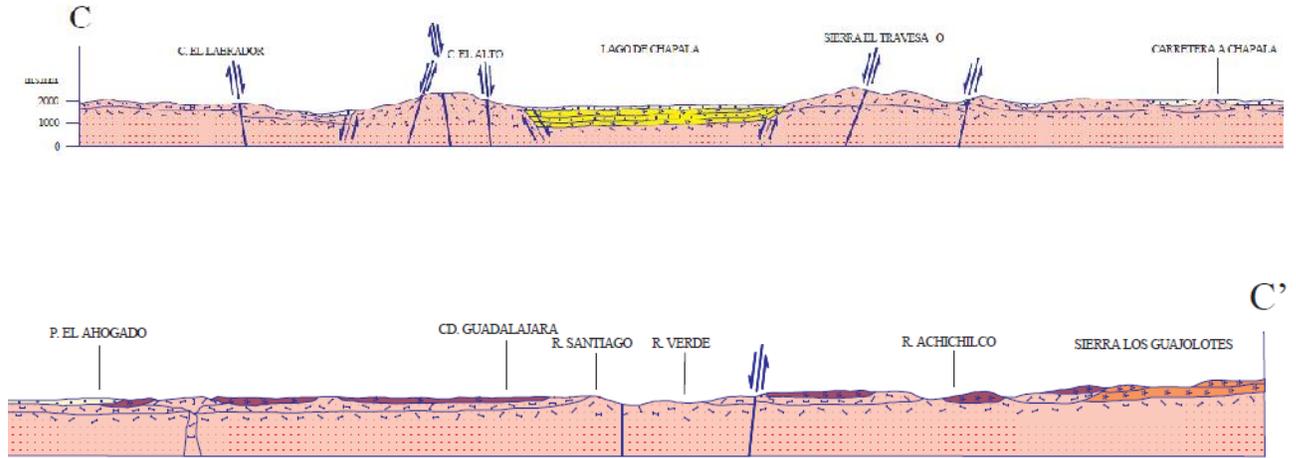


Figura 6: Sección geológica con dirección S (C)-N (C'), se recomienda revisar la simbología implícita en la Figura 7. Tomado de: SGM, 2000.

Depósitos aluviales.

Los depósitos aluviales son el producto de la dinámica erosiva de las estructuras volcánicas circundantes a las cuencas de Atemajac y Toluquilla. Incluye depósitos aluviales, fluviales, residuales, proluviales, depósitos que han sido el resultado de procesos gravitacionales y lacustres. Dichos materiales normalmente yacen en discordancia erosiva sobre aquellos que corresponden a la Toba Tala, son de poco espesor, aunque en la cuenca Toluquilla y la parte central del Valle de Tesistán, alcanzan espesores mayores.

En Toluquilla, por ejemplo, se han identificado espesores de hasta 176 metros de sedimentos lacustres limo-arcillosos y arenas finas, además de una sección sedimentaria con finada a los límites estructurales de la misma depresión tectónica. Asimismo, los depósitos aluviales y fluvio-aluviales, están representados por gravas, gravillas y arenas gruesas acumuladas en forma de abanicos aluviales, o sobre los lechos de los escurrimientos principales.

Cabe mencionar que los depósitos fluviales fueron diferenciados únicamente en los sistemas de drenaje mayor. Los depósitos lacustres son capas de poco espesor que se observan en aquellas depresiones topográficas naturales o artificiales, donde los procesos de sedimentación continental de baja energía han propiciado la acumulación de irregulares espesores de depósitos limo-arcillosos

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

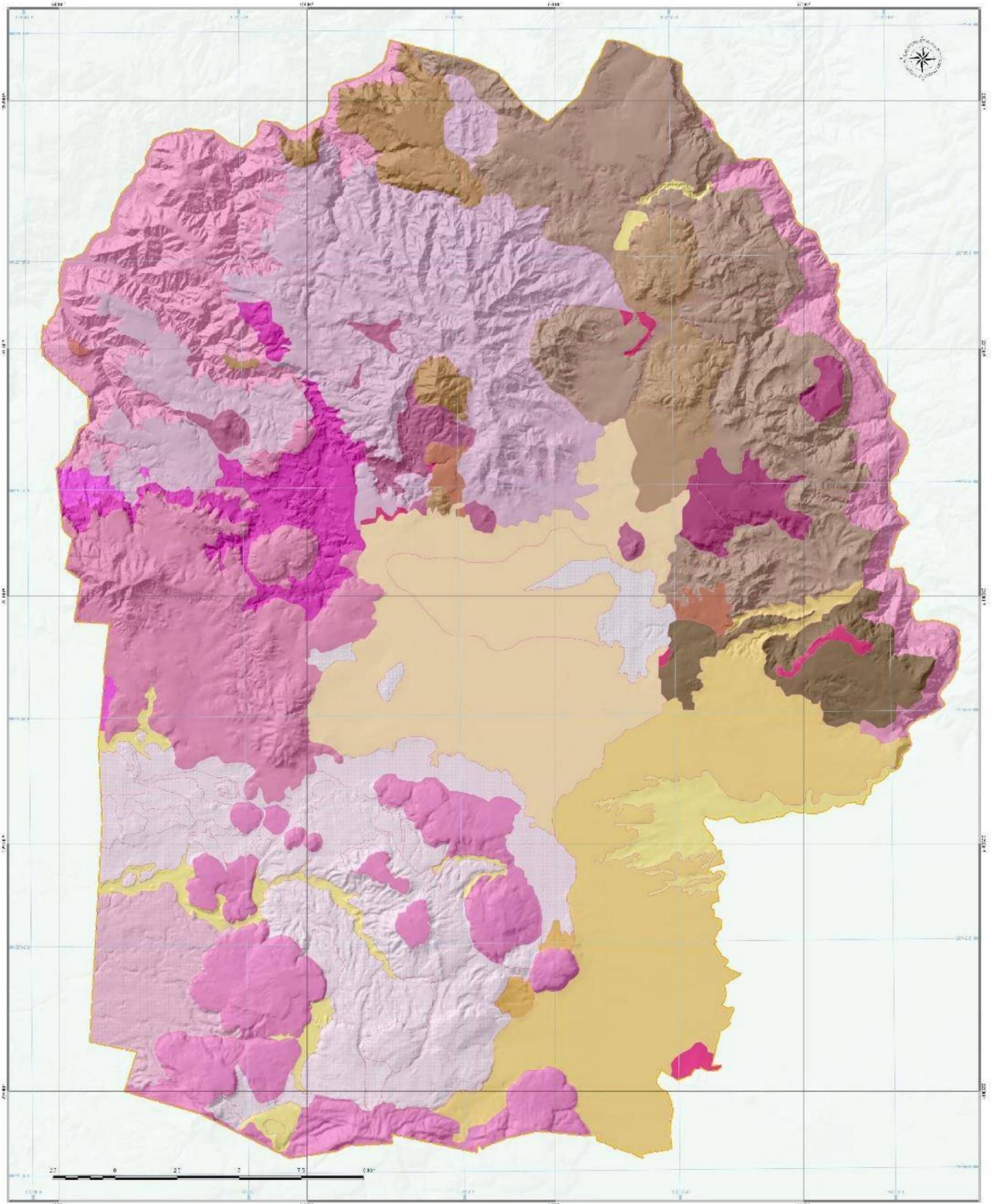


Figura 8: Geología del municipio de Zapopan. Nociones tomadas del POETZ, 2006.

Los dominios geológicos que aquí se han presentado constituyen, en buena medida, las manifestaciones más relevantes en términos de génesis, distribución espacial y temporalidad de los materiales geológicos dispuestos en el subsuelo del municipio que han sido sometidos a su transformación debido a los agentes ambientales y físicos; dentro de estos últimos destacan todas aquellas estructuras geométricas que se asocian a la interacción de grandes fuerzas propias de la dinámica estructural de un área.

Identificación de morfoalineamientos.

Los lineamientos constituyen la expresión más superficial de la dinámica estructural de una región geológica, en la cual es posible apreciar una gran diversidad de formas interrelacionadas con los rasgos geológicos de dicha región. Los rectilíneos, por ejemplo, se asocian a sistemas de fallas, a lo largo de los cuales ha habido desplazamiento, por lo que los bloques afectados pueden poner en contacto unidades litológicas con características físicas diferentes; otro ejemplo, son todas aquellas expresiones cuya tendencia no es lineal, y en cuyo caso pueden estar relacionados con antiguas calderas volcánicas (Carrillo-de la Cruz, Escalona, Zamora-Camacho & Núñez-Cornú, 2017).

Usualmente, los trazos de los planos de falla no son visibles por estar cubiertos con vegetación, suelo o bien por expresarse en alguna medida todos aquellos cambios que ha sufrido el relieve (en el que se encuentran implícitos estas estructuras), debido a las actividades humanas. Sin embargo, estos rasgos estructurales pueden ser, en un primer acercamiento, inferidos a partir de las tendencias lineales (o no lineales, según sea el caso), propias de su morfología o bien, por contrastes en las características geométricas detectadas en imágenes de satélites o modelos de elevación de alta resolución (ídem).

Para la obtención de la densidad de morfoalineamientos en el municipio de Zapopan, se partió de un catálogo de mil 999 lineamientos provenientes del POET Zapopan del año 2006, mismo que fue actualizado mediante el Modelo Digital de Elevaciones con una resolución del píxel de 5m x 5m. Durante esta etapa se discriminaron todos aquellos rasgos que corresponden a procesos de modelación del relieve, tales como sistemas de drenaje superficial, y para cuyo caso debe considerarse, si así se desea, la construcción de una rosa de direcciones preferenciales del sistema de drenaje.

Sin embargo, dado que comúnmente existe una relación entre los rasgos hidrográficos y geológicos se consideró necesario su rectificación empleando imágenes del sensor Sentinel 2 de la Agencia Espacial Europea (por sus siglas en inglés ESA) con un nivel de procesamiento 1-C correspondientes al 13 de mayo de

2017. Así mismo, se realizó un proceso de inferencia de curvilineamientos correspondientes a calderas volcánicas y posibles planos de falla de deslizamientos que se han registrado en el área del Cañón del Río Grande, tal como se muestra en el mapa 5.

Una vez obtenido el catálogo de morfoalineamientos se generó una malla vectorial con una superficie de 1 km² para cada uno de los cuadrantes, mismos para los cuales se fue necesario calcular su centro de masa. Posteriormente, se realizó el conteo de los morfoalineamientos por unidad de superficie para cada cuadrante de la malla vectorial; esto con el fin de realizar un análisis estadístico zonal empleando los centros de masa de cada cuadrante para su posterior interpolación.

Los resultados obtenidos muestran tres áreas con mayor densidad de morfoalineamientos. Destaca el caso de La Primavera, la Serranía de San Esteban, La Sierra de Tesistán, Bailadores y El Chicharrón; al ser parte de la misma región geológica comparten ciertas características regionales particulares de la sección occidental de la Faja volcánica. Debido a que estos elementos geométricos han sido inferidos a partir de gabinete es necesario su comprobación en campo, debido a que estos rasgos del relieve pueden asociarse a la dinámica estructural de la región y representar un peligro para los asentamientos humanos próximos a éstos.

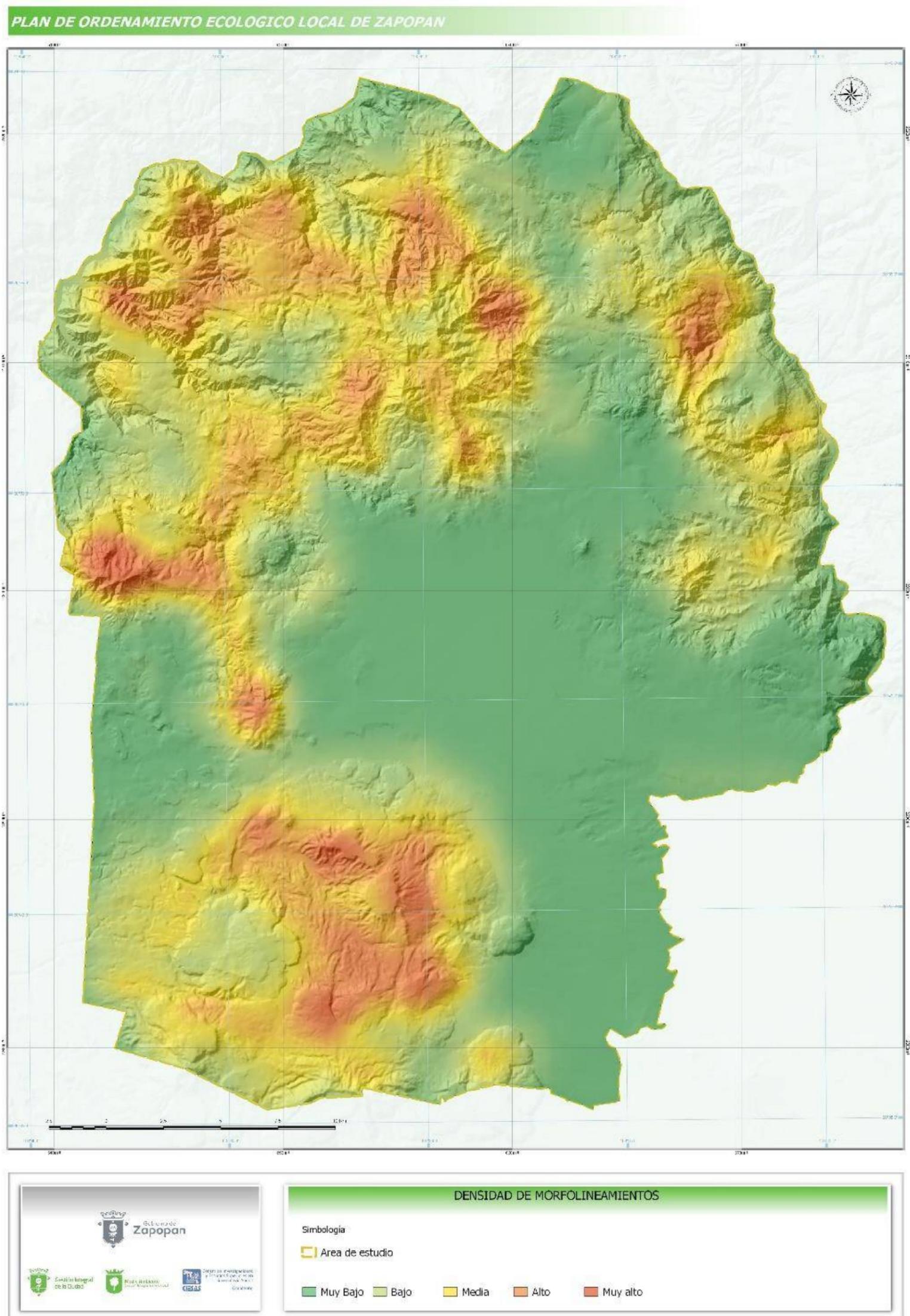


Figura 9: Densidad de morfoalineamientos (NI/km²). Nociones tomadas de: POET Zapopan 2006, Florinsky, 2016 y Carrillo de la Cruz et al., 2017.

1.4 Geomorfología.

El municipio de Zapopan, Jalisco se sitúa en la sección occidental de la Faja Volcánica Mexicana, en este espacio se expresan diversas formaciones propias del relieve regional y local. Una de las más importantes por su complejidad es la Sierra riolítica La Primavera, la cual se localiza al Oeste del municipio, posee elevaciones que varían de entre los 1500 y los 2300 msnm (ver figura 10).

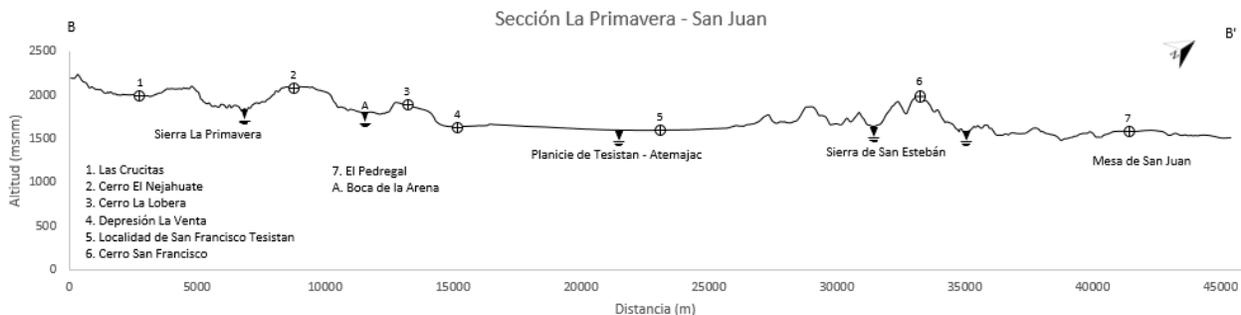


Figura 10: Sección La Primavera-San Juan cuyo rumbo es SO - NE. Fuente: Elaborado con base en el MDE ASTER con resolución del píxel a 5m e información topográfica correspondientes a la carta F13D65 y F13D55 de INEGI.

Por otra parte, al Norte de la Sierra La Primavera se expresa la Serraníriolítica de Bailadores-Tepopote, cuyo pie de monte también está formado por material de origen volcánico y sobre él se asientan localidades rurales como Emiliano Zapata, Padre Castro y Huaxtla; la influencia del Cañón tectónico-erosivo del Río Grande de Santiago se manifiesta en las Mesas y Lomeríos marginales de composición basáltica aledaños a dicho Cañón. Este último constituye un complejo sistema fluvial, que se caracteriza por tener escarpes mayores a 100 metros de profundidad en algunos puntos, y en donde se han registrado sismos de gran importancia para la región debido al contexto tectónico y estructural en el que se enmarca (ver figura 11: a, b y c).

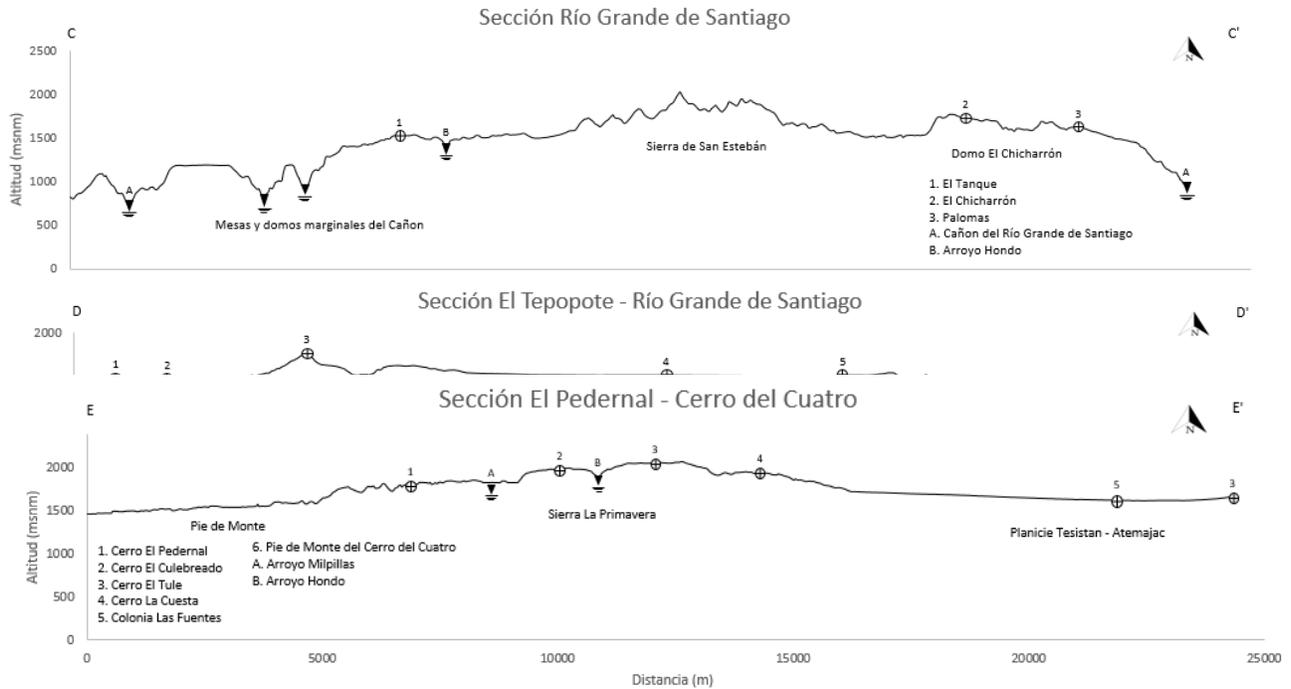


Figura 11 (a) Sección Río Grande de Santiago cuyo rumbo es O – E (parte alta), (b) Sección El Tepopote-Tío Grande de Santiago (parte media), y (c) Sección El Pedernal-Cerro del Cuadro (parte baja). Fuente: Elaborado con base en el MDE ASTER con resolución del píxel a 5m e información topográfica correspondientes a la carta F13D65 y F13D55 de INEGI.

En dicho territorio se observan una gran cantidad de Domos riolíticos como el Carrizalillo, el Chicharrón y Huaxtla-La Soledad localizados al Norte del municipio y colindantes con el Cañón del Río Grande. Finalmente, al Sur de la Sierra de Tesistán, también conocida como Sierra de San Esteban, se encuentra la planicie de Tesistán-Atemajac cuya composición es de origen volcánico que interactúa con las depresiones de La Venta y El Bajío próximas a la Sierra La Primavera, así como el Escarpe erosivo-fluvial de Colomos (interesante desde el punto de vista geohidrológico) localizado en la frontera entre Zapopan y Guadalajara, esta unidad geomorfológica es sobre la que se establece el área conurbada de Zapopan (ver figura 12).

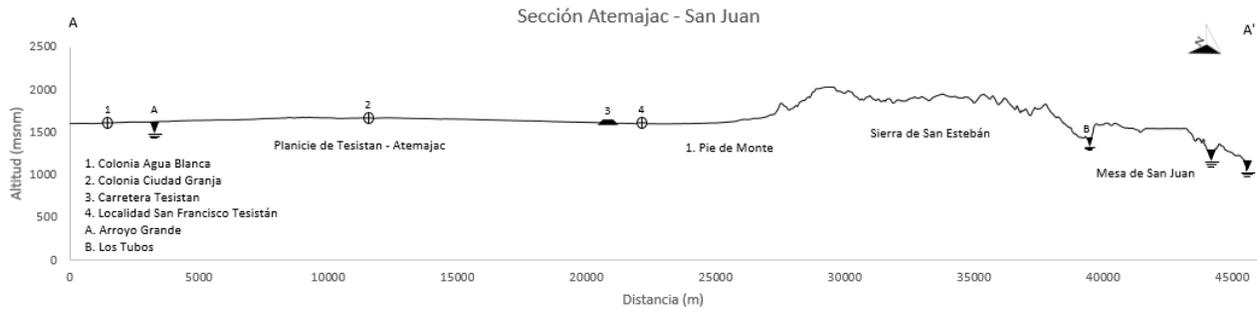


Figura 12: Sección Atemajac-San Juan cuyo rumbo es SE- NO. Fuente: Elaborado con base en el MDE ASTER con resolución del píxel a 5m e información topográfica correspondientes a la carta F13D65 y F13D55 de INEGI.



Fotografía 1: Panorámicas de la planicie Tesistán-Atemajac, vista de norte a sur, se observan los asentamientos humanos en colindancia próxima con actividades primarias (Captura propia, junio de 2017).

La estructura geomorfológica más antigua del municipio corresponde a la Serranía de San Esteban; esta unidad ha sido parcialmente sepultada por las sucesivas emisiones de material piroclástico e ignimbrítico, tanto de la sierra de Tesistán como de La Primavera. Así mismo, el rasgo morfológico más importante lo representa el Cañón, que divide a los municipios de Ixtlahuacán del Río, San Cristóbal de La Barranca, Tequila y Amatitán, este sistema cambia de dirección, de SE-NO, E-O, y NE-SO, incorporando a su curso unidades ríolíticas importantes como serranías, lomeríos y relieve residual producto de la dinámica erosiva del Cañón (ver Figura 13).

Estas unidades o complejos geomorfológicos están sometidos a procesos de degradación del relieve, y por lo tanto a procesos de transformación de sus condiciones iniciales debido a los aportes máficos y energéticos que son inducidos a estos complejos a través de sus límites. También, dentro de estos sistemas ocurre una dinámica interna, en donde las actividades humanas y los elementos del medio interactúan de manera indisoluble, y en cuyo caso se promueven dichas transformaciones a lo largo del tiempo, por tales motivos, estas unidades se nombraron a partir de su génesis, dinámica y topónimo local asociado.

El resultado de estos procesos sistémicos contribuye a la generación del denominado relieve antrópico, que representa la adaptación del relieve por la acción humana, según sean sus necesidades sociales, culturales, económicas, etc., haciendo de este medio natural un medio humano, sometido a constantes cambios a lo largo del tiempo.

Los cambios inherentes al relieve se traducen en una serie de factores: peligrosidad y exposición de los asentamientos y grupos humanos, principalmente. Es por ello que conocer la configuración regional de las unidades geomorfológicas y su expresión a escala local son de gran relevancia si se considera que en el municipio de Zapopan la reconfiguración del relieve es un tema prioritario para la evaluación de la peligrosidad asociada a diversos fenómenos como: procesos gravitacionales, subsidencias, inundaciones, erosión intensa de los suelos, ecológico-sanitarios, entre otros.

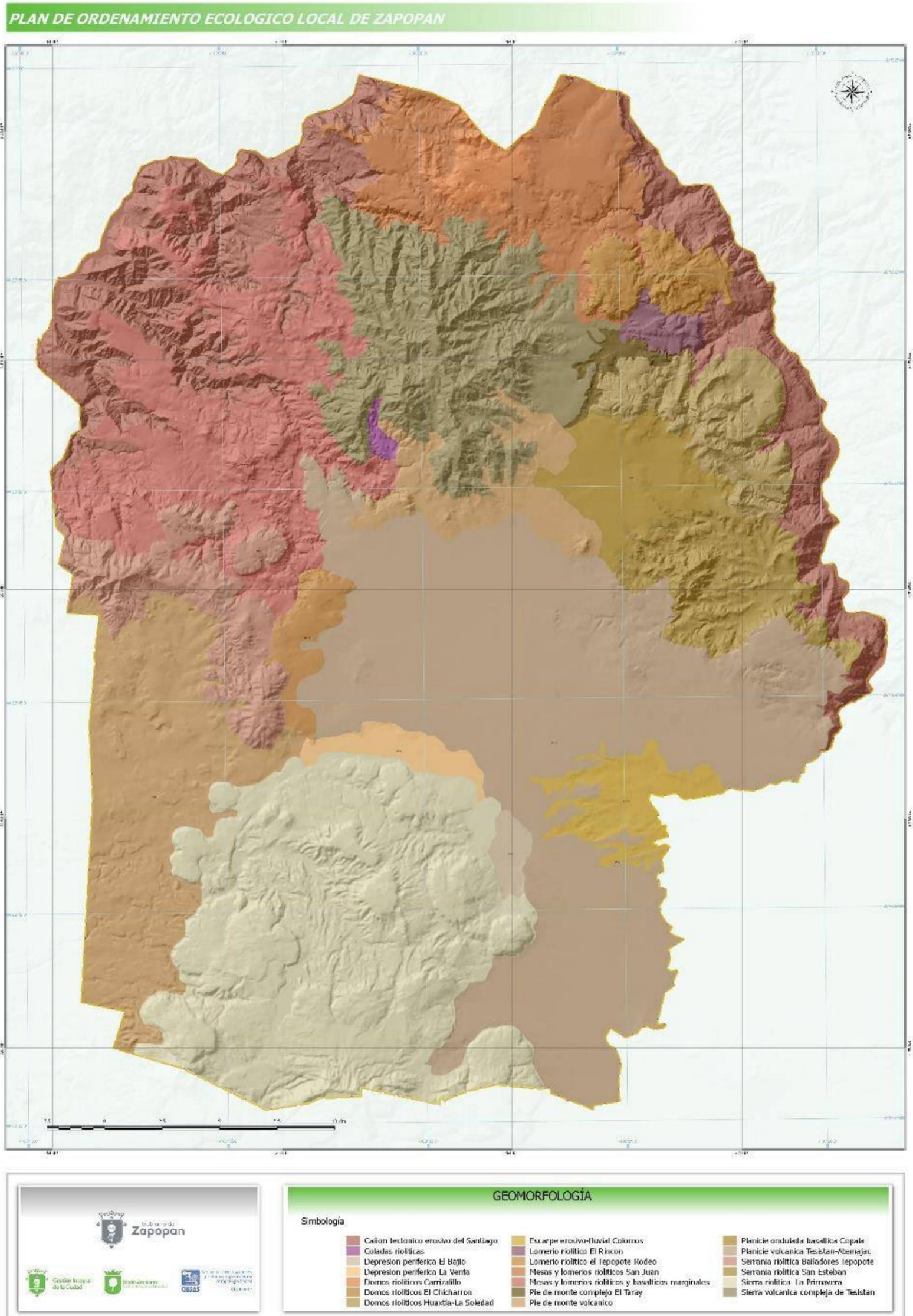


Figura 13: Unidades Geomorfológicas del municipio de Zapopan. Nociones tomadas del POET Zapopan, 2006.

PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS.

Para el pertinente entendimiento de la geomorfología se tiene que partir de la noción básica de sistema, ya que en cualquier sistema geomorfológico se manifiestan procesos endógenos o internos (tectónica, volcanismo) y procesos exógenos o externos (geomórficos) que derivan en gran parte de las fuerzas climáticas (Scheidegger, 1961 en Elorza, 2008). Es decir son procesos de construcción y destrucción del relieve impulsado por las fuerzas gravitacionales, con la función de equilibrar el relieve llegando al estado más probable penillanuras, iniciando el ciclo geomorfológico en la formación de zonas deprimidas.

Estos procesos geomorfológicos se presentan uniformemente por la corteza terrestre, pero su condición actual en una determinada área hace posible referir la sucesión de diferentes etapas prolongadas en largos lapsos de tiempo (entendidas deductivamente).

Los rasgos más determinantes en los procesos geomorfológicos se dividen en cuatro grupos, distinguidos en la materialidad del relieve vigente; a) los factores exógenos, factores bióticos como abióticos (gravedad, suelo, el clima, cuerpos de agua) denominado ciclo geográfico; b) los factores bióticos, suelen irrumpir en los procesos constructivos del relieve (modelado) aunque de forma sutil como la erosión causada por la fauna y flora, su caracterización es necesaria para dar cuenta de zonas muy puntuales de estudio; c) los factores endógenos, la tectónica, diastrofismo, la orogénesis y el volcanismo, denominado ciclo geológico formadores del relieve; y d) los factores antrópicos, la acción del hombre es variable, puede favorecer o desfavorecer la evolución natural del relieve aunque nunca deja de transformarlo caso concreto en las grandes urbes (mega-construcciones), donde es necesario reconocer el sustrato natural que la soporta para entender la sustentabilidad del medio ambiente.

A través de los estudios geomorfológicos aplicados es posible caracterizar y regionalizar el territorio del municipio de Zapopan.



Fotografía 2: Panorámicas de la Sierra Volcánica compleja de Tesistán, al norte del municipio (Captura propia, junio de 2017).

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL RELIEVE.

El relieve se puede estudiar a través de sus formas que tiende a asemejarse a modelos geométricos (morfografía), pudiendo realizar una cuantificación de determinados elementos (morfometría). La erosión constantemente modifica los aspectos originales del relieve, por ello es importante aclarar la formación del relieve y sus grados actuales de transformación en una región determinada (Lugo, 1988). En la regionalización geomorfológica de Zapopan (mapa 6) se pudo tener una idea sobre la edad relativa de cada unidad gracias a la comparación entre estas. Si el relieve es llano se encuentra en una fase madura y por el contrario su rugosidad indica juventud y dinamismo en constantes deslizamientos.

Morfometría Geomorfológica.

Es la cuantificación de ciertos elementos del relieve en base a métodos matemáticos plasmando una medida del grado de transformación del relieve debido a los procesos endógenos y exógenos. Los métodos morfométricos pueden permitir la elaboración de mapas específicos que contribuyen al conocimiento del relieve terrestre.

Densidad de disección horizontal.

La disección es el proceso de destrucción del relieve por efecto de la erosión y según la incisión que provoca en la superficie esta puede ser llamada vertical u horizontal. El estudio aplicado de densidad de disección horizontal grafica el

resultado erosivo de las corrientes fluviales vía los talwegs como líneas originadas por la erosión fluvial y su densidad en una determinada área.

El estudio se realizó en base a la cuantificación de longitud de talwegs que se encuentran dentro del área política-administrativa del municipio de Zapopan, debido a ello se diferencia de la caracterización de las cuencas que priorizan el flujo del agua soliendo trascender los límites municipales para su óptima caracterización.

Para poder relacionar la cuantificación de los talwegs es necesario crear una malla geométrica, el tamaño de las celdas se determina según la escala total del municipio que marca la visualización y contenido de cada una, para el caso de Zapopan la escala base de estudio fue de 1: 300 mil medida que justificaba el área de las celdas de 1 km², pero para su mayor representatividad se decidió subir a 2 km². La variación métrica de las celdas produce un coeficiente (área en km²) que será dividido posteriormente por la cantidad de talwegs por celda, por lo tanto cualquier cambio en la dimensión de la celda es proporcional a la cantidad de talwegs que contendrá.

El resultado de la división corresponde al valor final de cada celda que posteriormente se toma para la realización de una interpolación de cada centroide de las celdas, definiendo los polígonos asociados por la cercanía de valores.

Las categorías resultantes son 6; con el valor 0 se indica la nulidad de talwegs en el área, 0.5 muy baja densidad, 1 baja densidad, 2 mediana densidad, 3 alta densidad y 4 muy alta densidad. Al indicar áreas con mayor densidad se tiene que resaltar su importancia, no solo a las cuencas que pertenecen sino también a las acciones sociales o uso de suelo sobre estas superficies.

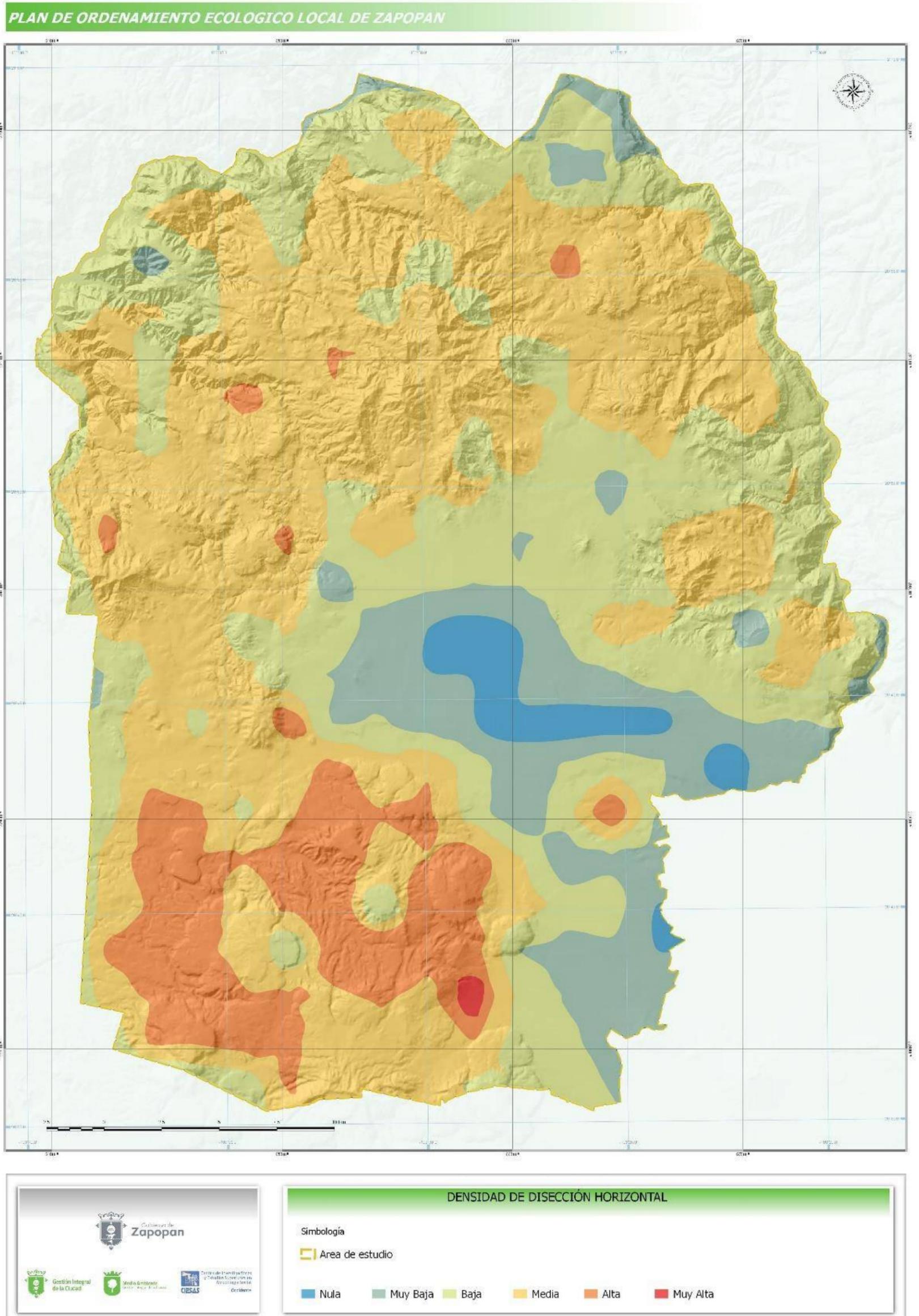


Figura 14: Densidad de disección horizontal.

Este mapa completa el entendimiento de la hidrografía, lo cual es comprensible ya que se trata de parámetros asociados al régimen hidrológico, infiltración, escurrimiento, precipitación con procesos de erosión fluvial, gravitacionales y cárscicos (Lugo, 1988).

La clasificación de la densidad de disección horizontal responde a la cantidad de vértices de cauces o lechos de estos próximos entre sí en una determinada área, pudiendo definir las zonas prioritarias por su mayor concentración indiferentemente si se tratan de corrientes perennes o intermitentes.

Los resultados del mapa de disección horizontal general indican que gran parte del territorio zapopano presenta una mediana erosión fluvial casi en un 45 % de su territorio, medida que marca uno de los principales reconocimientos de la caracterización física (tabla 1), la extensión de la erosión horizontal media funge como límite de contención natural a la urbanización extensiva.

| Disección horizontal general | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Clasificación | Áreas en Km² | Área en % |
| 0 Nula | 29.14 | 2.37 |
| 0.5 Muy Baja | 137.90 | 11.22 |
| 1 Baja | 386.66 | 31.46 |
| 2 Media | 551.26 | 44.85 |
| 3 Alta | 122.46 | 9.96 |
| 4 Muy Alta | 1.68 | 0.14 |

Cuadro 4: Disección horizontal general para todo el municipio de Zapopan.

Las áreas con la clasificación nula o muy baja se presentan relativamente adecuadas para la urbanización o la actividad agraria extensiva, donde las acciones transformadoras del relieve causadas por la actividad social no influyen en los lechos de los cauces dadas su poca presencia, aun así se han visto casos de modificación por la necesidad de canalizar las escorrentías acciones que a largo plazo resultan ser negligentes si no se considera el relieve.

La zona suroeste del municipio se encuentra clasificada en su mayoría como alta, al encontrarse una red compleja de talwegs que dan como consecuencia la fertilidad del paisaje natural como es el Bosque de La Primavera. El área con la clasificación muy alta indica un punto concreto a tomar en cuenta para la planificación por ser crucial para la red de cauces.

Este estudio se presenta como el contenido cuali-cuantitativo de las unidades geomorfológicas antes definidas (ver cuadro 5).

| Unidades Geomorfológicas | Área en Km ² | Disección Horizontal en % | | | | | |
|--|-------------------------|---------------------------|----------|------|-------|------|----------|
| | | Nula | Muy Baja | Baja | Media | Alta | Muy Alta |
| Planicie volcánica Tesistán-Atemajac | 262.180353 | 10.9 | 41.8 | 37.7 | 8.4 | 0.7 | 0.5 |
| Sierra riolítica La Primavera | 196.846896 | 0.0 | 0.2 | 8.8 | 44.6 | 46.2 | 0.2 |
| Cañón tectónico erosivo del Santiago | 136.79111 | 0.0 | 5.0 | 58.0 | 36.3 | 0.5 | 0.0 |
| Pie de monte volcánico | 120.656473 | 0.0 | 0.6 | 28.9 | 52.7 | 17.8 | 0.0 |
| Mesas y lomeríos riolíticos y basálticos marginales al cañón | 116.395316 | 0.0 | 0.1 | 15.8 | 82.0 | 2.1 | 0.0 |
| Sierra volcánica compleja de Tesistán | 101.334384 | 0.0 | 0.0 | 19.4 | 80.0 | 0.6 | 0.0 |
| Mesas y lomeríos riolíticos San Juan | 61.251135 | 0.0 | 13.7 | 37.3 | 46.6 | 2.4 | 0.0 |
| Serranía riolítica Bailadores-Tepopote | 43.23318 | 0.0 | 0.0 | 18.3 | 79.3 | 2.4 | 0.0 |
| Serranía riolítica San Esteban | 39.029139 | 0.0 | 4.0 | 46.2 | 49.8 | 0.0 | 0.0 |
| Domos riolíticos Huaxtla-La Soledad | 34.568949 | 0.0 | 0.0 | 39.4 | 60.6 | 0.0 | 0.0 |
| Planicie ondulada basáltica Copala | 29.259145 | 0.0 | 6.9 | 80.5 | 12.6 | 0.0 | 0.0 |
| Escarpe erosivo-fluvial Colomos | 20.123898 | 2.3 | 30.4 | 42.3 | 17.9 | 7.1 | 0.0 |
| Domos riolíticos El Chicharrón | 17.614378 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 95.6 | 0.0 | 0.0 |
| Lomerío riolítico el Tepopote-Rodeo | 11.88569 | 0.0 | 13.6 | 59.2 | 21.9 | 5.3 | 0.0 |
| Domos riolíticos Carrizalillo | 10.769554 | 0.0 | 0.0 | 77.1 | 22.9 | 0.0 | 0.0 |
| Depresión periférica La Venta | 9.752189 | 0.0 | 0.5 | 59.4 | 40.1 | 0.0 | 0.0 |
| Lomerío riolítico El Rincón | 5.95906 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |
| Pie de monte complejo El Taray | 5.041571 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 96.0 | 0.0 | 0.0 |
| Depresión periférica El Bajío | 4.909102 | 0.0 | 12.1 | 33.5 | 54.4 | 0.0 | 0.0 |
| Coladas riolíticas | 1.796757 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 |

Cuadro 5: Disección horizontal por unidades geomorfológicas.

La mayoría de las unidades geomorfológicas presenta una disección media; tales como las denominadas coladas, lomeríos, domos, sierras, depresiones y mesas, configuraciones del relieve que guardan una mediana presencia de cauces. Mientras una unidad geomorfológica presenta todas las clasificaciones esta es considerada dinámica, si tan solo le falta una, se denomina semi-dinámica ambas designaciones refieren la contrastación de la disección horizontal en una determinada unidad, por el contrario si tiende a presentar una sola clasificación es considerada uniformemente estable.

Por otro lado, la densidad de disección horizontal nos permite ubicar la función de las unidades al margen de su extensión superficial, en el contexto

geomorfológico general del municipio, por ejemplo las unidades; Coladas riolíticas, Pie de monte complejo El Taray y Lomerío riolítico El Rincón que presenta extensiones menores se encuentran en zonas de densidad media, dada sus superficies no guardan gran cantidad de talwegs pero su forma geomorfológica positiva (diferencialmente de lo plano) fungen como parte aguas o lechos mayores para los cauces, caso de la unidad Coladas riolíticas que es un derrame volcánico con inclinación.

Como unidades resaltantes se encuentran; la depresión periférica La Venta y El Bajío por su clasificación entre baja y media, es decir presentan un relieve plano pero con una presencia importante de talwegs; pie de monte volcánico por presentar un 20 % aproximadamente de disección horizontal alta; sierra riolítica La Primavera y escarpe erosivo-fluvial Colomos ambas de disección horizontal semi-dinámica al carecer una de las clasificaciones, pero con mayor clasificación alta y de nula a alta respectivamente; y planicie volcánica Tesistán-Atemajac la unidad más grande en términos de extensión y la más dinámica por que cuenta con todas las clasificaciones, presentando un polígono de muy alta densidad compartido con la sierra riolítica La Primavera.

Densidad de disección vertical.

Este estudio refleja la evolución del relieve terrestre en una región determinada, cuantificando la diferencia entre las curvas de nivel, mientras menos diferencia exista el terreno es menos abrupto. Su metodología es muy similar a la de densidad de disección horizontal, registrando el valor de las curvas de nivel como primer y esencial insumo del estudio.

Para identificar y recortar las curvas de nivel es necesario crear una malla geométrica, el tamaño de las celdas se determina según la escala total del municipio que marca la visualización y contenido de cada una, para el caso de Zapopan la escala base de estudio fue de 1: 300 mil medida que justificaba el área de las celdas de 1km².

Se recorta las curvas de nivel en cada celda y se identifican la de valor mayor y menor, es importante resaltar que para este estudio de contaron con curvas de nivel a metro que propician mayor detalle. Paso siguiente se resta las dos curvas identificadas, el resultado pasa a ser el valor de la celda configurando un mapa dasimétrico semaforizado en rangos.

Las categorías resultantes son; de 0 a 108 muy baja, 109 a 216 baja, 217 a 328 media, 329 a 460 alta y de 461 a 879 muy alta. Es evidente que existe una relación con las topoformas que se presentan a lo largo del municipio y la densidad de disección vertical por ejemplo las planicies y depresiones muestran una disección muy baja y por el contrario los cañones muy alta (ver figura 15 y cuadro 6).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

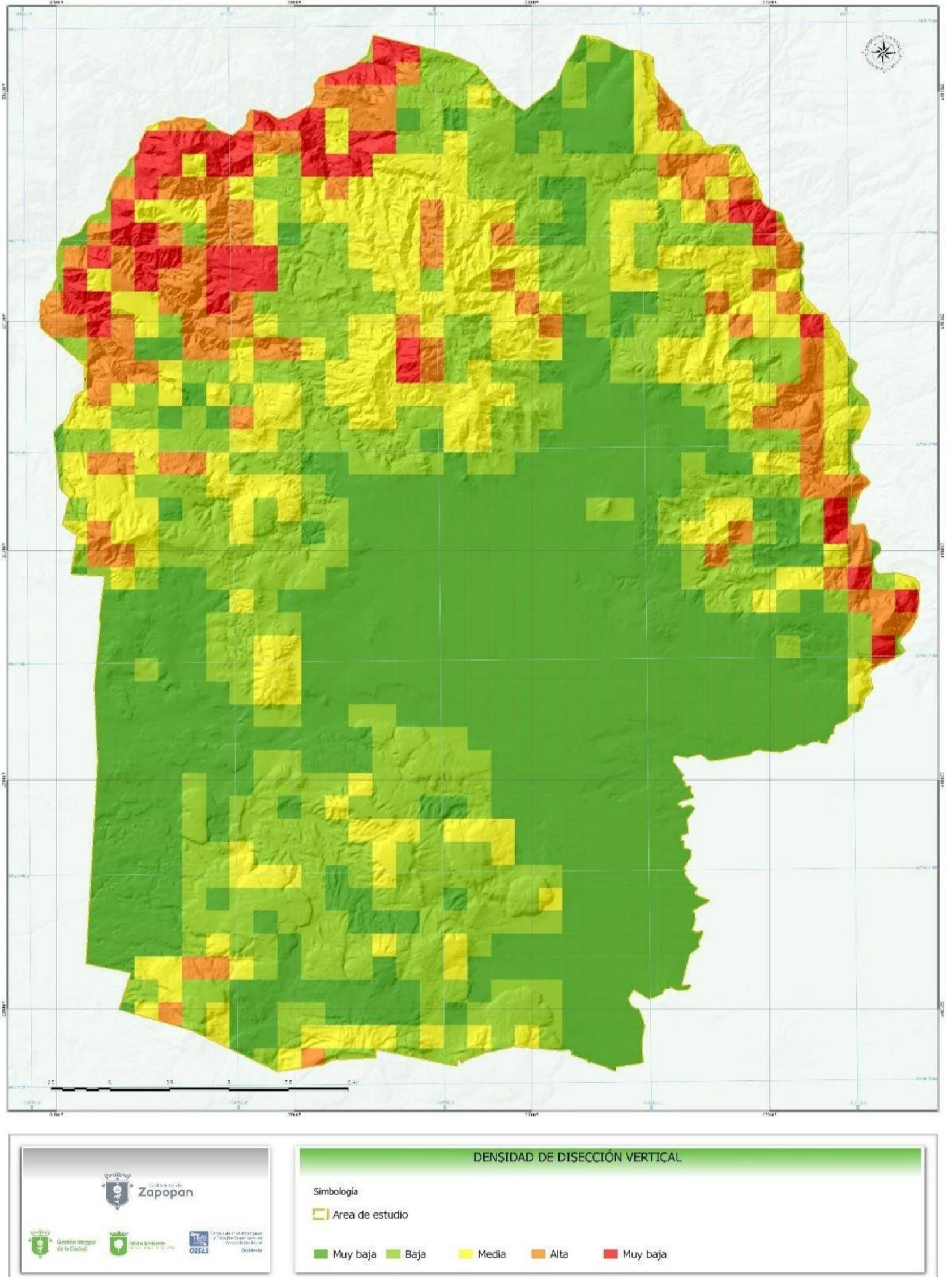


Figura 15: Densidad de disección vertical.

| Disección vertical general | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Clasificación | Áreas en Km² | Área en % |
| Muy Baja | 501.51 | 40.80 |
| Baja | 350.36 | 28.51 |
| Media | 224.64 | 18.28 |
| Alta | 101.51 | 8.26 |
| Muy Alta | 51.08 | 4.16 |

Cuadro 6: Disección vertical general para todo el municipio de Zapopan.

En su mayoría el territorio de Zapopan cuenta con una condición del relieve madura, al estar conformada por extensas planicies de origen volcánica y principalmente de valles, ambas características cualificadas entre una erosión vertical baja y muy baja que suman casi un 70 % del territorio. El valor medio no llega al 20 % presentándose en su mayoría como la máxima diferencia en el sur del municipio y al norte como el relieve en transición a los valores más altos.

Se identifican un conjunto de sierras de naturaleza volcánica y en menor proporción mesetas de origen basáltico que significan el valor de la disección vertical alta casi en un 10 %, bordeando a las diferencias mayores clasificadas como muy altas aproximadamente un 5 %, como son el Cañón del Río Grande del Santiago.

Los resultados interpretados como contenidos de las unidades geológicas son los presentados en la (Cuadro 7).

| Unidades Geomorfológicas | Área en Km ² | Disección Vertical en % | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|------|-------|------|----------|
| | | Muy Baja | Baja | Medio | Alto | Muy Alto |
| Planicie volcánica Tesistán-Atemajac | 262.180353 | 65.3 | 25.6 | 6.6 | 1.7 | 0.8 |
| Sierra riolítica La Primavera | 196.846896 | 27.9 | 52.6 | 16.9 | 2.6 | 0.0 |
| Cañón tectónico erosivo del Santiago | 136.79111 | 8.2 | 17.4 | 22.7 | 30.4 | 21.3 |
| Pie de monte volcánico | 120.656473 | 53.4 | 30.5 | 13.7 | 1.5 | 0.8 |
| Mesas y lomeríos riolíticos y basálticos marginales al cañón | 116.395316 | 6.3 | 35.2 | 28.3 | 18.9 | 11.3 |
| Sierra volcánica compleja de Tesistán | 101.334384 | 12.0 | 26.9 | 47.2 | 10.2 | 3.7 |
| Mesas y lomeríos riolíticos San Juan | 61.251135 | 22.1 | 34.7 | 26.3 | 8.4 | 8.4 |
| Serranía riolítica Bailadores-Tepopote | 43.23318 | 14.3 | 48.6 | 30.0 | 7.1 | 0.0 |
| Serranía riolítica San Esteban | 39.029139 | 25.0 | 35.7 | 16.1 | 16.1 | 7.1 |
| Domos riolíticos Huaxtla-La Soledad | 34.568949 | 6.0 | 38.0 | 30.0 | 24.0 | 2.0 |
| Planicie ondulada basáltica Copala | 29.259145 | 65.1 | 27.9 | 7.0 | 0.0 | 0.0 |
| Escarpe erosivo-fluvial Colomos | 20.123898 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Domos riolíticos El Chicharrón | 17.614378 | 0.0 | 41.9 | 38.7 | 9.7 | 9.7 |
| Lomerío riolítico el Tepopote-Rodeo | 11.88569 | 58.3 | 29.2 | 12.5 | 0.0 | 0.0 |
| Domos riolíticos Carrizalillo | 10.769554 | 29.2 | 58.3 | 12.5 | 0.0 | 0.0 |
| Depresión periférica La Venta | 9.752189 | 81.8 | 18.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Lomerío riolítico El Rincón | 5.95906 | 7.7 | 38.5 | 46.2 | 7.7 | 0.0 |
| Pie de monte complejo El Taray | 5.041571 | 36.8 | 52.6 | 10.5 | 0.0 | 0.0 |
| Depresión periférica El Bajío | 4.909102 | 90.0 | 0.0 | 10.0 | 0.0 | 0.0 |
| Coladas riolíticas | 1.796757 | 0.0 | 12.5 | 62.5 | 0.0 | 25.0 |

Cuadro 7: Disección vertical por unidades geomorfológicas.

La disección vertical muy baja predomina en 9 de las unidades; planicie ondulada basáltica Copala, escarpe erosivo-fluvial Colomos, depresión periférica La Venta, depresión periférica El Bajío, pie de monte volcánico y Planicie volcánica Tesistán-Atemajac, pero en su mayoría son 11 unidades que resaltan en la clasificación de baja. Mientras que la unidad de Cañón tectónico erosivo del Santiago tiene valores resaltantes para las clasificaciones alta y muy alta.

En términos generales se visualiza áreas densas en disección baja y muy baja como pie de monte volcánico en el suroeste del municipio conectado vía la depresión La Venta con la planicie volcánica Tesistán-Atemajac, vinculada con la planicie ondulada riolítica Copala, donde se ubican zonas de urbanización o de uso agrícola. Por otro lado, la concentración de disección alta y muy alta se encuentra al noroeste.

Complementando la lectura de los cauces, existe una relación entre la disección vertical y la morfología de los cauces; en las zonas de disección vertical baja o muy baja, dicha morfología suele ser poco profunda y ancha, son susceptibles a sufrir alteraciones en su geometría. Por el contrario, los cauces encontrados en zonas de disección vertical media, alta y muy alta se encuentran más encajados en el relieve.

El sustrato natural soporte de la urbe.

Para tener una lectura sustentable y sistemática de las acciones sociales hacia el ambiente es necesario reconocer al relieve como sustrato natural que soporta los cambios. Tan sólo por asociación es posible referir qué unidad es más propensa a la erosión antrópica dada la urbanización, donde los cambios efectuados por muy aislados que se presenten, si no contemplan las condiciones del relieve pueden perturbar las relaciones en el medio ambiente.

Por ello se relaciona las áreas urbanizadas y sus reservas para el año 2012 (presentes en el módulo de desarrollo urbano), con el fin de identificar las áreas de presión actual o que se consideran estratégicas para los escenarios tendenciales por la dinámica o uso vigente y proyectado (cuadro 8).

| Unidades Geomorfológicas | Área Urbanizada en Km² | Área Urbanizada en % | Reserva Urbana exterior en Km² | Reserva Urbana en % |
|--|--|-----------------------------|--|----------------------------|
| Planicie volcánica Tesistán-Atemajac | 179.43 | 68.44 | 22.74 | 8.67 |
| Sierra riolítica La Primavera | 11.46 | 5.82 | 4.26 | 2.16 |
| Cañón tectónico erosivo del Santiago | 2.75 | 2.01 | 0.02 | 0.02 |
| Pie de monte volcánico | 10.07 | 8.35 | 8.14 | 6.74 |
| Mesas y lomeríos riolíticos y basálticos marginales al cañón | 1.89 | 1.62 | 0.00 | 0.00 |
| Sierra volcánica compleja de Tesistán | 0.33 | 0.33 | 2.43 | 2.40 |
| Mesas y lomeríos riolíticos San Juan | 0.63 | 1.03 | 0.01 | 0.02 |
| Serranía riolítica Bailadores-Tepopote | 2.78 | 6.42 | 2.36 | 5.45 |
| Serranía riolítica San Esteban | 9.00 | 23.05 | 1.06 | 2.72 |
| Domos riolíticos Huaxtla-La Soledad | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|-------------------------------------|-------|--------|------|-------|
| Planicie ondulada basáltica Copala | 2.29 | 7.82 | 4.24 | 14.48 |
| Escarpe erosivo-fluvial Colomos | 20.12 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |
| Domos riolíticos El Chicharrón | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Lomerío riolítico el Tepopote-Rodeo | 3.40 | 28.65 | 0.11 | 0.96 |
| Domos riolíticos Carrizalillo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Depresión periférica La Venta | 1.61 | 16.48 | 4.19 | 43.01 |
| Lomerío riolítico El Rincón | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pie de monte complejo El Taray | 0.00 | 0.04 | 0.36 | 7.06 |
| Depresión periférica El Bajío | 4.53 | 92.28 | 0.20 | 4.03 |
| Coladas riolíticas | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Cuadro 8: Unidades geomorfológicas urbanizadas.

Las unidades con un mayor porcentaje de urbanización son; Escarpe erosivo-fluvial Colomos con un 100 %, es importante considerar esta unidad a pesar de ya a ver sido subsumida por la consolidación urbana debido a que guarda una red de talwegs densa; depresión periférica El Bajío es otra de las unidades que casi en su totalidad esta urbanizada (zona de recarga acuífera); la unidad planicie volcánica Tesistán-Atemajac por su dinamismo y extensión presenta una urbanización mayor al 50 % de su superficie lo que indica que su caracterización es estratégica en la designación de sus usos de suelo.

También resaltan por su ubicación las unidades; sierra riolítica La Primavera y depresión periférica La Venta, la primera por tener una densidad de disección horizontal alta de talwegs, determinando un valor hidrográfico y una baja disección vertical que se presenta superable para la urbanización, la segunda unidad porque en una futura expansión urbana extensiva casi en un 60 % de su superficie será alterada.

Zonas a considerar por disección y presión urbana.

En este apartado se indican las áreas más representativas en relación a las disecciones y la presión urbana que contienen actualmente o en un escenario tendencial. (ver figura 16)

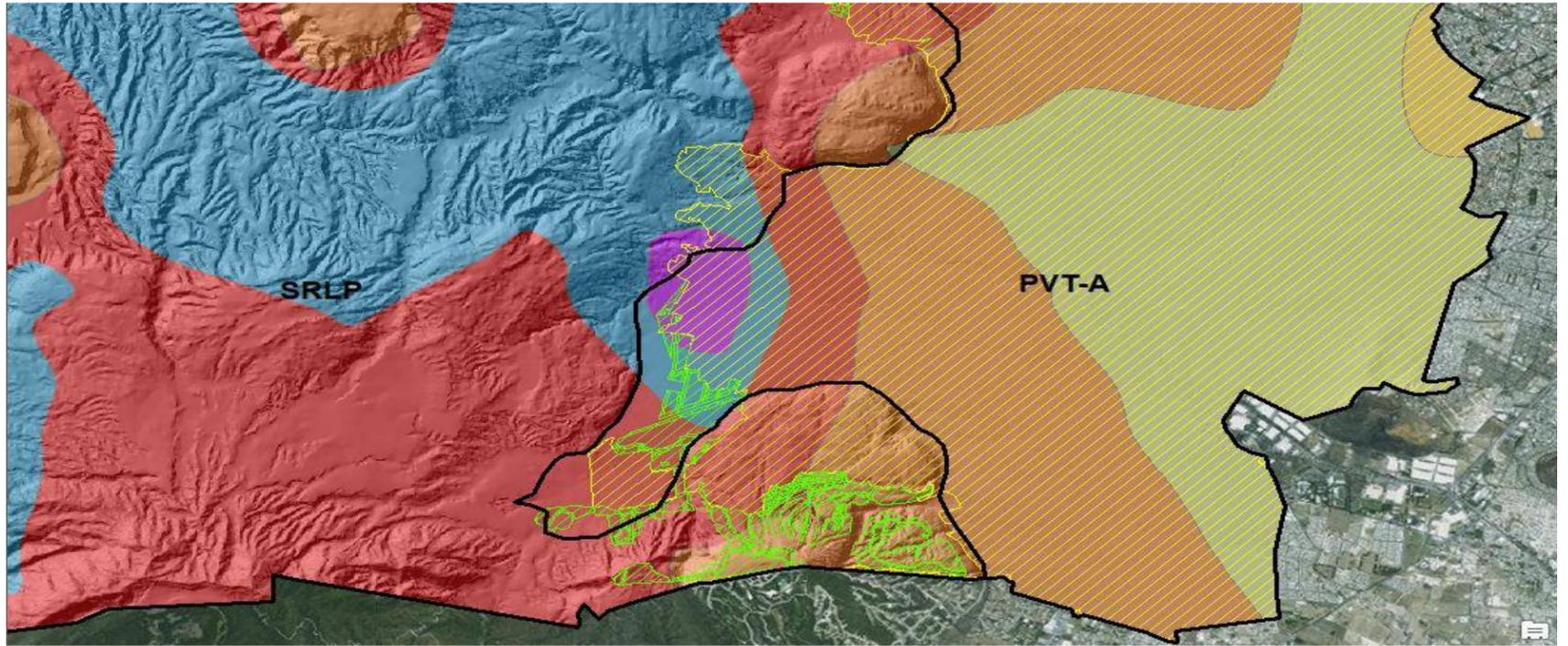


Figura 16: Zona a considerar por disección horizontal y presión urbana, frontera entre las unidades geomorfológica SRLP y PVT-A.

Según la densidad de disección horizontal la frontera sur entre las unidades SRLP (sierra riolítica La Primavera) y PVT-A (planicie volcánica Tesistan-Atemajac) presenta una zona a considerar, de color lila se muestra el polígono de disección horizontal muy alta, de color azul se representa la disección horizontal alta, el achurado amarillo es la urbanización consolidada y la verde la reserva urbana 2012.

En la figura 17 se ve como la impronta urbana se abre paso por zonas de disección alta y muy alta, señal de posibles modificaciones a los talwegs (los lechos de los cauces), lo ideal sería que la urbanización se contenga en la disección media (zona roja).

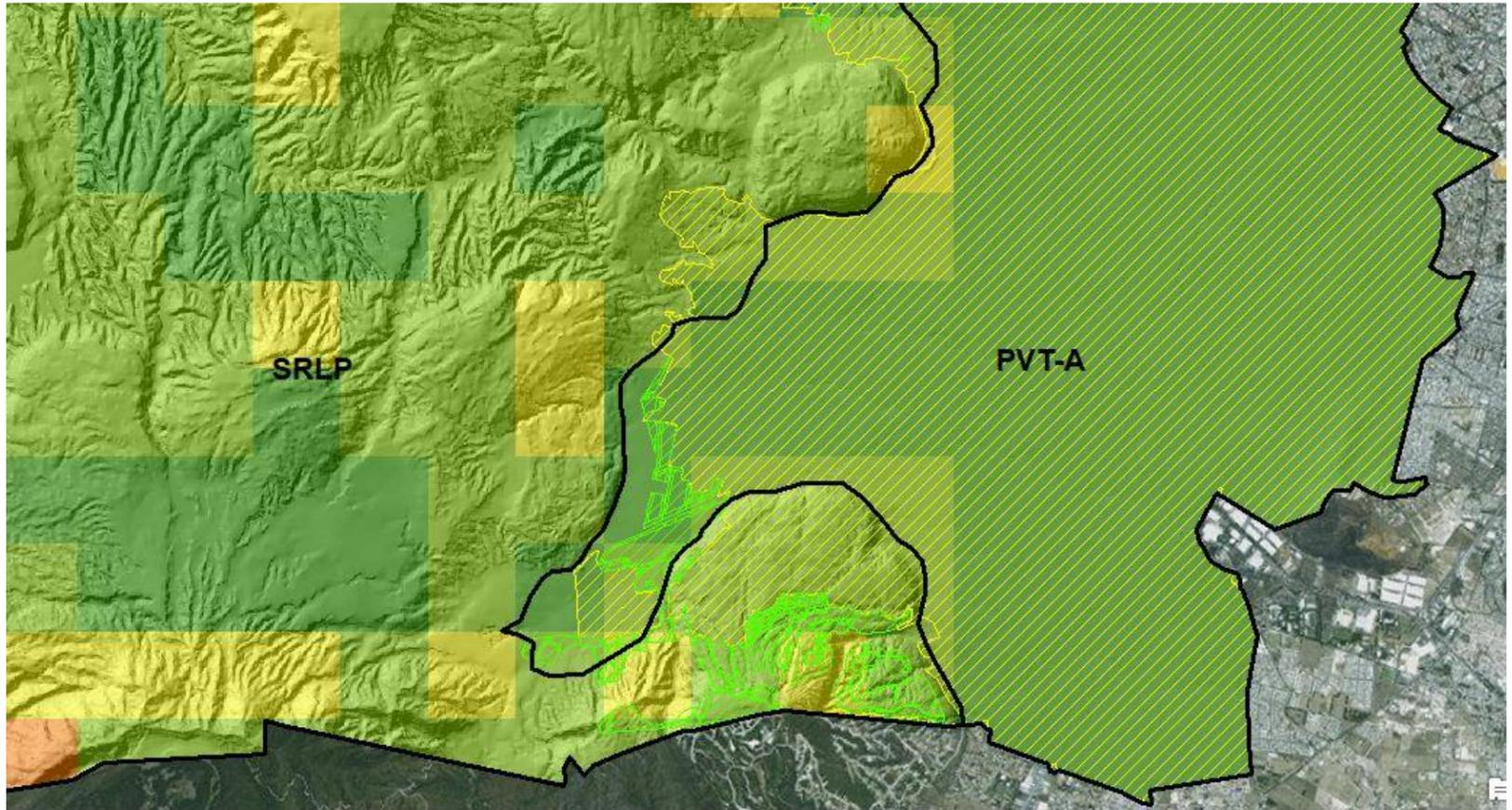


Figura 17: Zona a considerar por disección vertical y presión urbana, frontera entre las unidades geomorfológica SRLP y PVT-A.

De color verde oscuro se muestra la disección vertical muy baja, como verde claro la disección vertical baja, amarilla disección vertical media, naranja disección vertical alta y roja disección vertical muy alta. Achurado amarillo zona urbana consolidada, verde reserva urbana 2012.

Según la disección vertical no parece problema el cambio de clasificación de baja a media, como ocurre con la reserva urbana al sur de ciudad Bugambillas y residencial Los Robles, el emplazamiento de la urbanización en esta área a pesar de ser una alta inversión inmobiliaria por la tipología de vivienda se justifica por la condición del relieve que exige mejores técnicas para el asentamiento, lo que deriva en un estudio de riesgos por deslave, el impacto evidente de la presión urbana es la reducción de la franja de contención del Bosque de La Primavera. (ver figura 18).

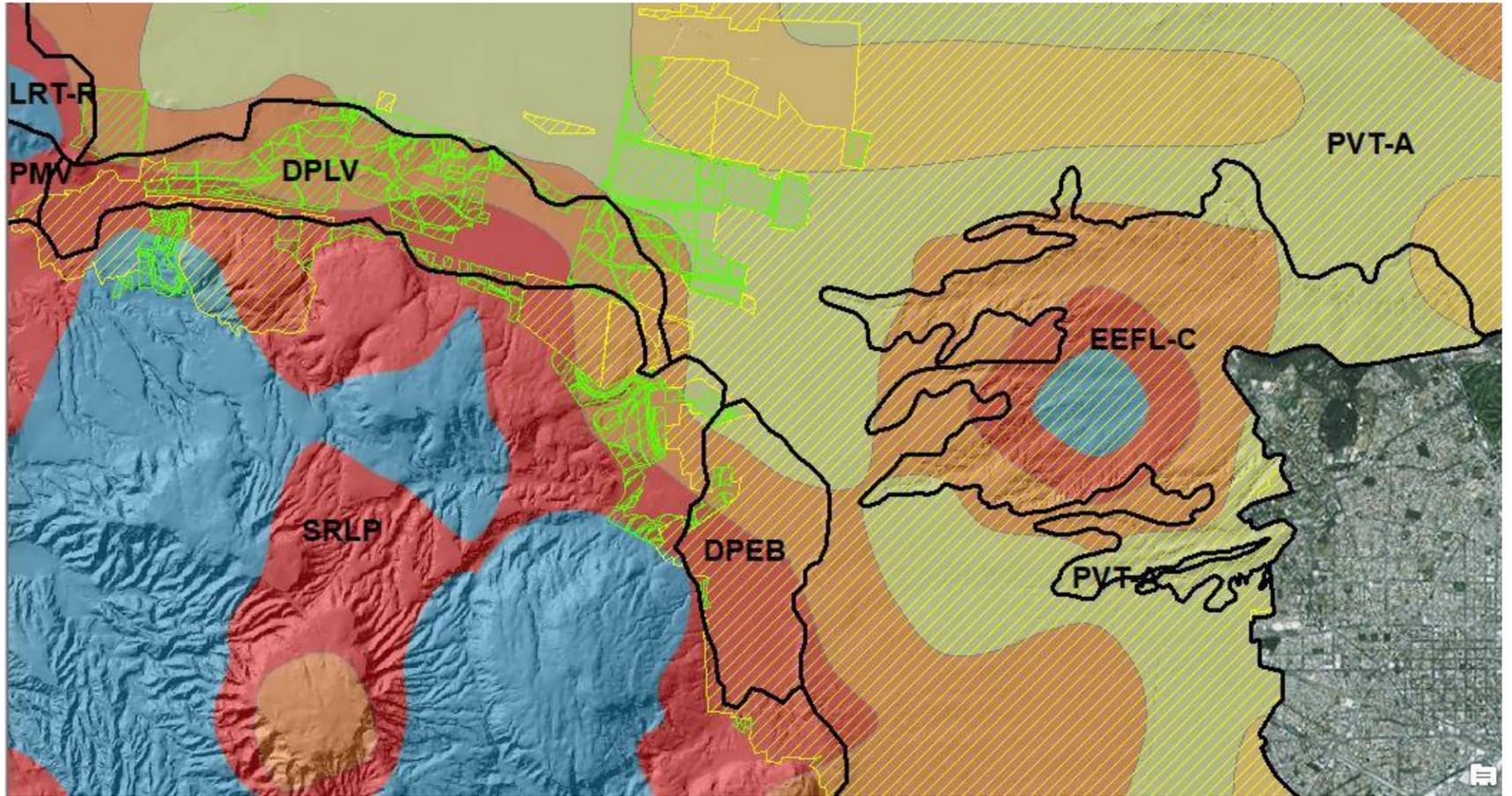


Figura 18: Zona a considerar por disección horizontal y presión urbana, unidades geomorfológicas DPLV, DPEB Y EEFL-C.

De color naranja se representa la disección horizontal baja, de color verde olivo la disección horizontal muy baja y de amarillo fuerte la disección horizontal nula.

Según la disección horizontal las unidades geomorfológicas DPLV y DPEB son naturalmente límites de resguardo de la primavera, su total urbanización trae consigo problemas como la impermeabilización de su superficie, ya que al ser depresiones, son ventanas de infiltración para alimentar los acuíferos.

La unidad geomorfológica EEFL-C está totalmente urbanizada pero no por ello deja de ser parte del estudio del POEL, su identificación permite explicar de mejor forma las alteraciones vigentes en los talwegs. Debido a su morfogénesis es una zona de erosión fluvial actual, su total urbanización evita que el ciclo geomorfológico se desarrolle en plenitud, es por ello que se tiene grandes volúmenes de agua que pretenden ser canalizados cuando naturalmente presenta bifurcaciones en red. (ver figura 18)

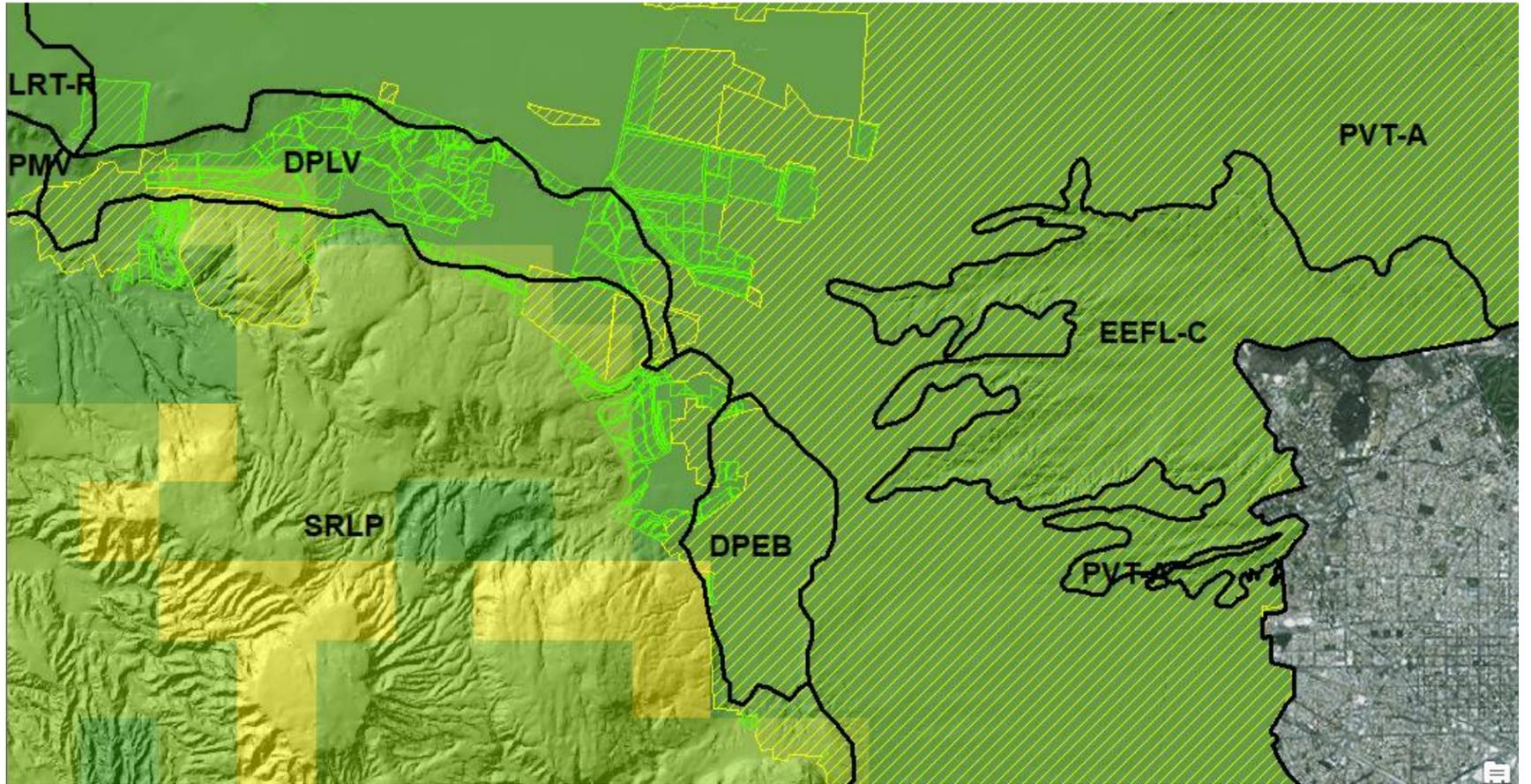


Figura 19: Zona a considerar por disección vertical y presión urbana, unidades geomorfológicas DPLV, DPEB Y EEFL-C.

Según la disección vertical estas unidades se presentan óptimas para la urbanización y agricultura, pero es necesario tener una identificación más pormenorizada de las unidades ya que guardan detalles a escala que refieren su importancia. La unidad EEFL-C como su nombre lo indica cuenta básicamente con escarpes de diferencia menor en relación al relieve uniforme comparado de todo el municipio, esta diferencia es paliada parcialmente con rellenos artificiales que posibilitan asentar los cimientos de las construcciones pero aun así no son exentos a la erosión fluvial. (ver fotografía 3)



Fotografía 3: Fotografía aérea para los años 70 en la zona de Colomos, donde se puede observar las características morfológicas e hidrográficas previo a la urbanización (POET 2006).

Áreas a considerar según el modelo de ordenamiento del POEL 2017 y polígonos especiales de protección ambiental. Ver figura 20

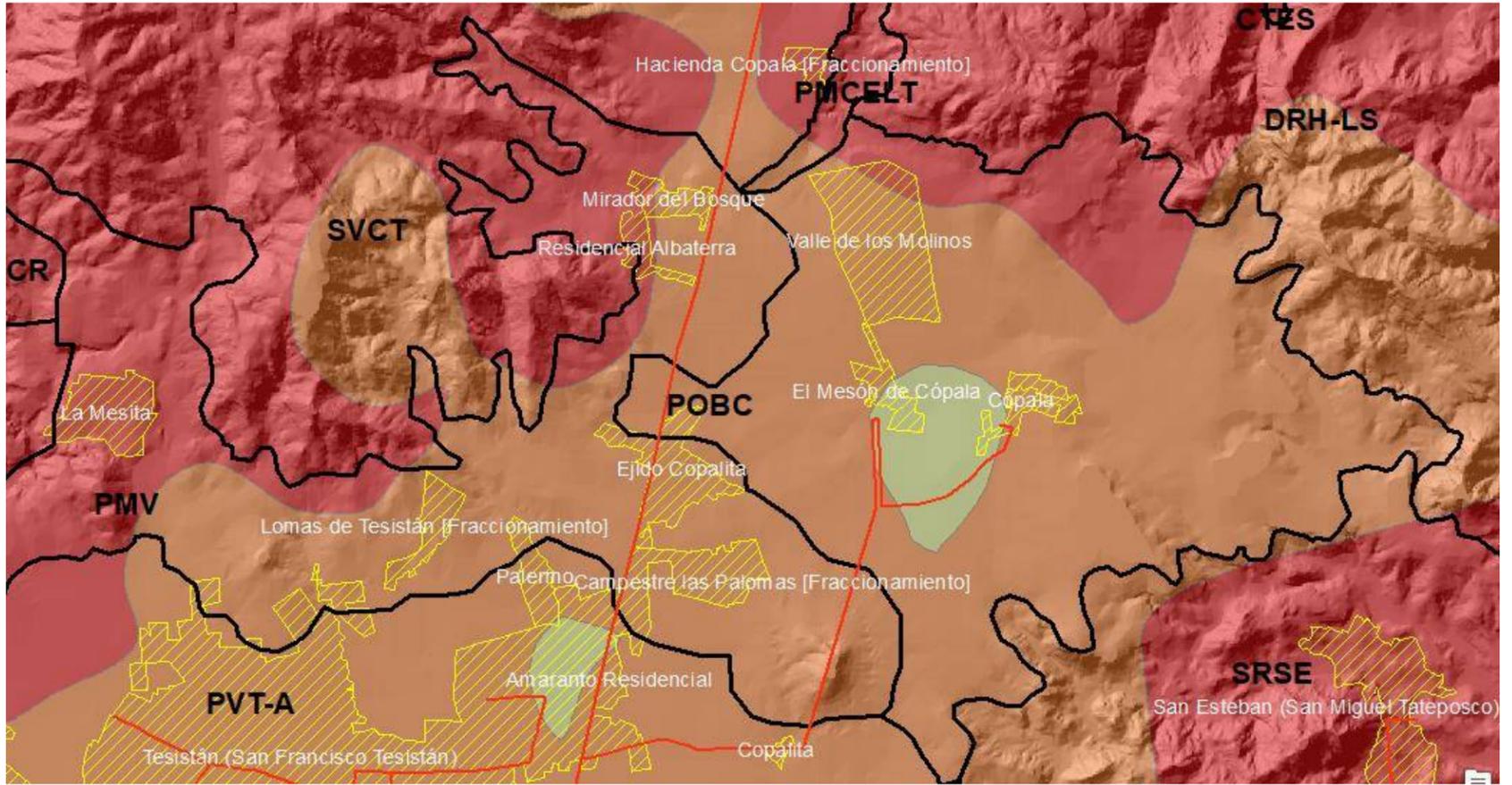


Figura 20: Zonas a considerar por disección horizontal y presión urbana, unidades geomorfológica PVT-A, PMV, SVCT y POBC.

La expansión inmobiliaria al norte de Zapopan que toma como eje la carretera de Tesistán a San Cristóbal de la Barranca pretende extenderse por la unidad geomorfológica POBC (planicie ondulada basáltica Copala), tal es el caso de la inversión inmobiliaria como Valle de los Molinos que compite en uso de suelo con el poblado de Copala rodeada por áreas de agricultura, en esta zona se evidencia la tensión del uso de suelo que se explica por el relieve.

La disección horizontal demuestra otro de los problemas señalados (en la presentación) la escasa de agua al presentar zonas de densidad muy baja que en un escenario tendencial pudiera existir mayor conflicto por el líquido vital. Ver figura 21.

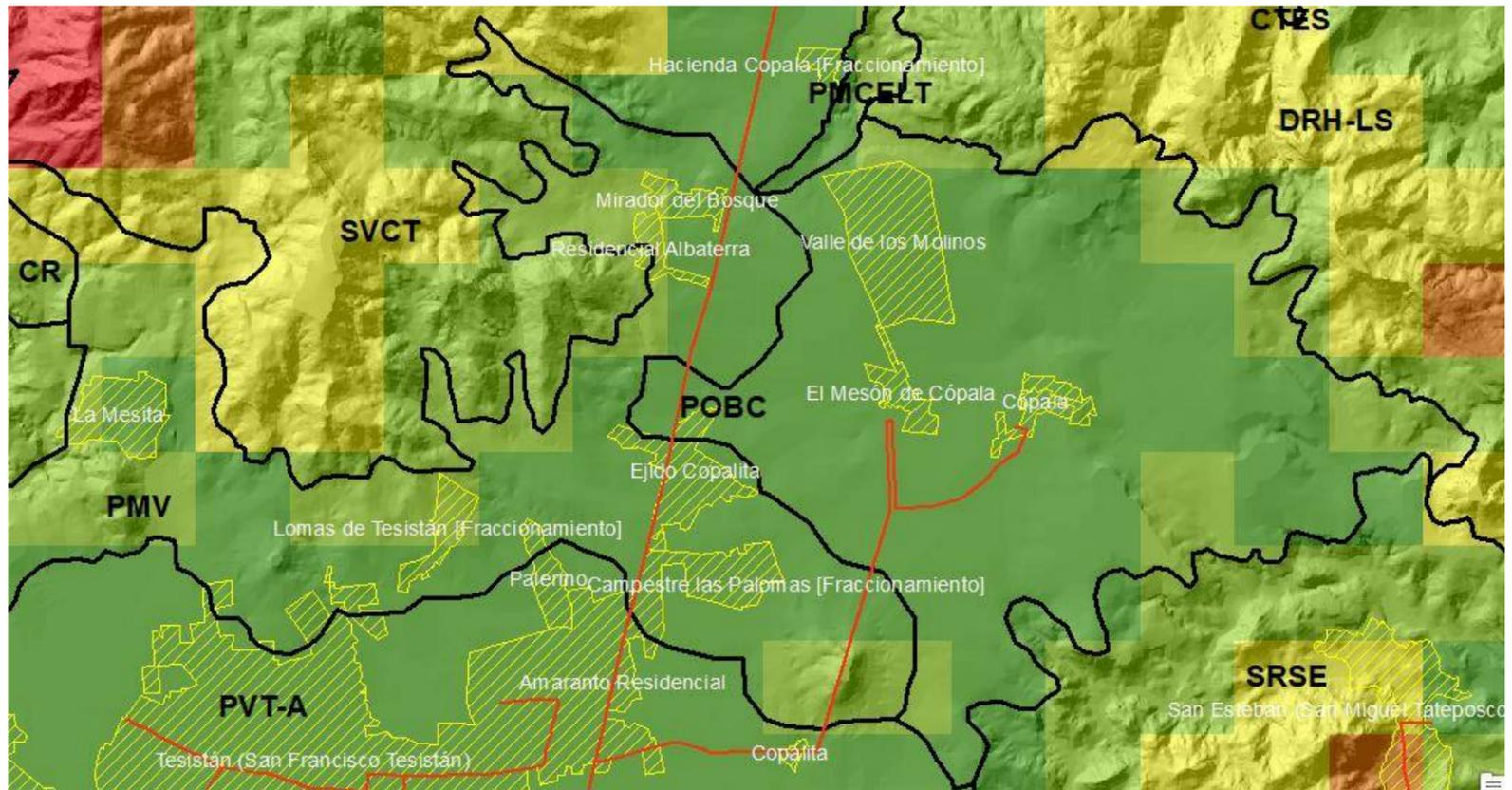


Figura 21: Zona a considerar por disección vertical y presión urbana, unidades geomorfológica PVT-A, PMV, SVCT y POBC.

La disección vertical en dicha área demuestra que si se promueve la urbanización extensiva en esta zona su extensión estará constreñida por las sierras, domos y los pie de monte aledaños. A pesar que la carretera funge como un corredor que detona la urbanización gracias a su conectividad, las áreas a sus ambos márgenes con condiciones planas se estrecha según se avance al norte, caso concreto es la localidad Lomas de Montichelo que se encuentra entre las unidades DREC y SVCT.

El relieve plano vuelve a aparecer más al norte en la unidad MRSJ de paisaje netamente rural donde se encuentra establecida la localidad Milpillas Mesa de San Juan, si se llegase a consolidar el corredor urbano no solo alterarían las corrientes de agua que desaguan en el cañón del Río Grande de Santiago por su corte transversal a los cauces, también fungiría como barrera alterando la ecología, fragmentando gran parte del paisaje caso del fraccionamiento ecológico Milpillas.



Fotografía 4: Fotografía de las mesas geológicas en el municipio de Zapopan de la unidad SRB-T (Toma junio de 2017).

Su origen se debe a la presencia de estratos horizontales resistentes a la erosión, generalmente son calizas o derrames de lava (Lugo: 2011). Estas

topoformas son tomadas como áreas propicias para la urbanización por su estabilidad, a pesar de su relativo alejamiento de la consolidación urbana.

También se encuentran como límite entre las unidades de PVT-A con MLRBMC, donde se percibe una planificación urbana al norte de la localidad del Salitral. Al norte como ejemplo encontramos al poblado Milpillas Mesa de San Juan aun de carácter totalmente rural.

Recomendaciones generales.

Dada la presión existente por parte de la urbanización extensiva es necesario priorizar los estudios de impacto ambientales donde el POELZ sea el primer orientador de las acciones inmobiliarias en busca de la sustentabilidad. El entendimiento del relieve abre la posibilidad de mantener una relación permanente con el medio ambiente, bajo la arista de la disciplina geomorfológica en su rama ambiental se estudia la relación de este con la dinámica actual y la actividad humana que lo modifica de manera permanente, con el objetivo de evitar daños con apoyo de la planeación, derivando medidas correctivas como la restauración de cauces fluviales (Lugo: 2011).

La rectificación de los cauces se significa como una acción de índole geomorfológica, a pesar de que esta misma conclusión puede ser también un resultado de los estudios hidrográficos. Pero hay que entender al relieve como un elemento determinante asociado a los cauces, en ese sentido su reconocimiento es fundamental para lograr el equilibrio en la organización territorial puesto que aclara los tipos de modificaciones que se han realizado, sobre todo cuando estos son negligentes o menos diligentes en pro de la sustentabilidad.

Erosión potencial del relieve.

La erosión es un proceso morfogenético, en el cual los materiales de la superficie terrestre son transformados debido a la interacción entre estos y las fuerzas *endógenas-exógenas* que actúan en ellos a lo largo del tiempo. Dichos cambios deben ser vistos como un proceso de *equilibrio dinámico del relieve*, ya que esta perspectiva permite solucionar problemas específicos a formas del relieve particulares, al asumir que éstas se han desarrollado a lo largo de un periodo temporal suficientemente largo, durante el cual las diferentes geoformas que constituyen una serie de elementos del relieve, mantienen un equilibrio dinámico, es decir, mantienen cierto nivel de auto-organización (Hack, 1975).

La erosión puede ser conceptualizada como el desprendimiento, transporte y depositación de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, en cuyo caso magnitudes físicas como el Esfuerzo generan cambios dentro del sistema al

traducirse en Trabajo (entendido como la manifestación externa de la energía) sobre una superficie dada a través del tiempo (Suárez, 2001).

En dicho caso, la inclinación del terreno constituye un factor relevante para estimar la erosión potencial (E_{p0}) de dicha superficie, en este sentido lo que se trata es de conocer la capacidad que tiene un elemento del ambiente para realizar un Trabajo de acuerdo con la configuración del sistema, de tal manera que es probable que en zonas en donde la pendiente S tiende a 0 el Trabajo se traducirá como la interacción de factores ambientales que puedan alterar las condiciones iniciales del material preexistente, y en cuyo caso puede ser incluso despreciable según sea el caso, pero si la pendiente S es diferente de 0 entonces el Trabajo será mayor, por lo que la energía contenida, agente erosivo y las características ambientales son relevantes.

Para el cálculo de la erosión potencial en el municipio de Zapopan se consideró un método basado en la clasificación de la pendiente del terreno medida en grados, la cual se asocia a la diferencia de elevaciones sobre el mismo, y por lo tanto al potencial energético de dicho relieve para su degradación (ver Figura 22). Dicha clasificación ha sido propuesta por Palacio-Prieto (1983), Van Zuidam (1986) y Lugo-Hubp (1988), citados en Aceves, Legorreta y Álvarez (2014). Ver figura 22.

En el cuadro 9 se presentan los rangos de pendiente y las clases resultantes para los mismos:

| Variable | Número | Rango | Clase |
|-----------|--------|--------------|-------------------|
| Pendiente | 1 | 0° - 1.5° | Nula |
| | 2 | 1.51° - 3° | Muy débil |
| | 3 | 3.01° - 6° | Débil |
| | 4 | 6.01° - 12° | Moderada a Fuerte |
| | 5 | 12.01° - 20° | Fuerte |
| | 6 | 20.01° - 45 | Muy fuerte |
| | 7 | > 45° | Intensa |

Cuadro 9: Especificaciones del modelo de erosión potencial.

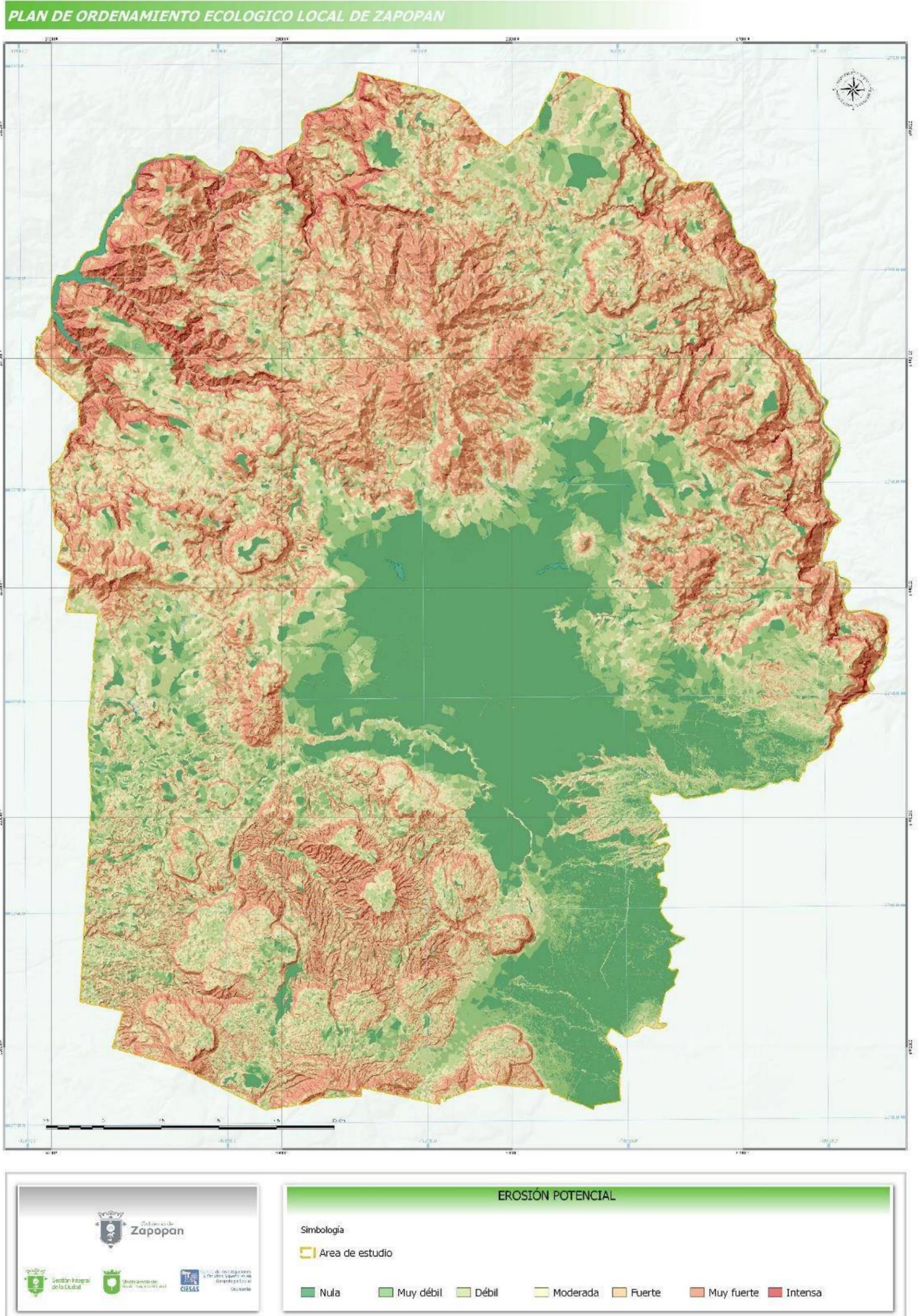


Figura 22: Erosión potencial. cf. nociones de Aceves, Legorreta y Álvarez, 2014.

Los resultados obtenidos muestran una alta correlación entre: a) las zonas con un potencial erosivo fuerte, muy fuerte e intenso, b) la densidad de disección horizontal y densidad de disección vertical, estas últimas asociadas a la velocidad, distancia, dirección y concentración del flujo volumétrico (Q); c) inclinación del terreno, que muestra implícitamente zonas expuestas, alteradas y en proceso de degradación, y d) la energía del relieve. Dicha correlación, se manifiesta de manera desigual en el sistema, de tal manera que las zonas con mayor potencial erosivo corresponden a unidades del relieve jóvenes adyacentes a los espacios urbanos y rurales del municipio, mientras que las áreas en donde existe un menor potencial erosivo corresponde a zonas en donde las características hidrográficas superficiales han sido modificadas, como se observa en la figura 22.

1.5 Condiciones de los suelos.

Los suelos del municipio de Zapopan representan el sustrato más superficial en las principales zonas forestales, áreas agrícolas y áreas libres de prácticas de impermeabilización del suelo, cuya génesis está ligada a diversos procesos de formación de los suelos, y que contribuyen a la recarga del sistema de flujo subterráneo que satisface parcialmente la demanda de agua del Área Metropolitana, debido a su diversificación desde principios de la década de 1960.

Pedogénesis.

La génesis de los suelos está íntimamente relacionada con el relieve, el material parental constituido por el material litológico, la vegetación y actividades extractivas, a lo largo del tiempo. En ese sentido el denominado Valle de Tesistán corresponde a una planicie en la cual se han depositado sedimentos pumicíticos que se caracterizan por tasas bajas de intemperización, tales como el cuarzo, que constituyen el nivel base de dicha unidad geomorfológica debido a su interacción con las vertientes adyacentes a esta planicie (POELZ, 2006).

Es importante destacar que los suelos del llamado valle de Tesistán son jóvenes debido a estas características: una densidad aparente relativamente alta, un color café claro, una baja retención de humedad que contribuye a la circulación de agua subterránea a diversas escalas en función de la pendiente, el material parental y las zonas de recarga. (véase la figura 23).

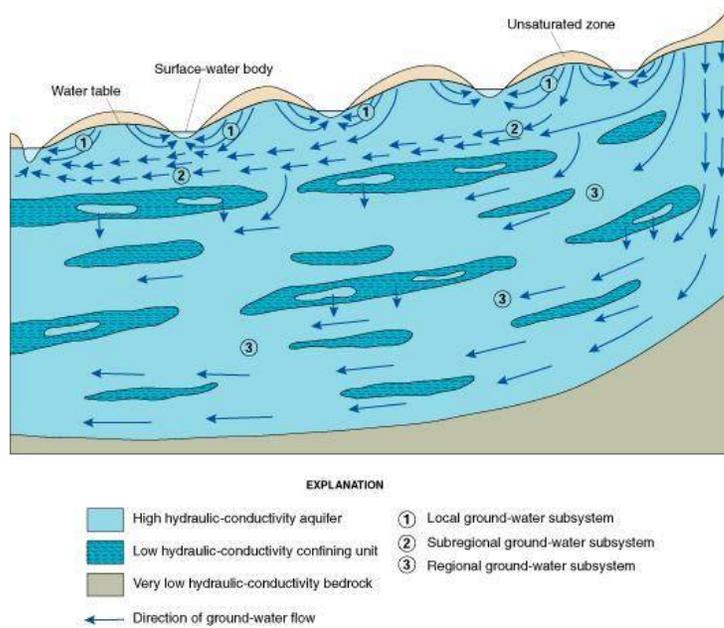


Figura 23: Modelo conceptual de la Teoría de Sistema de Flujo Subterráneo propuesta por Tóth en el año 2000, el cual muestra diversos puntos de aforo vinculados con las características del subsuelo y su transcurso de un punto a otro a lo largo del tiempo. Nociones tomadas de: Peñuela y Carrillo, 2012; imagen tomada de: <http://rendimiento.sdsu.edu/>

Los resultados del perfil incipiente propuesto en el POEL de Zapopan de 2006, muestran que éste se encuentra constituido por un horizonte A, que se encuentra sobre un horizonte de transición (AC), que a su vez yace sobre una horizonte C de arena pumicítica y es la razón por la que no existe un horizonte de acumulación de arcillas debido a que los minerales poseen bajas tasas de degradación (POETZ, 2006).

Por otra parte, en los domos riolíticos como los de la Sierra La Primavera, los suelos son esqueléticos y su espesor depende de la forma del relieve (escarpe convexo o cóncavo). Estos patrones de suelos (A-C o A-R) se asocian a procesos de erosión y de remoción en masa como deslizamientos debido a que estos suelos se encuentran poco desarrollados debido a las fuertes pendientes de los escarpes y por lo tanto se clasifican como Regosoles o Litosoles.

Existen zonas en el área de estudio en cuyo caso el relieve corresponde a zonas de alojamiento de sedimentos en los cuales es posible observar suficiente humedad para el desarrollo de vegetación y que son propiamente denominadas

depressiones periféricas de El Bajío y La Venta, mismas que actualmente presentan serios problemas de urbanización. Dichas características hacen que el horizonte superficial sea grueso con un alto contenido de materia orgánica, bien estructurado, con baja densidad aparente y una porosidad elevada que permite tener suelos bien aireados y que permiten el transporte de agua a través del sistema de drenaje subterráneo que alimenta los acuíferos de los que se sirve el municipio.

Al norte de la planicie de Tesistán-Atemajac, se encuentra la denominada Sierra de Tesistán, en la cual han sido observados una asociación Regosoles éutricos más Feozem háplicos, con una fase lítica superficial; mientras que en la vertiente del Río Santiago esta asociación corresponde a Feozem háplicos más Litosol o con Luvisol crómico, este último se encuentra en las zonas de pendientes suaves dentro de dicha unidad.

También es importante destacar que el Luvisol corresponde al suelo más evolucionado del área de estudio, formada por una estructura de tipo A-B-C o A-AB-B-C, lo cual indica que tiene un porcentaje de arcilla mayor al 5%, importante para las plantas y para el desarrollo del resto de aquellos procesos que intervienen en el sistema natural (POETZ, 2006).

Finalmente, en los terrenos más accidentados correspondientes a los sistemas serranos se encuentran Litosoles que se asocian con Regosoles y Feozem. Estos suelos se encuentran poco evolucionados, y están conformados por un horizonte A que yace sobre una masa rocosa masiva a una profundidad menor a 10 cm y cuyos resultados se muestran en la Figura 24.

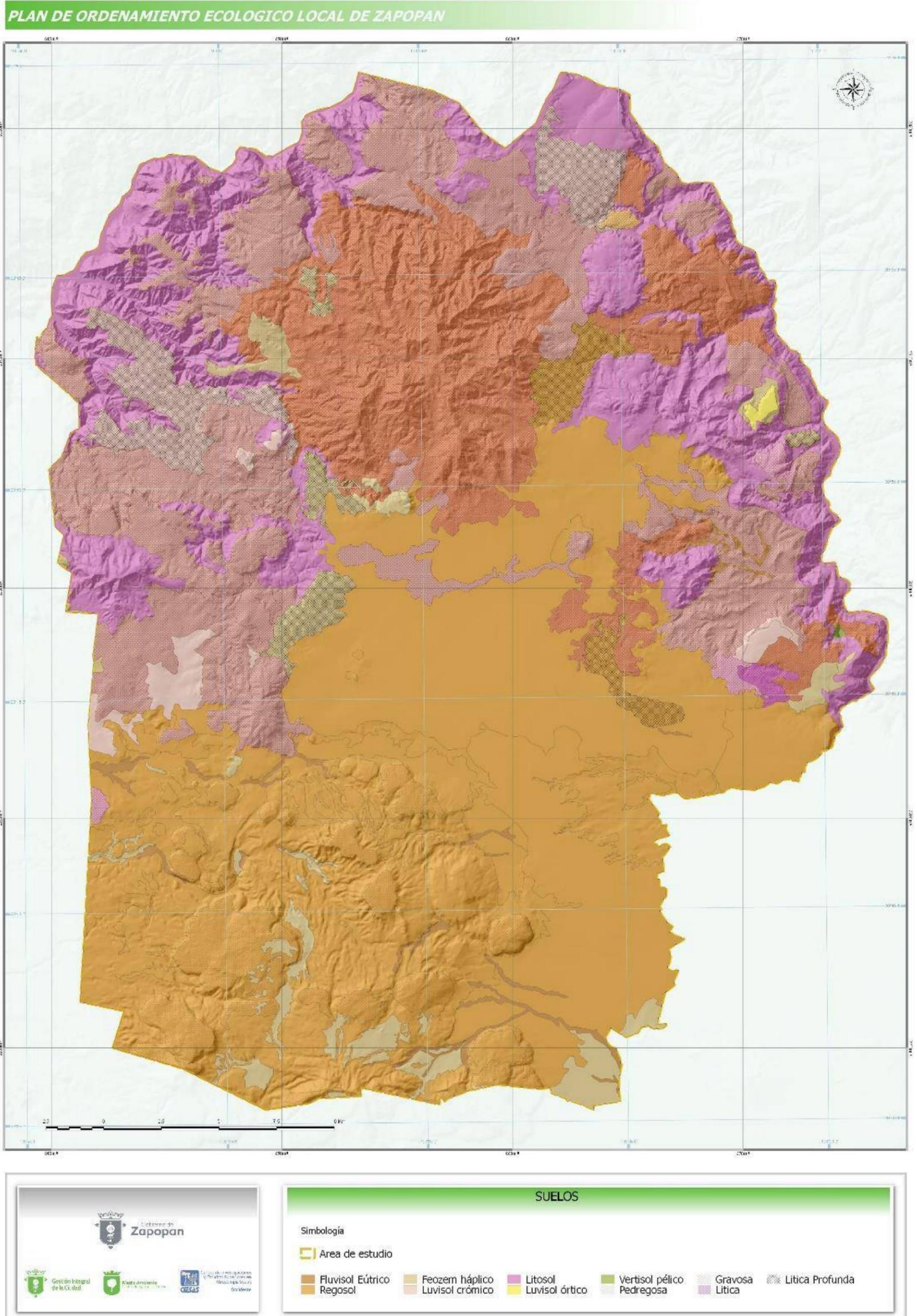


Figura 24: Clases y fases del suelo en el municipio de Zapopan, nociones en seguimiento del POETZ, 2006.

2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.

Históricamente el municipio de Zapopan ha sufrido afectaciones por las inundaciones correlacionadas con la urbanización masiva, ya que estas se extienden invadiendo los cauces naturales, la ubicación del área urbana consolidada en las zonas bajas de las subcuencas y la falta de un desarrollo de la infraestructura que tome como base la configuración hidrológica del terreno, a resultado en una gran incompatibilidad que pone en riesgo áreas habitadas como desequilibrios ambientales al no completarse la circulación completa del agua.

Para un mejor diagnóstico del comportamiento de los eventos peligrosos se dividió el estudio en dos fases; la primera reconoce el patrón histórico de los eventos de inundación en su mayoría encontrados en la zona urbana, y su posterior diversificación de los orígenes de las inundaciones.

Para esto es necesario tratar primero el aspecto teórico de los peligros ya sea de manera conceptual y metodológica, para señalar bajo que productos cartográficos se determinan estas zonas susceptibles a una inundación.

Según Ayala y Olcina (2002) peligro o amenaza (Hazard) es el proceso o fenómeno de carácter natural o tecnológico que puede originar daños a la población los bienes materiales o el medio ambiente natural. Los mapas de riesgo de inundación han venido evolucionando mediante técnicas y análisis que contribuyan a la adopción de acciones paliativas de los riesgos antes que se presenten en forma de catástrofe.

Las técnicas preventivas toman realce por el poco desarrollo de los modelos de predicción y la insatisfacción de la sociedad por las simples medidas correctivas ante los desastres (Ayala y Olcina ,2002). El papel del POEL es indicar las zonas de atención para luego desplegar una serie de medidas preventivas ante las amenazas naturales y sociales presentes en un territorio determinada, así como el diagnóstico del medio ambiente ante fenómenos perturbadores, enfocando la prevención en medias correctivas, áreas prioritarias y la vulnerabilidad de los ecosistemas.

Las expresiones espaciales en áreas asociadas a una peligrosidad son sustanciales en el análisis del riesgo, pudiendo resaltar la distinción de las posibles severidades o probabilidad de ocurrencias, de ahí que la caracterización de los elementos territoriales de un área determinada, proporcionen las distintas ubicaciones geográficas que dan cuenta de la vulnerabilidad por emplazamiento.

El uso de la cartografía es una herramienta imprescindible en el análisis y evaluación de los riesgos naturales desde las etapas iniciales como fuente de información, pasando por la modelación, y finalizando con la edición de resultados como base de representación (Ayala y Olcina ,2002).

Para abordar el riesgo por inundación existen muy diferentes parámetros y variables del agente que puedan ser representados por su componente espacial (profundidad, velocidad, carga de sedimento, etc.). Además, esta expresión cartográfica de los niveles de riesgo facilita su integración con las medidas preventivas de carácter territorial, como es la ordenación y gestión de usos y permanencias en áreas de riesgo (Elízaga, 1983).

Antecediendo al estudio del riesgo es necesario caracterizar la infraestructura hidráulica existente, de donde deriva gran parte de los hechos de desastres por inundación.

2.1 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA.

Bordos y presas.

Los recursos hídricos están constituidos por una parte por los cuerpos de agua, mismo que se relacionan estrechamente con redes naturales o artificiales de conducción en función de su uso, sea agrícola, industrial o de consumo humano.

A modo de inventario se identificaron los cuerpos de agua estacionarios tanto de primer orden (perennes) y los de segundo orden (intermitentes) vía imágenes satelitales recientes como de fechas pasadas, resultando un producto cartográfico que fue contrastado con las fuentes oficiales y proyectos que cuente con la misma información, tal es el caso del Atlas de Riesgos Naturales de Zapopan.

Estos elementos conforman la infraestructura hidráulica que tendrán que ser leídos por medio de su situación espacial en las cuencas, subcuencas o microcuencas y de esta forma estarán referidos a su contexto natural.

Como resultado se obtuvo un total de 35 cuerpos de agua perennes algunos con denominación propia dada su cercanía con alguna localidad o centro rural (cuadro 10).

| Cuerpos de agua perennes | Área en km² | Área en % |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Las Tortugas | 0.16 | 2.97 |
| Río Grande de Santiago | 0.83 | 15.81 |
| Presa Copalita | 0.21 | 3.97 |
| Presa San José (Santa Lucía) | 0.31 | 5.87 |
| Pesa Santa Rosa | 3.14 | 59.89 |
| Estanque | 0.11 | 2.19 |
| Otros | 0.49 | 9.31 |
| Total | 5.24 | |

Cuadro 10: Cuerpos de agua perennes en todo el municipio 2017.

La presa Santa Rosa es el cuerpo de agua con mayor extensión del municipio, funge como límite norte y tiene contacto con 7 microcuencas entre las que destacan; Espinos-Santa Rosa y Barraca Rio Santiago- Santa Rosa, y con 2 subcuencas, A. San Antonio y A. Grande-La Higuera.

Río Grande de Santiago a pesar de ser un fluido de agua constante en gran parte de su superficie se encuentra en una aparente estabilidad, lo que permite conceptualizarla como cuerpo de agua, siendo el receptor de las corrientes de las subcuencas: Río Blanco, Agua Zarca, La Soledad y Arroyo Grande como las más importantes.

Las presas Copalita y San José forman parte de la subcuenca Río Blanco, mientras que Las Tortugas de la microcuenca Arroyo Arenal. Por otro lado, la planta de tratamiento de aguas (estanque) a pesar de su función meramente técnica al servicio de la ciudad se emplaza en la microcuenca La Coronilla con descarga en el Río Grande de Santiago.

Uno de los casos a considerar es el cambio de condición del cuerpo de agua denominado La Soledad que de ser perenne pasó a intermitente, ubicado en la subcuenca del mismo nombre.

Correspondiente a los cuerpos de agua intermitentes se contabilizaron 253, de los cuales 8 son identificables según un nombre propio gracias a su asociación con los bordos (cuadro 11).

| Cuerpos de agua intermitentes | Área en km² | Área en % |
|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Los Mezquites | 000.4 | 0.360 |
| Los Magueycitos | 0.003 | 0.250 |
| La Vinatería | 0.020 | 1.925 |
| El Potrero de la casa | 0.040 | 3.950 |
| Plan de Limón | 0.004 | 0.349 |
| Los Robles | 0.016 | 1.581 |
| Agua Prieta | 0.037 | 3.618 |
| La Soledad | 0.007 | 0.648 |
| Otros | 0.892 | 87.320 |
| Total | 1.021 | |

Cuadro 11: Cuerpos de agua intermitentes en todo el municipio 2017.

En su mayoría estos cuerpos de agua se encuentran en las subcuencas: Río Blanco con 58 donde resalta Los Mezquites; A. Grande – La Higuera con 56; Hondo – Los Tubos con 32 donde se ubica Plan de Limón; Agua Zarca con 24 resaltando La Vinatería; La Soledad con 21 entre ellos Los Magueycitos y La Soledad; San Antonio con 15; Colomos – Atemajac con 12 donde se ubica Agua Prieta; y A. Grande con 10 conformados por El Potrero de la Casa. De las microcuencas sobresale Arenal con solo 6 cuerpos de agua entre ellos se ubica Los Robles.

Vale señalar que en medida estos cuerpos de agua pierden su respectiva alienación de agua pasan a ser considerados inactivos, pero dadas sus condiciones geomorfológicas aun presentan un determinado patrón de relieve siendo constantemente susceptibles a ser inundadas.

Con respecto a las presas como barreras de control del agua el municipio poseen 3 ya mencionadas anteriormente, en cuanto bordos son 54 los contabilizados, solo Los Robles y Plan de Limón presentan nombre propio, finamente con una jerarquía menor se encuentran 5 gaviones que son un conjunto de rocas colocadas de manera de dique en los cauces con el fin de contener el flujo de agua, todos ubicados en el Arroyo Seco con una cercanía urbana considerable de la microcuenca del mismo nombre.

Los elementos hidrológicos hasta ahora expuestos son necesarios para el aprovechamiento superficial del agua, presas y bordos ambos embalse que

contiene parte de los escurrimientos de sus respectivas subcuencas tienen diferente actividad temporal. Las presas presentan constantemente agua pero cambia considerablemente su volumen, mientras que los bordos son de carácter temporal dispersos en la zona rural que son utilizados para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Se concluye de forma continuada con el POET 2006 que, el aprovechamiento de las aguas superficiales en el territorio municipales escaso y su uso en el mayor de los casos como ya se ha hecho referencia, es exclusivamente para actividades agropecuarias (abreviar ganado o riego de huertos), aunque cabe mencionar que la actividad recreativa es una de las que aprovechan de manera eficiente este recurso, existiendo cerca de 10 balnearios, siendo los más reconocidos Los Camachos y San José en la zona de la Barranca, Cañón de las Flores, Río Caliente y Las Tortugas en la zona del bosque La Primavera, los cuales aprovechan los escurrimientos naturales y algunos manantiales de aguas termales.

Por otro lado, no se tienen registrados aprovechamientos industriales o de abastecimiento a la población de corrientes a cielo abierto, aunque no se descarta que en las áreas rurales, se utilicen para consumo humano (POETZ, 2006).

Caso presa San José (Santa Lucía).

La naturaleza de este cuerpo de agua es perenne dada su inversión como repositorio constante de agua, actualmente sufre una baja considerable en su volumen, pérdida muy relacionada con la presencia de grietas en la parte alta de la depresión lacustre.

Los actores locales, como los agricultores cuyas tierras de labranza se encuentran aledañas o en algunos casos intersectan parcialmente el vaso lacustre, mencionan haber realizado esfuerzo para prolongar la existencia de almacenamiento de agua en la presa, pero debido a la aparición de las grietas el líquido escapa velozmente provocando una erosión constante del suelo, también intuyen desvíos de las corrientes tributarias.

Su volumen responde considerablemente a las condiciones atmosféricas, dilatando o expandiendo la superficie de agua que contiene, en tiempos de estiaje la superficie de agua presente se limita a fragmentados encharcamientos en la parte más baja dándole una apariencia de cuerpo de agua intermitente.

Es muy posible que la presa se encuentre en un déficit de almacenamiento, pero en vías de considerar su restauración es necesario contemplar sus dimensiones máximas, aunque actualmente sean áreas pantanosas o de pastoreo debido al aprovechamiento de la fertilidad del suelo. Gracias a lo anterior, así como a sus condiciones geomorfológicas y edafológicas, esta superficie no presenta las condiciones necesarias para soportar infraestructura urbana, por lo que bajo ningún concepto deberá considerarse como reserva urbana o para la construcción de

edificaciones.

Según la Ficha Técnica Hidrológica Municipal elaborada por la Comisión Estatal del Agua (CEA) en el año 2015, la presa San José forma parte del Arroyo Los Colorines y tiene una capacidad de operación de 0.50 Mm³ (zettalitros o megametros cúbicos = 10²¹ litros), considerado actualmente de uso agrícola. Sin embargo, para el inventario de presas de CONAGUA, este valor, junto con el de todas las presas a nivel nacional, está dado en hm³ (hectómetros cúbicos = 10⁹ litros), por lo que hay un error de 10¹² entre ambas fuentes; dado que la ficha técnica de la CEA, refiere al inventario de CONAGUA como su fuente de referencia, se infiere que el valor correcto es el de esta última, habiendo un grave error en el orden de los billones de litros en las unidades de la ficha técnica a nivel estatal. Ver figura 25.

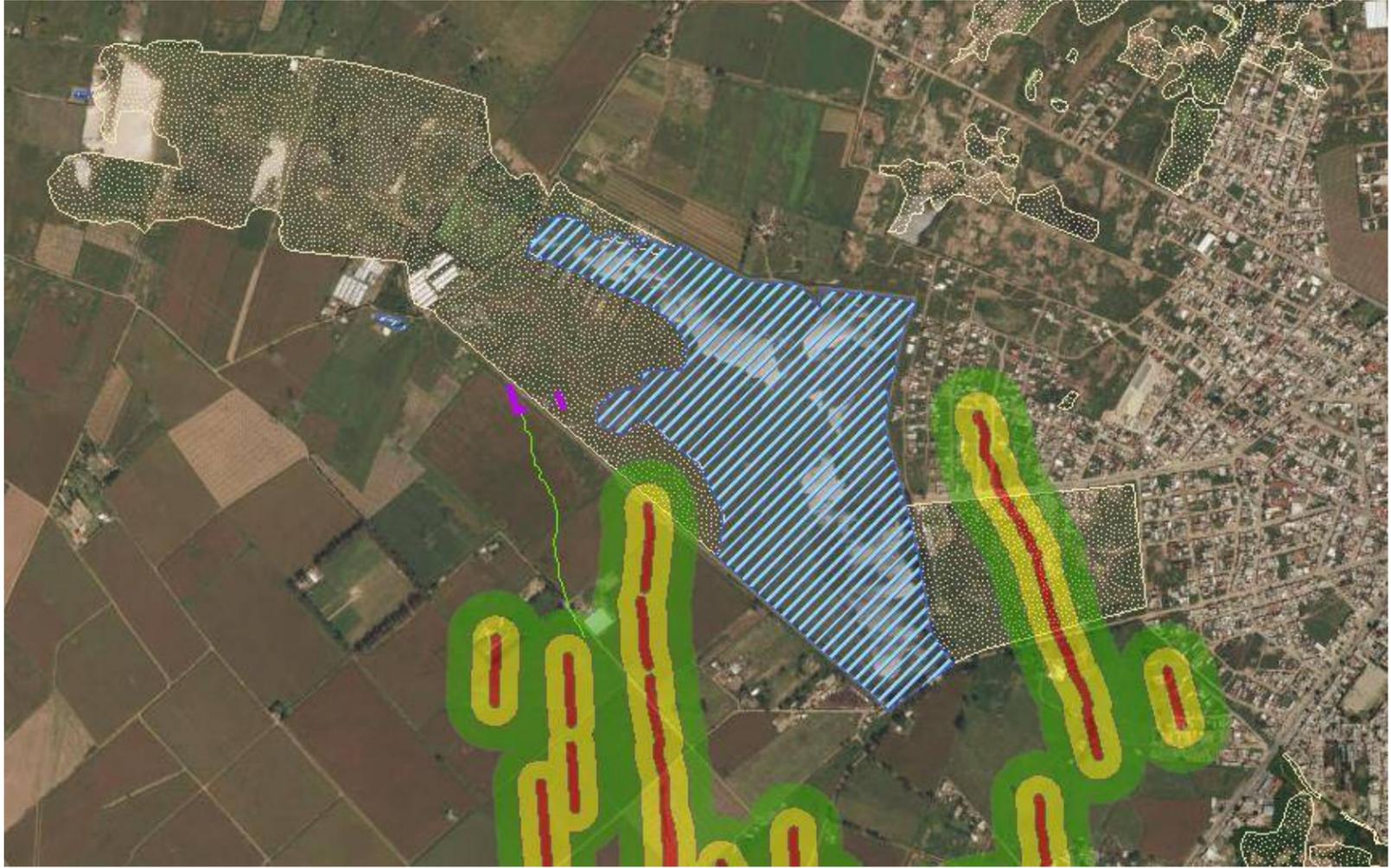


Figura 25: Con achurado azul se observa el cuerpo de agua Presa San José en su extensión actual, con achurado puntuado se grafica el área susceptibles a inundaciones por condiciones de relieve (extensión máxima de la presa), las áreas semaforizadas indican la peligrosidad de las grietas declaradas, de color morado se indican las grietas registradas en el 2017 con clara presencia e influencia sobre el cuerpo de agua, de color verde las grietas inferidas del 2017 mostrando la posible vinculación con el sistema ya existente de grietas registradas anteriormente.



Fotografía 5: A) Foto de la Presa San José a inicios de la temporada de lluvias, cuando el espejo de agua sólo ocupa una pequeña porción del vaso en los linderos surorientales del mismo (Captura propia, junio de 2017). B) La misma presa observa un volumen hídrico mucho más considerable a fines del temporal de lluvias (septiembre de 2016)



Fotografía 6: Estructura de la Presa San José, aparentemente sin actividad (Captura propia, junio de 2017).

De acuerdo al Anexo “Títulos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales en el municipio de Zapopan” de la ya referida Ficha Técnica Hidrológica Municipal (CEA, 2015), así como al reconocimientos de campo, se establecieron 5 presas principales en el municipio; en la tabla 9 se lista su volumen al Nivel de Aguas Máximas de Operación (NAMO), tal como se ha cuantificado este dato en el Inventario de Presas de la CONAGUA:

| ID CONAGUA | Nombre de la Presa | Cuenca | Corriente | Volumen al NAMO (hm ³) | Uso |
|------------|-------------------------------|----------------|------------------|------------------------------------|----------------------|
| 1825 | Manuel M. Diéguez(Santa Rosa) | Río Santiago 3 | Río Santiago | 403.00 | |
| 1884 | Sabanas | Río Santiago 2 | A. Grande | 2.10 | |
| 1901 | San José (Santa Lucía) | Río Santiago 2 | A. Los Colorines | 0.50 | Riego |
| 1924 | La Soledad | Río Santiago 2 | A. La Soledad | 2.60 | Riego |
| 4525 | Valentín Gómez Farías | Río Santiago 1 | San Juan de Dios | 1.64 | Generación Eléctrica |

Cuadro 12: Principales presas de Zapopan de acuerdo a datos de CONAGUA.

Se puede apreciar el volumen de la presa conocida como Santa Rosa, haciéndola destacar por mucho como la más grande. Este dato, no obstante, no corresponde exclusivamente al municipio de Zapopan, ya que el cuerpo de agua se localiza en el límite noroccidental del territorio municipal, y la presa en sí está registrada en Amatitán. Por tanto, la presa La Soledad es la que maneja el volumen hídrico más grande dentro de aquéllas que se encuentran imbuidas en el territorio zapopano.

Canales.

La conducción planificada de los cauces responde a las claras intenciones de controlarlos, para su uso, en la distribución del agua para la agricultura o su debida canalización que favorece a la urbanización.

Se presenta la lista de los canales (cuadro 13) mostrando los nombres de los canales considerados como prioritarios.

| Canales | Longitud en Km | % |
|---------------------------|-----------------------|----------|
| Otros | 49.58 | 34.66 |
| Patria | 13.29 | 9.29 |
| Arroyo Seco | 11.31 | 7.90 |
| Arroyo Seco | 10.56 | 7.38 |
| Colina ALBEA | 7.50 | 5.24 |
| Teistínque | 6.63 | 4.63 |
| Agua Prieta | 5.06 | 3.53 |
| Catalina - Salvador Reyes | 4.88 | 3.41 |
| Tesistán (Río Blanco) | 3.96 | 2.76 |
| Tepeyac | 3.64 | 2.54 |
| Los Ocotes | 3.43 | 2.40 |
| Río Verde | 3.26 | 2.28 |
| Agua Prieta | 2.87 | 2.00 |
| Río Blanco | 2.63 | 1.84 |
| Arroyo Ocotán | 2.24 | 1.57 |
| Puentecitas | 2.16 | 1.51 |
| Juan Manuel Ruvalcaba | 2.04 | 1.43 |
| La Campana | 1.93 | 1.35 |
| Periferico | 1.59 | 1.11 |
| Chaikovsky | 1.37 | 0.96 |
| Tecolote | 1.10 | 0.77 |
| Arroyo Grande | 1.05 | 0.73 |
| Río Acaponeta | 1.01 | 0.70 |
| Miradores del Bosque | 0.35 | 0.25 |
| Total | 143.41 | |

Cuadro 13: Longitud de canales 2017.

Es importante distinguir varios aspectos de los canales tales como: su ubicación según la subcuenca, su dirección en relación a los cauces naturales, y su función para conducir volúmenes de agua en las precipitaciones.

Muchos de los canales son continuaciones de los cauces en las zonas urbanas, revestidos en su contacto con la mancha urbana, de esta manera se respeta los talwegs pero se distorsiona la erosión fluvial al cambiar en algunos segmentos el material de estos, como ejemplo se encuentra los cauces de la microcuenca Mesa de los Ocotes en casi su totalidad canalizados.

En la microcuenca Arroyo Seco se encuentran 6 canales: Arroyo Seco, Teistique, Puenteceitas, Arroyo Grande, Agua Prieta y Tecolote, todos respetando de alguna medida el patrón de los talwegs naturales, aunque existen modificaciones que distorsionan su conductividad.

Los canales ubicados en las subcuencas Arroyo Seco Mesa Norte y Colomos-Atemajac tiene una geometría que considera los lechos originales pero existen ciertos segmentos que se presentan transformados de forma considerable, en esta última se presentó un impacto a nivel del cauce del río, con la creación del centro comercial de Plaza Patria, obra que segmentó el cauce, lo que ocasionó que se realizara un colector para conectar la zona con el parque Ávila Camacho. Actualmente es un punto sensible a las inundaciones, debido a su condición topológicamente baja (POETZ, 2006), pasado a ser un cauce entubado.

En la subcuenca Río Blanco la mayoría de sus canales son de patrón natural exento el denominado Juan Manuel Ruvalcaba, ubicado entre Nextipac y Tesistán, su geometría obedece más bien a la carretera que le da el nombre al canal, de su proximidad a la vía de transporte y las áreas agrícolas deriva su doble función, contener el agua precipitada para que no invada la vía y distribuirla para su uso en el riego, debido a no contar con revestimiento de las paredes del lecho es un canal muy rudimentario pero su artificialidad responde a su corte transversal al sentido general de los cauces naturales.

Es el sentido de los canales que nos permiten entender su planeación, muchos acompañan el sentido de las vías de comunicación terrestre como se explicó anteriormente, como también es el caso del canal transversal Periférico en la microcuenca Santa María, que aparece a la altura de la calle Galeana y Periférico hasta proximidades Puerto Alegre, un gran tramo del canal se camufla con el camellón que lo acompaña, su utilidad a no estar conectado con algún cauce natural es denar el agua que las vías recogen en las precipitaciones.

El canal Tepeyac, Santa Catalina-Salvador Reyes y Tchaikovsky son de función de drenaje cortando transversalmente las microcuencas Arenal, El Chicalote y Santa María. La condición morfológica de los escurrimientos naturales son susceptibles a modificación por encontrarse en un relieve plano son poco profundos y anchos fácilmente alterables.

La construcción del canal de Tchaikovsky se quiso resolver las inundaciones ubicadas en Plaza del Sol pero no son medidas de mitigación tan efectivas. Por ello se tiene que tomar en cuenta los usos de suelo muy cerca a los canales para evitar desastres, pero también poder ejecutar proyectos de captación de agua ya que sus desbordes son pérdidas continuas de grandes volúmenes de agua.

Con las modificaciones artificiales a la red fluvial natural se ve perturbada el patrón espacial de los escurrimiento, evitando que estos se conecten con las áreas

receptores de agua, paradójicamente las zonas baja óptimas para recibir los volúmenes de agua de las microcuencas surestes del municipio se encuentran totalmente urbanizadas.



Fotografía 7: La canalización, una alternativa para la urbanización, Fraccionamiento Miradores del Bosque (Captura propia, mayo de 2017).



Fotografía 8: Los canales de orden menor que acompañan a las vialidades tienen la función de direccionar el agua escurrida lateralmente por la pendiente como la

impermeabilizada por el material de la vía (norte de Tesistán). (Captura propia, junio de 2017).



Fotografía 9: Los canales revestidos y su profundidad indican el volumen de agua que soporta (canal contiguo a la Presa de San José), (Captura propia, junio de 2017).

Peligrosidad de canales.

Debido a que en distintos segmentos de los canales estos pueden presentar obstrucciones, sea por sedimentos acarreados o una modificación a su geometría, se realizó la representación espacial de su peligrosidad (ver figura 26) con el fin de resguardar una zona de tolerancia que contemple la expansión de cauces en caso de crecidas.

Se optó por realizar medias uniformes a lo largo de la longitud de los canales, resultando dos clasificaciones; peligrosidad alta de 10 metros para ambos márgenes, y peligrosidad media de 20 metros para ambos márgenes.

Se concluye que la adaptación de zonas de resguardo existentes, hacen un diferencial entre los canales, algunos cuentan con áreas verdes que funcionan como barreras naturales, mientras otros presentan una mayor profundidad en remplazo de estas. Aun con las medidas tomadas en su mayoría los canales se desbordan por la cantidad de agua que reciben y ese es un fenómeno que va cada vez en aumento sin que se requiera de lluvias de gran intensidad.



Fotografía 10: Canal Patria a la altura de Federalismo (Captura propia, junio de 2017).

Representaciones cartográficas de los riesgos hidrometeorológicos.

A continuación, se presentan según los autores Ayala y Olcina un alcance general de la representación cartográfica de los riesgos, para luego referir el uso correspondiente en este estudio.

En la realización de este estudio de peligro por inundación se determinó incluir en esta metodología la aplicación de los modelos de mapas de áreas inundadas, mapas de área potencialmente inundables, mapas de áreas o puntos anegados durante inundaciones históricas y geológicas geomorfológicas previamente explicados, con la finalidad de definir las áreas y puntos susceptibles a una inundación.

La utilización de la cartografía en el análisis de riesgo presenta muy diferentes modalidades en función del componente del riesgo que se trate de representar o modelizar. De esta forma surgen los mapas de asociados a la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad (Ayala y Olcina ,2002).

Criterios para los mapas de peligrosidad.

En este apartado se define los criterios a representar en las dos clasificaciones a inundaciones tanto históricas (áreas modeladas) como los polígonos diversos de inundación (áreas concretas).

Criterios para el mapa de inundaciones históricas.

Los mapas de peligrosidad de inundaciones (MPI; Durán, 1998) consisten en la representación espacial de los distintos aspectos que se analizan en la peligrosidad de las inundaciones, como son (Ayala y Olcina ,2002):

Desarrollo espacio-temporal; comprendiendo las áreas o puntos afectados por el fenómeno natural al que se asocia la peligrosidad y el tiempo de actuación y permanencia del agente o sus efectos; derivan las siguientes medidas:

- . Caracterización o ubicación de áreas de inundación en una determinada inundación, son probablemente las primeras representaciones de peligrosidad realizados y simbolizan la extensión y los procesos ocurridos en una inundación. Se realiza mediante observaciones de los efectos de la inundación obtenidos por información de campo, fotointerpretación o teledetección (panorama preliminar de las inundaciones).
- . Identificación de áreas potencialmente inundables, bien por precipitación y acumulación in situ, desbordamiento durante crecidas, invasión marina, o elevación del nivel freático.
- . Trazo de áreas o puntos anegados durante inundaciones históricas y paleoinundaciones, a modo inventario.

El mapa de inundaciones históricas realizado demuestra el patrón espacial vía los puntos registrados, a su vez permite contemplar la temporalidad de la génesis del mismo localizando la recurrencia, es propiciado en base a medidas de observación y registros de hemerotecas, cumpliendo los requisitos de los criterios espacio-temporal.

Sus limitaciones radican en la falta de un registro más propicio desde un enfoque sistémico, que pudiera captar las distintas variables que el fenómeno presenta. De los reportes periodísticos consultados se rescató la información más confiable, esencialmente ubicación y temporalidad.

Se reportaron en totalidad 1124 puntos en distintos periodos de tiempo, siendo el lapso del 2001 al 2010 con el mayor registra con 470 reportes (Cuadro 14).

| Periodo | N° total de eventos de inundación en el municipio de Zapopan y zonas limítrofes con otro(s) municipio(s) |
|------------|--|
| hasta 1950 | 11 |
| 1951-1990 | 23 |
| 1991-2000 | 152 |
| 2001-2010 | 470 |
| 2011-2015 | 468 |
| Total | 1124 |

Cuadro 14: Relación histórica de inundaciones reportadas.

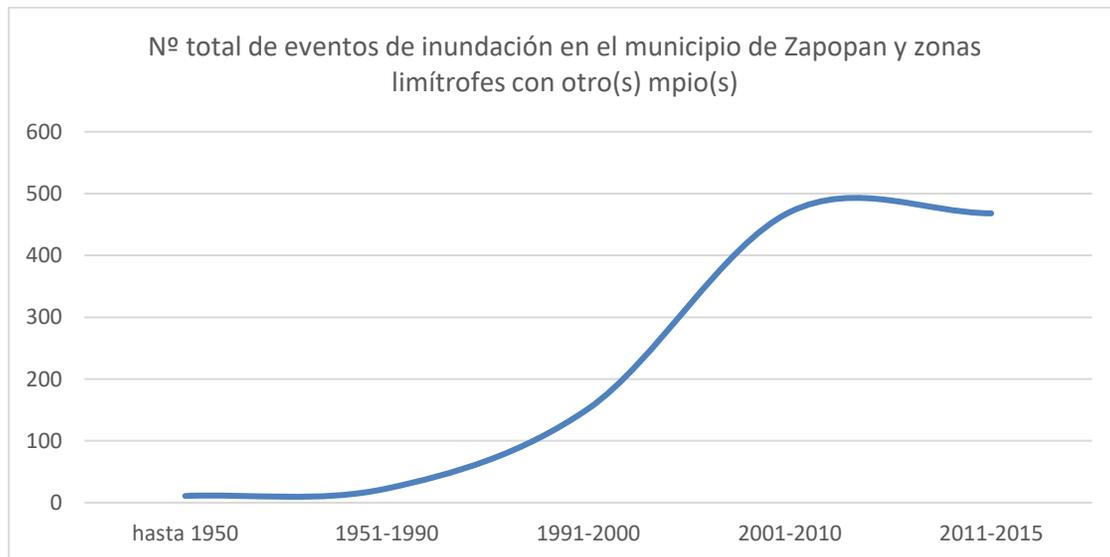


Figura 27: Diagrama temporal de las inundaciones históricas reportadas.

Para poder clasificar los datos de una manera que se precisará el grado de exactitud de los registros, se optó por darles un valor de confianza, cuando el registro

cuenta con cruces de calles y fecha tiene el valor de confianza 2, su cantidad es sustancialmente menor, con 387 (Cuadro 15).

| Periodo | N° de eventos de inundación con nivel de confianza 2 en el municipio de Zapopan y zonas limítrofes con otro(s) mpio(s) |
|------------|--|
| hasta 1990 | 7 |
| 1991-2000 | 33 |
| 2001-2010 | 206 |
| 2011-2015 | 141 |
| Total | 387 |

Cuadro 15: Inundaciones históricas reportadas con valor de confianza 2.

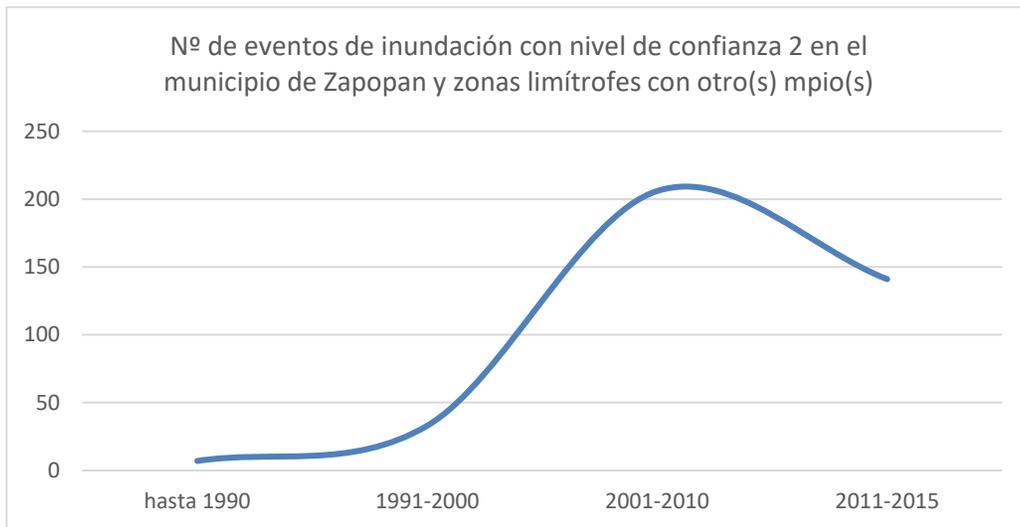


Figura 28: Diagrama temporal de las inundaciones históricas reportadas con valor de confianza 2.

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

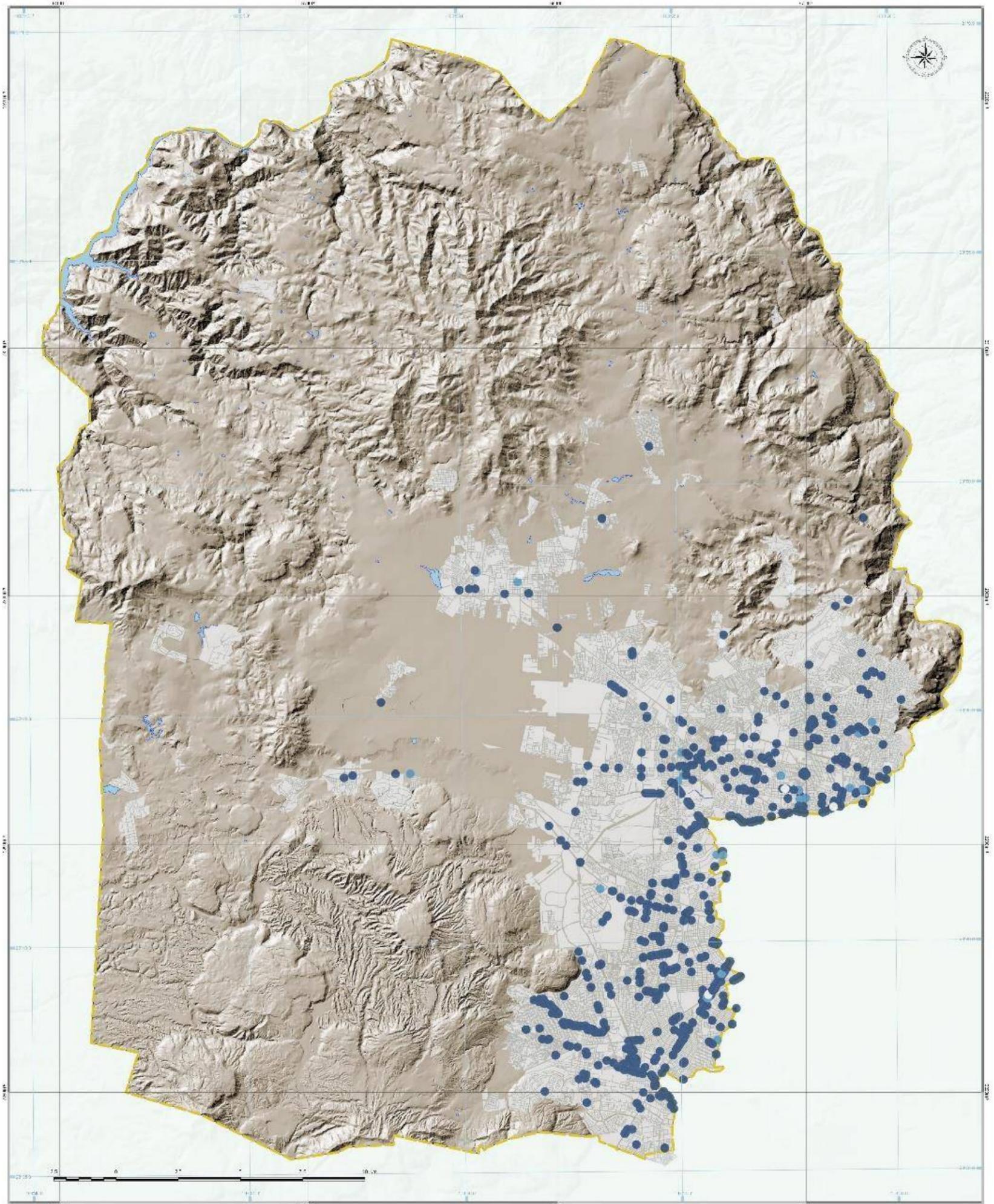


Figura 29: Eventos de inundación histórica puntuales.

El resultado es un conjunto de puntos como se observa en la figura 29, se ofrecen datos preliminares para su posterior procesamiento, estableciendo finalmente áreas definidas modeladas. Su procesamiento se realiza según modelos matemáticos que permitan visualizar áreas consolidadas o semi-consolidadas según los criterios aplicados.

Se optó por el modelo Kernel density que traza un radio predeterminado en los puntos que asocian las áreas de traslape, mientras más radios traslapen se pintan las áreas de un color que indique su densidad.

El resultado es un continuo de interpolación como producto raster, el ajuste del pixel es según la visualización deseada, en este caso se tomó 30 metros. Su entendimiento refleja distintas áreas con una cantidad considerable de inundaciones infiriendo en primera instancia puntos vinculados con los escurrimientos o zonas bajas del relieve.

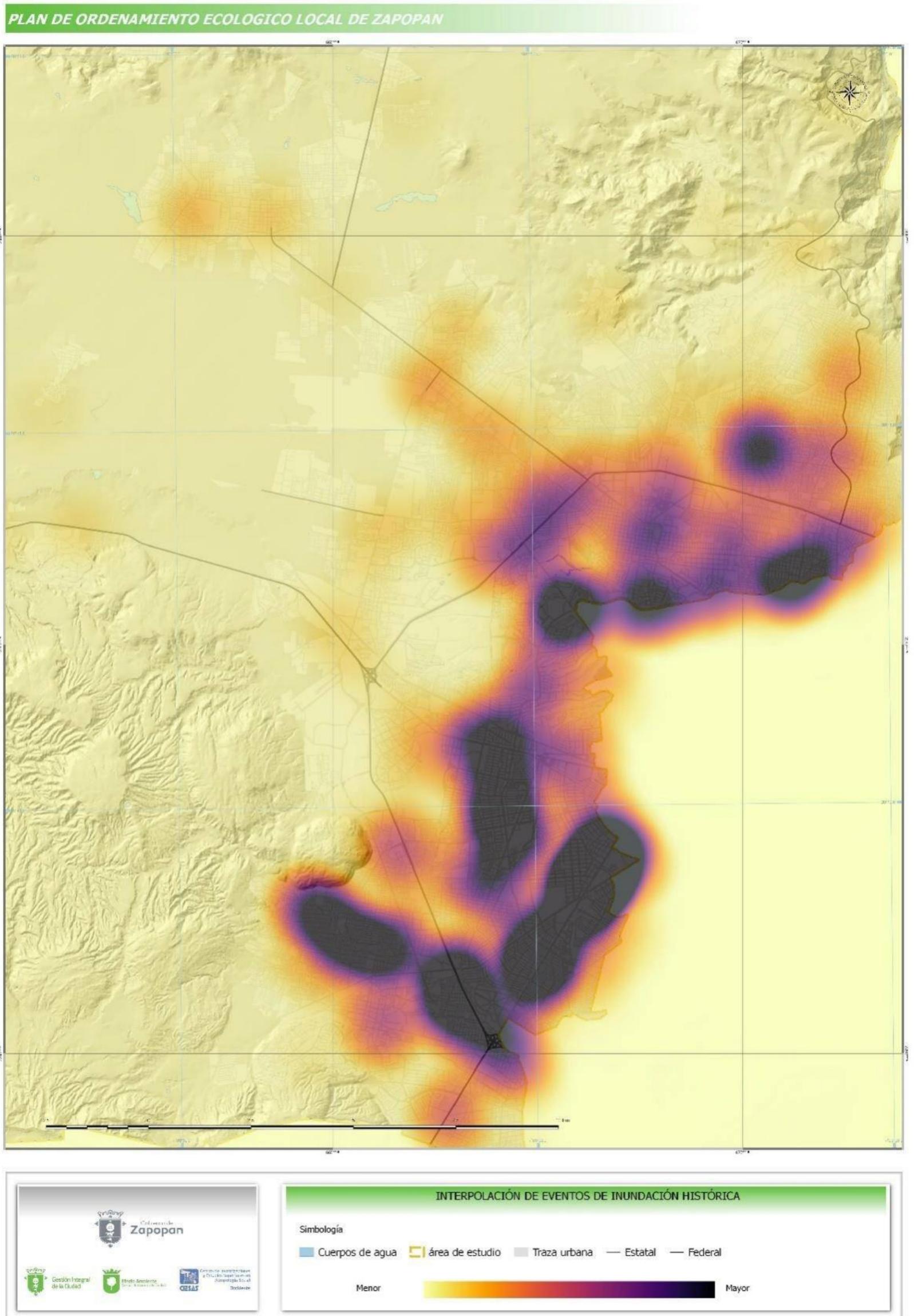


Figura 30: Interpolación de eventos de inundación histórica.

Posteriormente se explicarán los resultados finales, aquí se presenta una clasificación terminal del raster vectorizado.

2.2 Inundaciones Históricas.

Clasificación por densidad de eventos de inundación histórica.

El procesamiento de los anteriores mapas de inundaciones históricas tiene como resultado una clasificación en 5 categorías; muy baja con una densidad de 0.5, baja con valor de 4.1, media que responde a 11.4, alta de 29.4 y muy alta de densidad 71.5 (ver cuadro 16 y figura 31).

| Inundaciones Históricas | Área en km | Nº de inundaciones |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Muy baja | 123 | 65 |
| Baja | 53 | 218 |
| Media | 31 | 353 |
| Alta | 11 | 323 |
| Muy alta | 2 | 143 |

Cuadro 16: Clasificación y extensión de las inundaciones históricas.

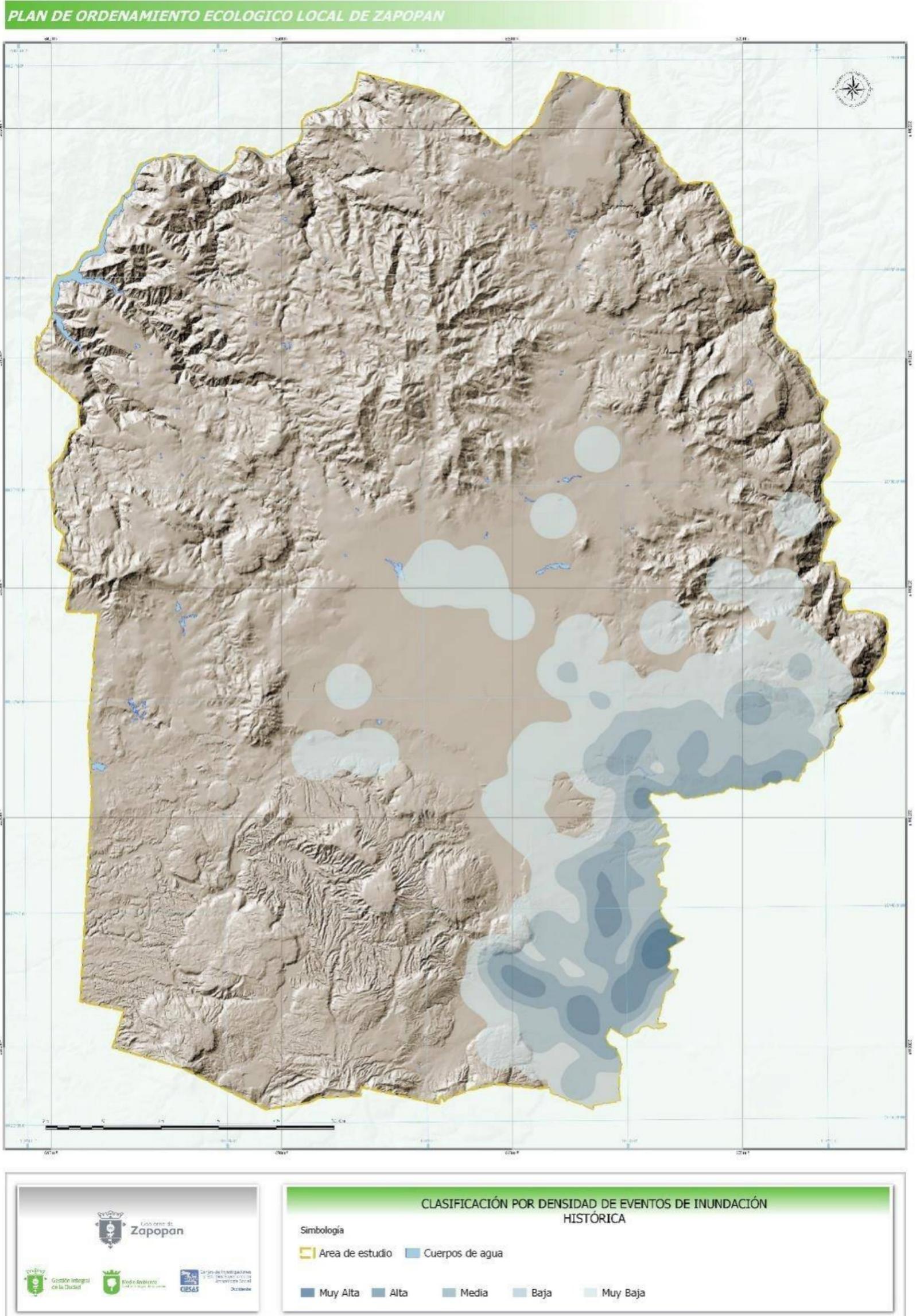


Figura 31: Clasificación por densidad de eventos de inundación histórica.

La naturaleza inundable de estas áreas, deriva del número y gravedad de eventos registrados puntualmente (hechos concretos) pero solo después de su modelado se puede referir exactamente las áreas que claramente se distinguen de las áreas de una inundación concreta.

Para una lectura sistémica las distintas clasificaciones tienen que ser contextualizadas con su ubicación en las subcuencas o microcuencas.

Muy baja: se extiende por la periferia de la consolidación urbana siendo representada también por el valor de la densidad de inundaciones fuera de la mancha urbana, su relación con las microcuencas y algunas subcuencas se da en sentido de la altitud, indicando las inducciones en las partes altas de las microcuencas; Lomas del Pedregal, La Coronilla, Arroyo Arenal, El Chicalote y Santa María, mientras cubre casi la totalidad de Mesa de los Ocotes y cruza la parte media-alta del Arroyo Seco. Con respecto a la subcuencas esta densidad de inundaciones es común en la parte alta de Colomos-Atemajac.

Baja: íntegramente se encuentra en la mancha urbana y se extiende por la parte media de las microcuencas que también se encuentran en la urbe; Arroyo Arenal, El Chicalote, Santa María y Arroyo Seco.

Media: se extiende por la parte baja de la subcuenca Colomos-Atemajac y la parte media de las microcuencas Arroyo Arenal, El Chicalote, Santa María y Arroyo Seco.

Las siguientes dos clasificaciones merecen su lectura aparte por su importancia en la composición de un mapa final que contemple las diferentes áreas de inundación según su categorización.

Concentración de eventos históricos (categoría muy alta, alta).

Estas dos clasificaciones responden a áreas más prioritarias con respecto a las clasificaciones anteriores, indicando las zonas donde la concentración de inundaciones es mayor en menores áreas.

Alta: exactamente se extienden por 4 microcuencas: Arroyo Seco con 2 áreas que están vinculadas con el canal del mismo nombre, las inundaciones por desborde fluvial del canal son continuas en los periodos de lluvia; parte baja de las microcuencas Santa María, El Chicalote y el Arroyo Arenal relacionado con la impermeabilización de la superficie y la alteración del relieve urbano que sirve de lechos fluviales. Por último, se presentan dos áreas en la subcuenca Colomos-Atemajac junto al canal patria.

Muy alta: concretamente se ubica en la microcuenca El Chicalote y una pequeña parte de Santa María, el reporte constante de inundaciones en el corredor López Mateos a la altura de Plaza del Sol han hecho que sea considerada la zona con mayor densidad en todo el municipio. Su lectura respecto al contexto natural (ya poco existente) de la microcuenca que soportan el área, se entiende por el corte tajante en forma transversal que los canales Santa Catalina-Salvador Reyes y Tchaikovsky siguen, es decir que el sentido natural de los cauces tiene dirección a Plaza del Sol donde las medidas de mitigación se han tratado de desarrollar en base a la infraestructura hidráulica pero no ha sido suficiente, a eso hay que sumarle las precipitaciones que depositan el agua en las zonas ya inundadas que aumentan su volumen.

El resultado de las clasificaciones por densidad de inundaciones (áreas modeladas) se complementan con polígonos o inundaciones concretas o de modelado de menor orden (polígonos a continuación presentados), así se identifica la intensidad de los eventos gracias a la asociación de áreas inundables concretas y áreas de densidad de inundaciones históricas modeladas.

2.3 Categorización de zonas inundables.

Criterios para la categorización de polígonos de inundaciones (áreas concretas o de modelado menor).

Para determinar las zonas o áreas y puntos susceptibles a una inundación, un anegamiento o el desborde de algún canal, se determinó plantear este estudio en función de ciertos criterios fundamentales que nos arrojarán las zonas con peligro a inundación ya sea por las características geomorfológicas propias de la cuenca en la que los puntos o áreas susceptibles a una inundación se presentan, dados los distintos regímenes de flujo que condicionan estos sucesos peligrosos para quienes habitan en el municipio de Zapopan bien por su características de la superficie que drena el volumen escurrido durante una tormenta al cauce respectivo, aunado al factor antrópico que ha generado fuertes modificaciones al ciclo hidrológico natural de las cuencas sobre las que se encuentra asentado el municipio de Zapopan.

La Probabilidad del fenómeno; normalmente expresada mediante el concepto de periodo de retorno o la frecuencia relativa, y que da lugar a las cartografías más comunes: ya sean los mapas de inundabilidad, o de áreas inundadas para un periodo de retorno dado. Las diferentes técnicas de estimación del área potencialmente afectada permiten diferenciar dos tipos de cartografía (Ayala y Olcina ,2002).

- Hidrológico-hidráulicas, basadas en la estimación de los calados asociados a cada caudal de crecida mediante modelos hidráulicos, y su posterior trasposición al mapa topográfico.

Este tipo de cartografía nos permite trazar los polígonos denominados; segmentos de canal con insuficiencia hidráulica y zonas inundables por condiciones hidráulicas (segmentos de vialidad con inundaciones).

- Geológico-geomorfológico, basadas en el estudio de las formas del terreno modeladas en las crecidas (terrazas y llanuras fluviales) o en los depósitos de inundaciones previas, y que permiten delimitar las zonas geomorfológicamente activas con diferentes probabilidades.

Gracias a este criterio se identificaron polígonos de inundación por condiciones geomorfológicas en distintas partes del municipio.

Finalmente, de forma idealizada se modelaron zonas inundables por infraestructura hidráulica deficiente (interrupción en la red de canales), para tener una lectura más amplia de las inundaciones.

Las distintas categorizaciones responden a un tipo de inundación independizando su lectura o mejorando las posibles medidas de mitigación. Ver figura 32

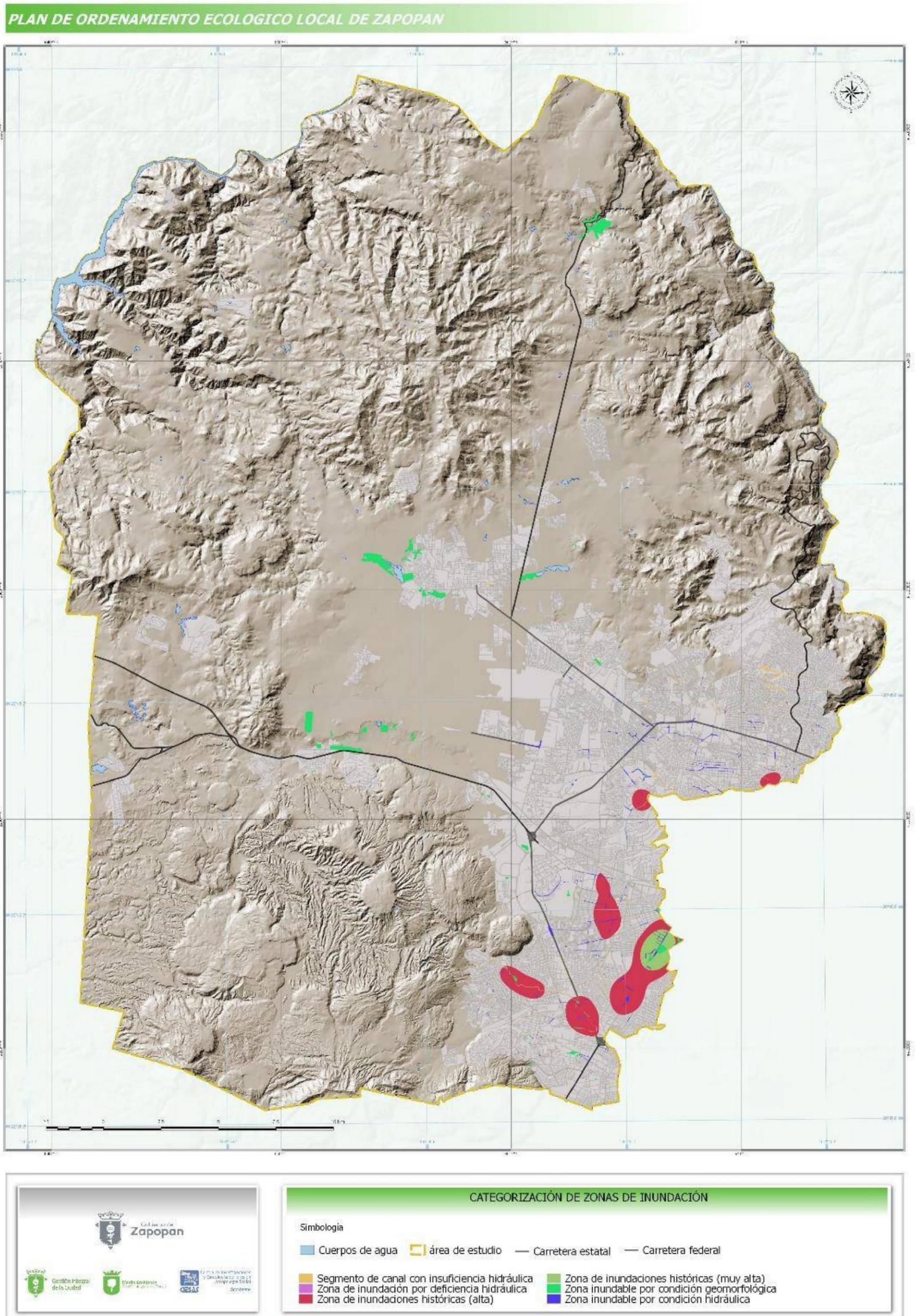


Figura 32: Categorización de zonas de inundación.

Las inundaciones: casos de estudio.

El proceso de invasión de las cuencas naturales por lo urbano inicia en la década de los años cincuenta del siglo XX, mediante un fraccionamiento tipo campestre, pero el detonante principal que acelera el proceso de incorporación de las cuencas como espacio incluido en las áreas de reserva urbana, fue la instalación del campus de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

En la década de los años 1980 y particularmente en la década de 1990 es cuando formalmente se inicia el proceso de incorporación general de la zona al crecimiento urbano. Se complementa la vialidad de Patria, se canaliza la sección del cauce del Río Atemajac, entre Acueducto y Plaza Patria.

Actualmente la presión urbana está sobre las superficies que se localizan en las partes altas de las subcuencas, que son zonas altamente sensibles por los valores de pendiente que presentan, morfológicamente corresponde con las cabeceras de las barrancas; ejemplo de esto lo es la urbanización del Río Arenal-Chicalote. La urbanización en su totalidad de estas subcuencas, se dio sin entender el manejo de cuencas, lo que ha ocasionado que en zonas bajas como Plaza del Sol y su entorno, el problema de las inundaciones se haya acentuado considerablemente, basta que se registren lluvias de 10 mm/10 minutos para que se presenten severas inundaciones, ejemplo de ello son los temporales de lluvias pasados en (2003, 2004 y 2005), en los que Plaza del Sol ha sufrido por lo menos 5 inundaciones severas.

Las subcuencas de los arroyos Arenal el Chicalote, fueron las primeras en registrar modificaciones importantes a sus condiciones naturales, derivado de una serie de obras entre las que tenemos: el trazo de la carretera que conducía de Guadalajara a Morelia, que ocasionó cortes a los arroyos principales, la realización del centro Comercial de Plaza del Sol a finales de los años 60's, la creación de fraccionamientos como Las Águilas, La Calma, así como industrias como la Kodak, hizo que se indujera el desarrollo urbano hacia el poniente de la ciudad, incorporando la superficie de estas microcuencas a la urbanización.

Inundaciones por obturación y canalizaciones deficientes.

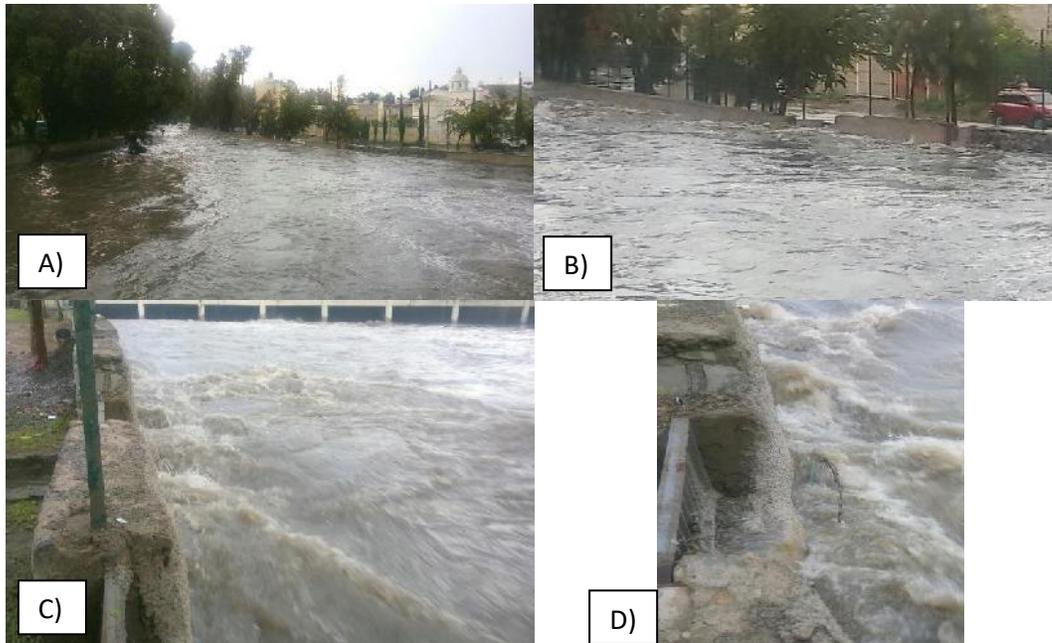
Este problema es común, algunas avenidas se trazaron con el objeto de comunicar colonias que se asentaban del otro lado de los arroyos, para ello se hizo necesario realizar obras a nivel del cauce, en muchas ocasiones las secciones

hidráulicas son insuficientes, lo que genera fenómenos de represamientos artificiales de agua, y como consecuencia de su colmatación, inundaciones muy severas; casos de este tipo se presentan en varias secciones del arroyo Agua Fría, algunas partes del Arroyo Atemajac y en el Arroyo El Tecolote donde el cauce desaparece completamente al cruzar la Avenida López Mateos.

Los segmentos de canal con insuficiencia hidráulica son puntos susceptibles a desbordamiento, que es el movimiento lateral del fluido ya sea porque el canal no cuenta con paredes lo suficientemente elevadas para evitar la salida del agua, o por la geometría y estreches del canal. Mientras mayor sea la fuerza del escurrimiento su erosión y arrastre es mayor, por eso el material de revestimiento del cauce es de central importancia.

| Subcuenca microcuenca | Segmentos de canal con insuficiencia hidráulica |
|-----------------------------------|--|
| Agua Zarca | 2 |
| Mesa de los Ocotes | 22 |
| A. Seco Mesa Norte | 101 |
| Rio Blanco | 21 |
| Colomos Atemajac | 46 |
| Las Tortugas | 7 |
| A. Arenal | 3 |
| El Chicalote | 20 |
| Santa María | 21 |
| A. Seco | 111 |
| A. Arena Chica - Boca de Arena | 2 |

Cuadro 17: Número de segmentos de canal con insuficiencia hidráulica por subcuenca.



Fotografía 11: Los segmentos de canal con insuficiencia hidráulica son captados según la carga de agua que llevan A) se observa un nivel considerable de agua, B) el nivel llega casi al borde superior de la pared del canal, C) las paredes del canal a pesar de ser hechas por un material noble pueden ceder a la fuerza del cauce, D) existen partes de las paredes desgastadas o colapsadas donde el agua escapa, una condición deteriorada compartida del canal es considerada insuficiencia hidráulica (canal Patria a la altura de la colonia Autocinema) (Captura propia, julio de 2017).

Los cortes e interrupciones de los canales son puntos potenciales para las inundaciones. Todo cauce o canal posee un punto de entrada y salida de agua natural o planeado, pero debido al crecimiento urbano las interrupciones son cada vez más comunes. Los puentes rudimentarios que no cuentan con las medidas precisas o inclusive los que sí, y las puertas de entubación son considerados puntos potenciales de obstrucción, ya que las actividades transitorias (exposición del canal al aire libre) y el acarreamiento de sedimentos pueden ocasionar la obstrucción.

Las zonas inundables por infraestructura hidráulica deficiente (interrupción en la red de canales), se diferencian de los segmentos en su representación cartográfica, estas son modeladas en base a un radio de 20 metros después de identificar el punto potencial de obstrucción.

| Subcuenca microcuenca | o Infraestructura hidráulica deficiente |
|-----------------------------------|--|
| Colomos Atemajac | 56 |
| A. Seco | 33 |
| A. Seco Mesa Norte | 48 |
| Mesa de los Ocotes | 4 |
| Rio Blanco | 15 |
| Agua Zarca | 3 |
| La Soledad | 3 |
| Las Tortugas | 11 |
| A. Arena Chica - Boca de Arena | 1 |
| Santa María | 1 |
| El Chicalote | 5 |

Cuadro 18: Zonas inundables por infraestructura hidráulica deficiente (interrupción en la red de canales) por subcuenca.

Inundaciones por condiciones geomorfológicas.

Las áreas que cuentan con una condición del relieve negativa son susceptibles a ser inundadas, dichas áreas pueden estar ubicadas indistintamente tanto en el ámbito urbano como el rural; en el primer caso a pesar de que el terreno natural esté cubierto por la consolidación urbana no significa que la condición geomorfológica no se presente, ya que es el sustrato de toda infraestructura en el terreno, es el caso de Plaza del Sol que se encuentra en una zona media-baja de la microcuenca El Chicalote. Inclusive la transformación urbana puede tener zonas deprimidas de captación de agua, de forma no planeada como los pasos a desnivel, que al no contar con un sistema de drenaje eficiente se puede saturar gracias a los movimientos gravitacionales del flujo hídrico.

En los ámbitos rurales estas inundaciones significan almacenamientos de agua con posibilidad de uso, los cuerpos de agua intermitentes que pierden su suministro de agua pasan a ser consideradas áreas receptoras del agua de las precipitaciones. Por ello su identificación sirve para advertir sobre el posible uso de suelo que se pretenda ejecutar en dichas zonas.



Fotografía 12: Zona de inundación por condiciones geomorfológicas contigua a la Presa San José (Captura propia, junio de 2017).

| Subcuenca microcuenca | Inundación por condiciones geomorfológicas |
|--------------------------------|---|
| Colomos Atemajac | 1 |
| A. Seco | 13 |
| Rio Blanco | 33 |
| A. Grande | 2 |
| Las Tortugas | 24 |
| A. Arena Chica - Boca de Arena | 2 |
| El Chicalote | 3 |
| A. Arenal | 2 |

Cuadro 19: Zonas inundables por condiciones geomorfológicas por subcuenca.

Inundaciones por trazo de avenidas y calles metropolitanas.

Este tipo de situación es común, Algunos ejemplos de esto son las calles como Acueducto, Circuito Madrigal, Naciones Unidas, Montevideo, etc.

Para el estudio de las avenidas los métodos que se necesitan son aquellos que permitan un análisis de la variabilidad espacial del proceso hidrológico. Desde esta perspectiva, la caracterización del peligro por avenida, involucra el conocimiento del fenómeno natural que lo pueda originar.

Se pueden considerar zonas inundables por condiciones hidráulicas a las vialidades que fungen de lecho de los cauces permitiendo la fluidez de la corriente o las vías que por su pendiente nula sólo contienen el agua, formando estanques soportados por la infraestructura de la calle. El flujo en las vialidades merece un estudio más minucioso por su importancia en las actividades sociales. El microflujo del escurrimiento en las calles si es rastreada su dirección y cuantificado su volumen, se puede emplear para tomar las medidas de mitigación y corrección necesarias para regresar, al menos parcialmente, los volúmenes de agua a sus cauces naturales de recepción.



Fotografía 13: Zona de inundación por condiciones hidráulicas, A) pueden ser estacionarias o B) fluidas, dependiendo de ello se tiene una diferente velocidad de drenaje (Captura propia, junio de 2017).

La planeación urbana deficiente es causante, por el contrario, de contribuir seriamente a la generación de flujos laminares que se acumulen sobre las vialidades y banquetas, como es el caso de algunos segmentos de la Línea 3 del Tren Eléctrico Urbano de Guadalajara. Se puede observar en la foto 16 (izquierda), que las vías concentran el flujo para después descargarlo sobre la calle; sin un adecuado sistema de bocas de tormenta que absorban o infiltren estos volúmenes, el problema de encharcamiento e incluso inundaciones severas en ciertos tramos se ve notablemente exacerbado.



Fotografía 14: Desagüe de flujo pluvial sobre la vialidad durante un evento de precipitación moderada de las vías del Tren Eléctrico Urbano, en la Av. Ávila Camacho a la altura de Plaza Patria (Captura propia, junio de 2017).

| Subcuenca microcuenca | Zonas inundables por condiciones hidráulicas |
|----------------------------------|---|
| La Coronilla | 1 |
| Rio Blanco | 6 |
| A. Seco Mesa Norte | 35 |
| Colomos Atemajac | 76 |
| A. Arenal | 28 |
| El Chicalote | 43 |
| Santa María | 17 |
| A. Seco | 43 |

Cuadro 20: Zonas inundables por condiciones hidráulicas por subcuenca.

2.4 Microflujo.

De acuerdo con Martínez (1999) la escorrentía superficial pasa por dos fases bien diferenciadas: la fase o ciclo de laderas y su movimiento a través de la red de drenaje. En la fase de laderas, el agua viaja sin cauce definido por la superficie del terreno, formando una lámina de agua irregular, hasta encontrarse con un cauce. En este punto entra en la red fluvial, y siguiendo esta llegará en la segunda fase hasta la salida de la cuenca.

El tránsito de la escorrentía en laderas explica la forma en que esta puede y llega a tomar las vialidades como lechos momentáneos para fluir.

En los procesos hidrológicos de ladera y de acuerdo con Martínez (1999), los mecanismos de producción de escorrentía son diversos, en la superficie urbana existe una película construida de materias que evitan la infiltración sumado a esto el cambio o modificación del suelo constituye otro tipo de porosidad y esta es negativa el suelo se mostrara reticente a captar el agua.

La escorrentía de ladera pura o Hortoniana (figura 34), en la cual el agua no puede infiltrarse y se desplaza por la superficie de la ladera hasta alcanzar un cauce. Este mecanismo es bastante raro en la naturaleza porque en poquísimas ocasiones se supera la capacidad de infiltración del terreno en superficie, en gran medida este mecanismo explica el microflujo en las zonas urbanas.

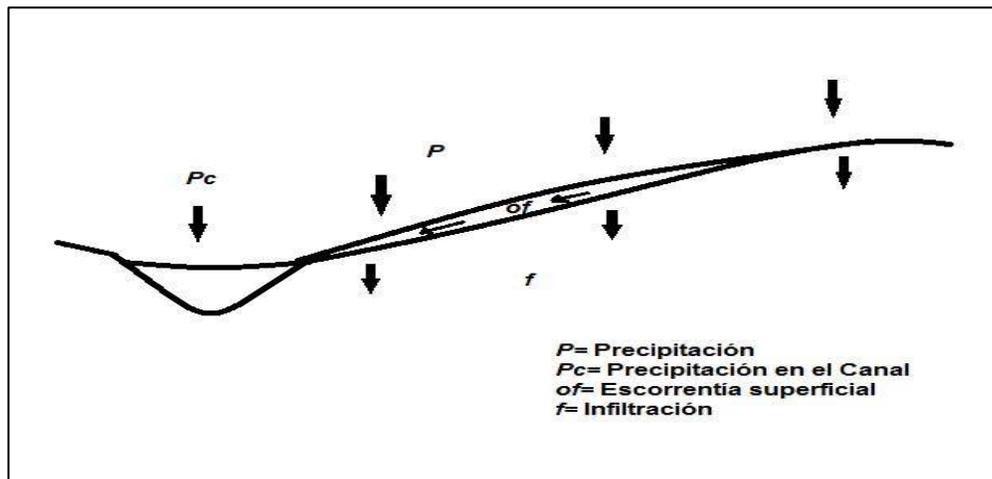


Figura 33: Escorrentía de Laderas Pura (Horton), elaboración a partir de Nania Escobar 1999.

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

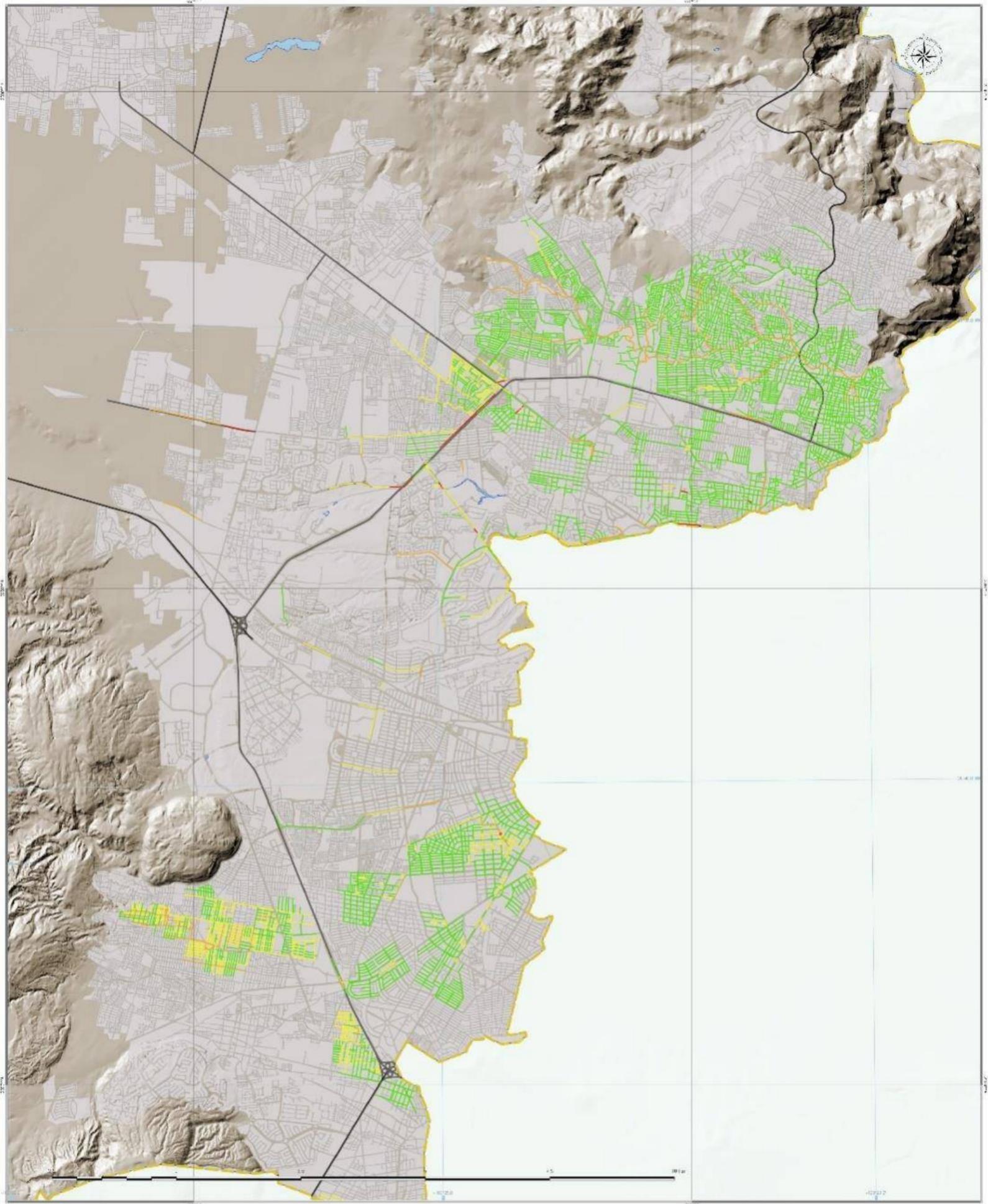


Figura 34: Dirección y magnitud de flujo pluvial en vialidades.

| Jerarquía de los microflujos | Nivel de agua acarreada |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Muy bajo | 0-15 cm |
| Bajo | 15-50 cm |
| Medio | 50 cm- 1 m |
| Alto | Más de 1 m |
| Canal | cambiante |

Cuadro 21: Jerarquía de los microflujos.

Se identificaron una gran cantidad de microflujos, en total 9398, que si bien no representan la totalidad del municipio, si dan cuenta de las de mayor preocupación por su constante reporte. En relación a las subcuencas o microcuencas se lee que en el Arroyo Seco Mesa Norte, se contabilizaron 4634 microflujos (ver figura 34), en su mayoría tributario del canal Arroyo Seco. Otra de las subcuencas a tomar en cuenta es Colomos Atemajac con 2036 microflujos, muchos tributarios artificiales del canal de Patria, en la traza urbana alejada al canal existen cruces de calles donde se encuentra dos o más microflujos.

| Subcuenca o microcuenca | Microflujo |
|--------------------------------|-------------------|
| Colomos Atemajac | 2036 |
| A. Seco | 891 |
| A. Seco Mesa Norte | 4634 |
| Mesa de los Ocotes | 282 |
| Río Blanco | 22 |
| Santa María | 551 |
| El Chicalote | 728 |
| A. Arenal | 6 |

Cuadro 22: Microflujo por subcuenca o microcuenca.

3. FENÓMENOS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICOS.

El municipio de Zapopan cuenta con un relieve muy diversos señal de los procesos continuos de actividad geológica y geomorfológica, los sismos, hundimientos, agrietamientos, deslizamientos como zonas de relleno son considerados de vital importancia para la planeación de la ocupación del territorio.

Con respecto a los ecosistemas las afecciones de estas clases de fenómenos son considerados como alteración en los equilibrios naturales, donde la conciencia política de la alteración directa o indirecta de la población es necesaria para articular las medidas correctoras como adaptativas en el nuevo panorama de la sustentabilidad.

3.1 Peligrosidad sísmica.

La definición de peligro que aquí se analiza es la probabilidad de que un agente perturbador asociado a la dinámica interna de la Tierra y cuya manifestación superficial pueda ocasionar un impacto en la estructura social, económica, política y ambiental del territorio debido a su magnitud e intensidad. Estos agentes perturbadores corresponden a fenómenos que están intrínsecamente relacionados con la movilidad de los materiales que son sometidos a elevadas temperaturas en el interior de la Tierra y cuyas expresiones superficiales pueden ser: sismicidad, volcanismo, movimientos en masa como deslizamientos y subsidencias, según sea el contexto de que se trate (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002).

Los eventos sísmicos más importantes registrados en la región occidente de México corresponden con las principales unidades tectónicas. El sismo del año 1932 ha sido considerado el de mayor magnitud del siglo XX para la región, con una Magnitud sísmica de 8.2 registrado en las costas de Jalisco (Núñez-Cornú, 2011).

Este evento fue seguido por otro de $M_w = 7.8$ registrado quince días después, además, en el año de 1995 se registró un fuerte evento de $M_w = 8.0$; cabe destacar que estos eventos se asocian al contacto de la Placa de Rivera que subduce bajo el Bloque de Jalisco que comprende la Región RIV 1 y RIV 2 de acuerdo con Zúñiga-Dávila (2011).

A pesar de ello, existen otras fuentes sismogenéticas, tales como aquellas vinculadas con los sismos intraplaca, como los eventos históricos documentados para los años 1568, 1577, 1806, 1872, 1875, 1973, 1985 y 1995 (Núñez-Cornú, 2011; Valdivia y Castillo, 2014). En la región se han documentado en los últimos 160 años al menos 10 eventos sísmicos importantes con $M_w > 7.4$, por lo que los

tiempos de recurrencia de eventos como los de 1932 han sido estimados en 77 años (Núñez-Cornú, 2011).

Estos eventos refieren a un proceso de ruptura y deformación elástica del material de la litósfera, por lo que bajo esas condiciones todos los sismos son más o menos iguales, sin embargo, se ha visto que existe una intrínseca relación entre el tipo de falla o mecanismo causal y el medio de propagación que los diferencia. Es por ello que los eventos que pueden tener diversas expresiones y consecuencias en la región corresponden a sismos intraplaca que son someros, de baja magnitud y baja periodicidad tal como se muestra en la figura 15 (Zúñiga-Dávila, 2011).

Sin embargo, durante los años de 1687, 1844, 1875 y 1912 se registraron una serie de eventos denominados enjambres sísmicos, que se presentan como eventos de baja intensidad y frecuentes en un rango de tiempo variable que puede ir desde días hasta meses. Estos eventos causaron daños estructurales de algunas edificaciones importantes, agrietamiento de fachadas de viviendas, colapsos de las fincas y el pánico de los habitantes del Área Metropolitana (Valdivia y Castillo, 2000).

La localización espacial y la situación geográfica del municipio de Zapopan contribuyen al desarrollo de una gran cantidad de actividades urbanas y rurales, en donde la socialización de la exposición ante la inminente presencia de sismos como los de 2016 y 2017 de baja magnitud pero recurrentes, pueden comprometer, en alguna medida, el funcionamiento y la organización del sistema territorial (ver Figura 35).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

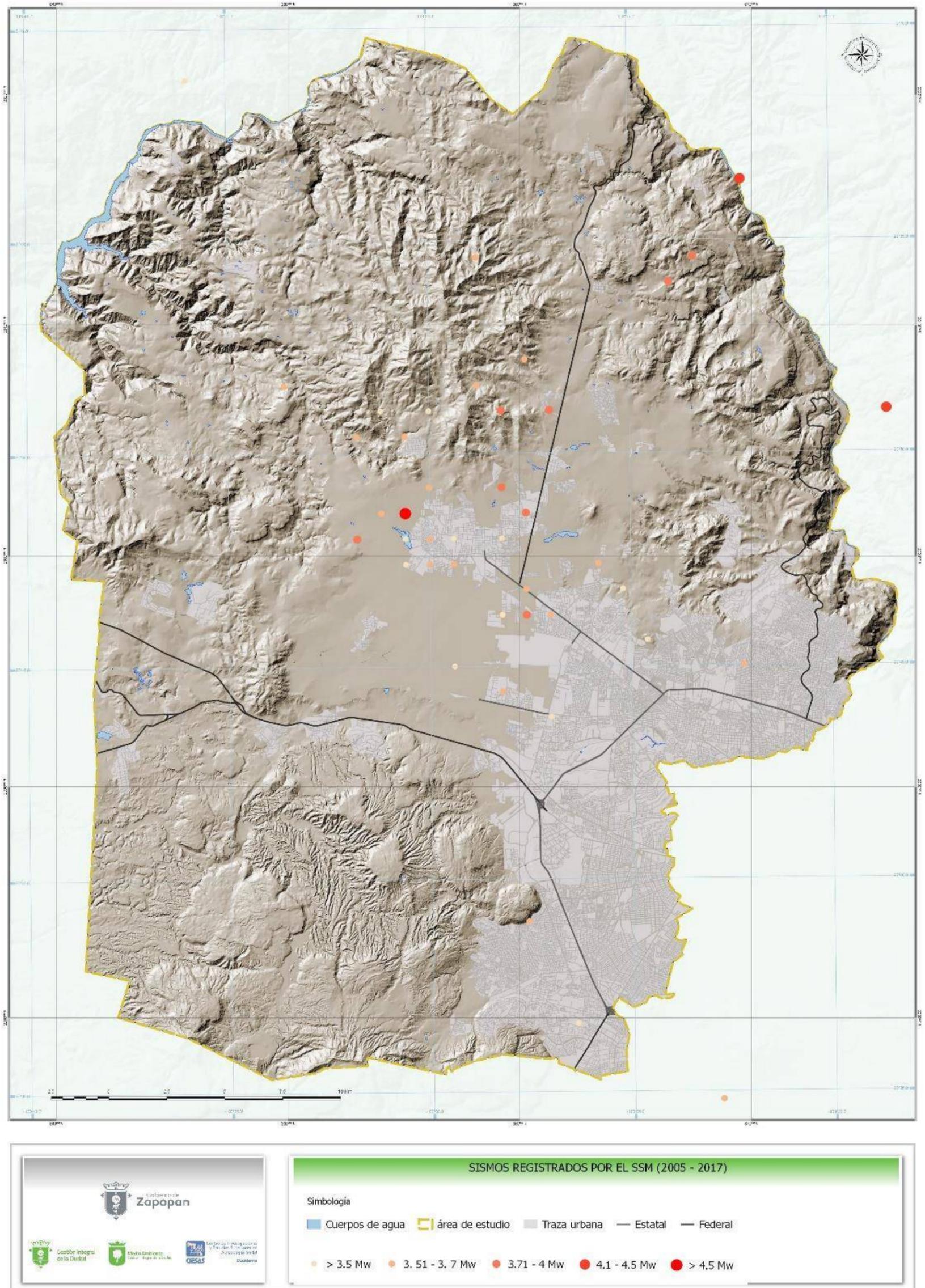


Figura 35: Eventos sísmicos registrados durante el periodo de 2005 a mayo de 2017. Fuente: SSN, 2017.

Así mismo, la problemática del comportamiento sísmico de ésta y otras áreas conurbadas tiene grandes implicaciones en las edificaciones que en ellas se construyen, el cual reside en la incertidumbre de conocer con suficiente precisión todos los factores que intervienen en su diseño. Existen diversos casos de edificaciones que han sido diseñadas y construidas bajo las normas y códigos de construcción que han sufrido daños importantes, por lo que para la ingeniería geotécnica este comportamiento puede originarse en su estructura, cimentación o en ambas (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C., 1986).

Existen algunos factores que intervienen en el diseño sísmico de las estructuras (ídem):

1. Las masas del edificio y su distribución geométrica.
2. La flexibilidad del esqueleto estructural incluyendo la participación de los elementos de relleno como son: pisos, muros y fachadas.
3. Estructuramiento y flexibilidad de la estructura de la cimentación.
4. Características dinámicas de la masa estratificada del subsuelo.
5. Las condiciones estratigráficas e hidráulicas del subsuelo.
6. Flexibilidad de la masa del suelo bajo la cimentación.
7. Resistencia del suelo.
8. Características sísmicas de la región.

Analizar el peligro sísmico en el municipio de Zapopan resulta fundamental, ya que permite comprender las interacciones que ocurren entre el diseño sísmico adecuado para el área y los efectos que los eventos sísmicos pueden causar en la misma, según sea la fuente sismogénica, su magnitud y la distancia epicentral del evento registrado instrumentalmente.

Las tendencias de diseño de construcción vertical del área conurbada deben ser analizadas empleando parámetros físicos y geométricos, ya que la respuesta sísmica de una edificación depende de las propiedades mecánicas y dinámicas de la misma, así como de las características del movimiento del terreno al que es sometida, y para lo cual resulta fundamental conocer las características estratigráficas del área (CENAPRED, 1999).

En los últimos años se ha revisado el efecto de los sismos en estructuras verticales que pueden presentar algún fallo en algunos de los factores que se emplean para el diseño de dichas estructuras, y en cuyo caso resulta fundamental conocer el efecto de sitio o respuesta sísmica del terreno (amplitud, duración o contenido de frecuencias) de manera local, con respecto a la escala regional (ídem).

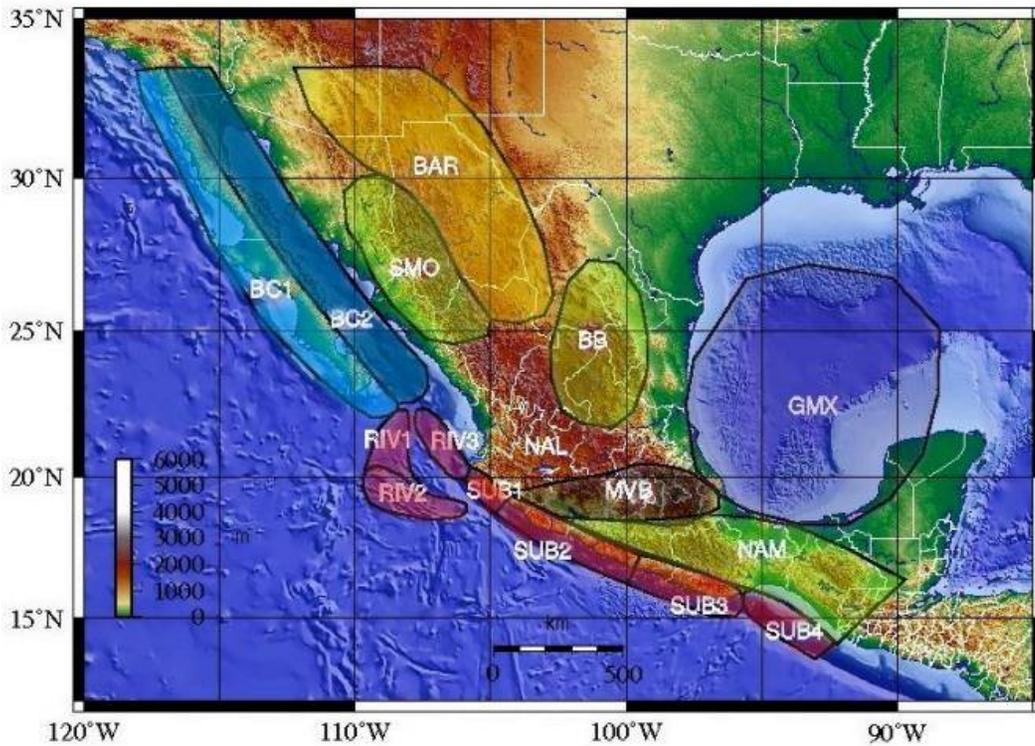


Figura 36: Regionalización sismotectónica de la República Mexicana en donde destaca la Región NAL de sismos intraplaca someros y de baja periodicidad. Tomado de: Zúñiga-Dávila, 2011.

Así mismo, la presencia de los denominados rellenos de material sobre los que se construye poseen alta susceptibilidad de sufrir daños en caso de un evento sísmico, particularmente aquéllos conformados por suelos residuales pobremente consolidados, en donde puede presentarse agrietamiento cosísmico debido a la falta de resistencia a la tensión, contribuyendo así a la deformación vertical y horizontal del relleno y a su posible subsidencia (Suárez, 1998).

Según la regionalización sísmica propuesta por la CFE (1993), el municipio de Zapopan se encuentra dentro de la zona B-C, lo cual refiere a zonas intermedias en donde se registran sismos poco frecuentes y que son afectadas por fuertes aceleraciones del suelo pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo (Gutiérrez, 2000). También, de acuerdo con lo propuesto por Jaimes, Niño y Reinoso (2013), los valores de aceleración máxima del suelo asociados a un periodo de retorno de 150 años para el área de estudio oscilan entre 0.02 y 0.1 g (Jaimes et al., 2013).

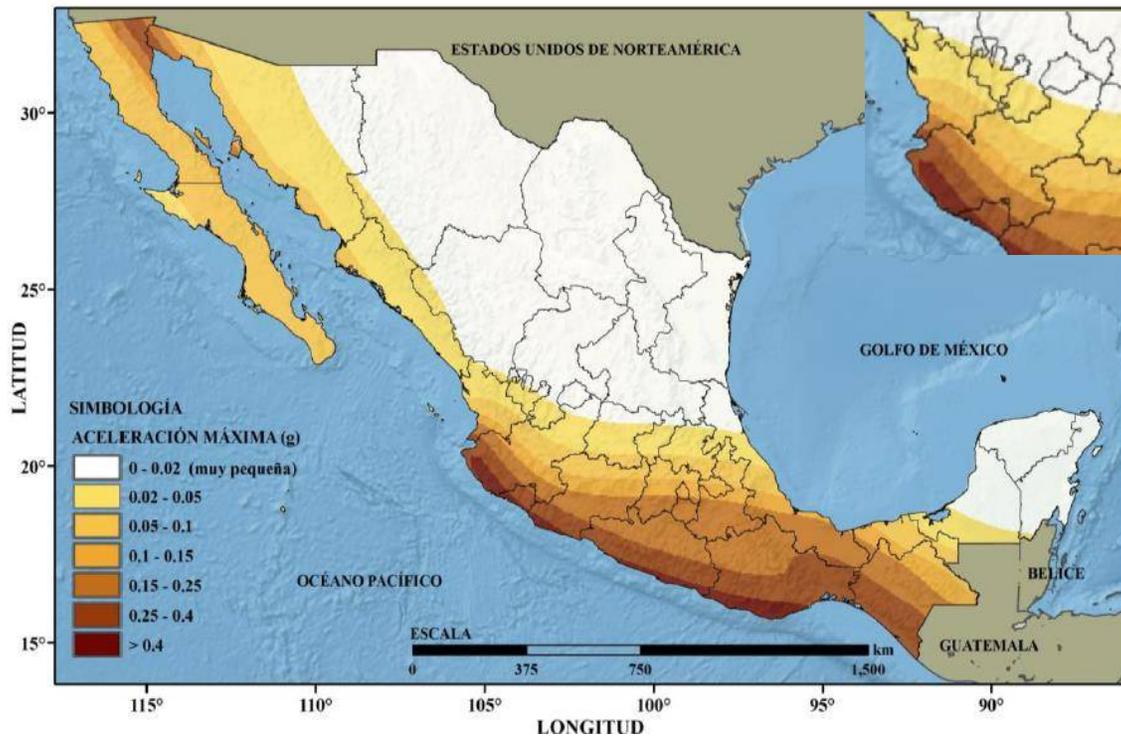


Figura 37: Aceleración máxima del suelo a_x asociada a un período de retorno de 150 años para México con énfasis en la región occidente del país. Tomado de: Jaimes et al., 2013.

Sin embargo, estos eventos no solo inciden de manera directa en el área urbana y rural del municipio, sino que un evento sísmico desencadena procesos que inciden directamente en el normal funcionamiento del sistema natural, y en donde destacan procesos como susceptibilidad por deslizamientos cosísmicos y subsidencias sísmica del suelo.

Un evento sísmico, puede generar la activación de un deslizamiento, debido a que la energía liberada es radiada en todas direcciones, no de manera puntal sino a lo largo y/o ancho del mecanismo de liberación de la misma. Los sismos más superficiales son los que mayor impacto en la generación de un deslizamiento, sin embargo la cinemática, geometría y evolución del mismo dependerá principalmente de las características litológicas, estructura y saturación de los suelos o rocas, inclinación de las laderas, y de la magnitud del evento sísmico, tal como se muestra en la Cuadro 25 (Suárez, 1998).

| Magnitud | Tipo de movimiento |
|----------|--|
| 4.0 | Caídos de roca, caídos de suelo, fracturación cosísmica |
| 4.5 | Deslizamientos de suelo o bloques de suelo |
| 5.0 | Deslizamientos de roca, bloques de roca, esparcimientos laterales, flujos de suelo y deslizamientos submarinos |
| 6.0 | Avalanchas de roca |
| 6.5 | Avalanchas de suelo. |

Cuadro 23: Tabular de magnitudes estimadas necesarias para que un sismo produzca un deslizamiento (Keefer, 1984 en Suárez, 1998).

Las áreas en donde existe una alta probabilidad de que estos fenómenos puedan manifestarse coinciden en gran medida con aquellas áreas en donde se han documentado eventos sísmicos de tipo enjambre o clúster, ya que si bien éstos son de baja magnitud y periódicos, pueden contribuir a la activación de movimientos gravitacionales como los que ocurren próximos al Cañón de río Grande o bien en la Sierra La Primavera.

3.2 Zonas de relleno.

El relieve antrópico es aquél que ha sido originado por la actividad humana sobre la superficie de la Tierra. Una de las expresiones más comunes de este relieve son los denominados rellenos, los cuales representan la colocación directa de material sobre los taludes; generalmente estos rellenos se encuentran pobremente compactados y consolidados, por lo que cabe la posibilidad de que las actividades que se desarrollan sobre éstos y los parámetros de diseño y construcción puedan sobrepasar la carga de las laderas y generar su fallamiento (Suárez, 1998).

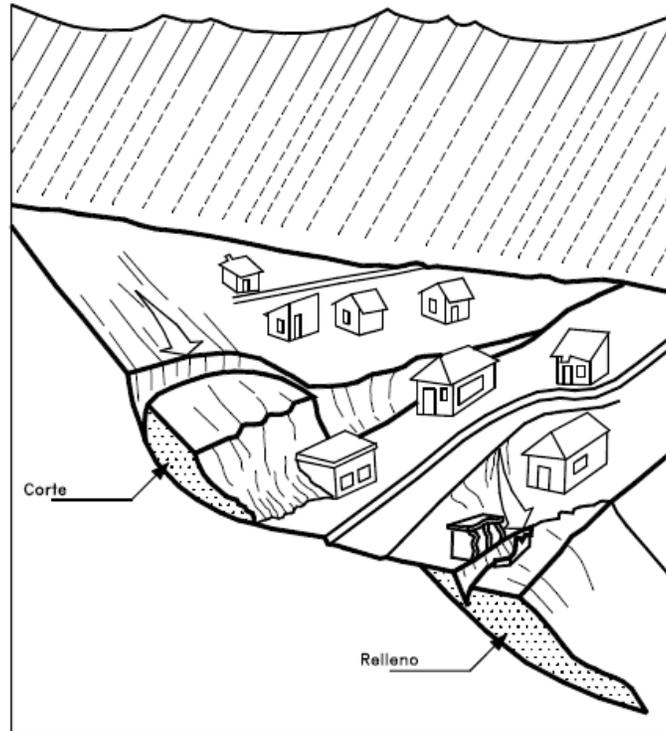


Figura 38: Esquema que ilustra el deslizamiento producido por sobrecarga en una zona de relleno (tomado de Suárez, 1998).

Estas formaciones del relieve son generalmente más porosas y menos permeables que los suelos naturales, lo cual genera acumulaciones de agua en los poros. Estos rellenos son menos cementados y su estructura más susceptible al deterioro o colapso por eventos sísmicos, concentración de los flujos de agua que se traducen en erosión superficial y subterránea, y generación de agrietamiento que puedan originar la subsidencia del mismo.

Las zonas de relleno presentadas en el mapa 18 fueron elaboradas a partir de la reconstrucción de ortofotos históricas georreferenciadas que abarcan desde la primera mitad de la década de los 70's hasta inicios del siglo XXI, además se usaron imágenes de satélite Google Earth de alta resolución para cubrir la temporalidad más reciente. Se fotointerpretaron bancos de material y depresiones del terreno que en fechas posteriores desaparecen total o parcialmente. Gracias a estas observaciones diacrónicas se pretendió inventariar la mayor cantidad posible de este tipo de espacios. Su visualización con imágenes actuales o incluso

recorridos de campo es difícil en algunos de los casos, ya que muchos de éstos han sido rellenados, cubiertos o simplemente absorbidos por la mancha urbana.

En el municipio de Zapopan las principales zonas de relleno se distribuyen dentro de la Planicie de Tesistán-Atemajac y las Depresiones periféricas de La Venta y el Bajío tal como se muestra en la figura 39. Sin embargo, las zonas más susceptibles ante el posible desarrollo de un proceso de subsidencia son aquellos rellenos que forman parte de un sistema de flujo interconectado superficial y sub-superficialmente, en el cual se registra un alto potencial erosivo, de tal manera que este sistema ha sido reconocido como una unidad geomorfológica compleja denominada *escarpe erosivo-fluvial Colomos*. Ver figura 39

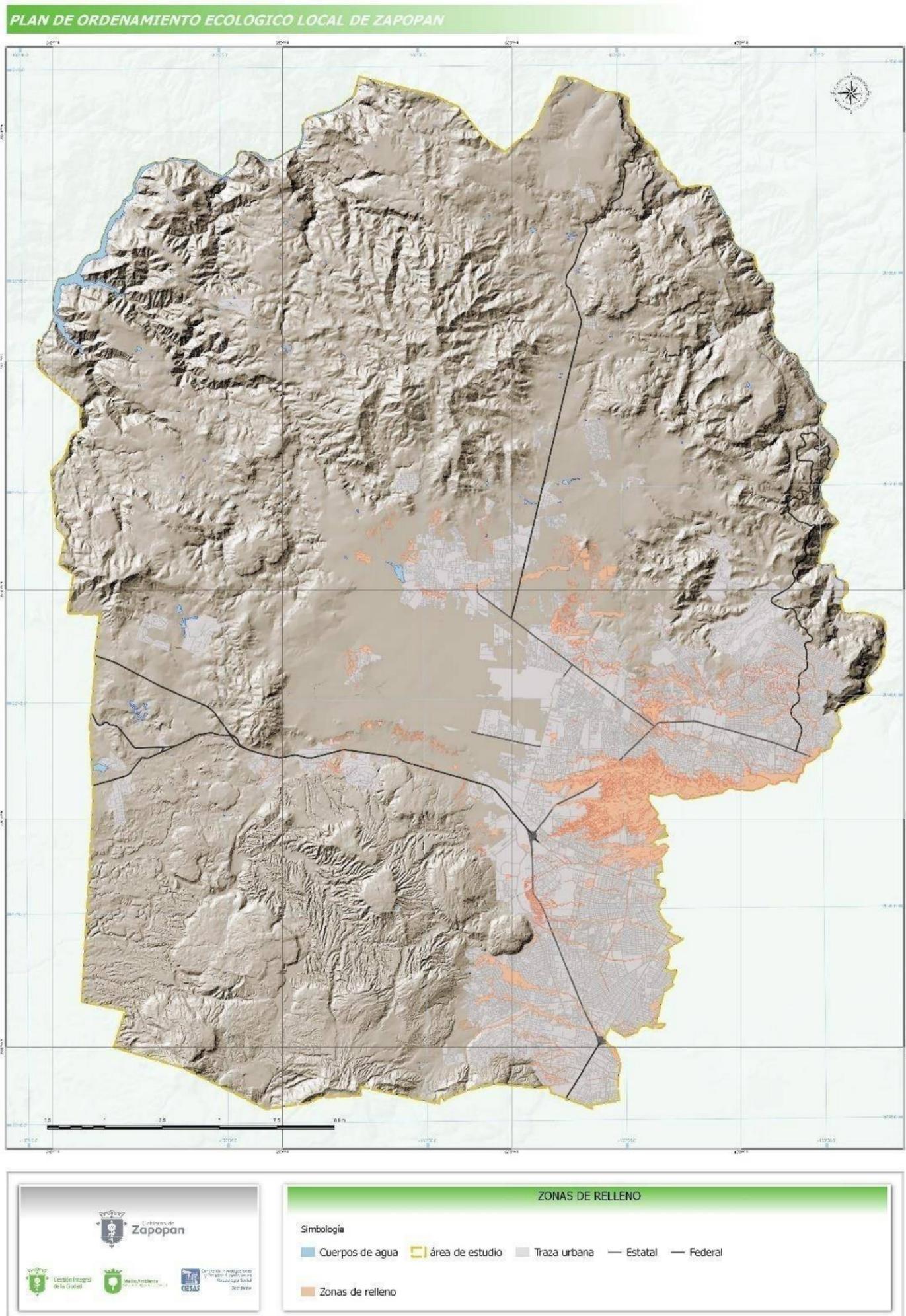


Figura 39: Zonas de relleno.

3.3 Hundimientos.

Las formas naturales del relieve presentan constante erosión no sólo superficial, el colapso de varios puntos del terreno se debe a diferentes factores en relación a las condiciones previas de su formación, los hundimientos o socavones particularmente en la zona urbana se dan por la sobreexplotación del agua subterránea, la fragilidad y no compactación en zonas de rellenos (por basura y escombros), las constantes fugas en los sistemas hidráulicos y el suelo inestable.

Para abordar el problema de los hundimientos por fugas de agua se recurrió al Sistema Intermunicipal de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), se georreferenció una base de datos que cubren los años de 2007 a los 4 primeros meses del año 2016. Pues la naturaleza de este fenómeno responde a las condiciones del sistema hidrosanitario en términos de su temporalidad, aunado a la presión que soporta como el tránsito pesado, el agua en fuga debilita la estabilidad del suelo cediendo de forma abrupta. Son percibidos inicialmente como pequeños hundimientos en la carpeta asfáltica, debido a su proceso interno se consideran de actuar imprevisto. Ver figura 40.

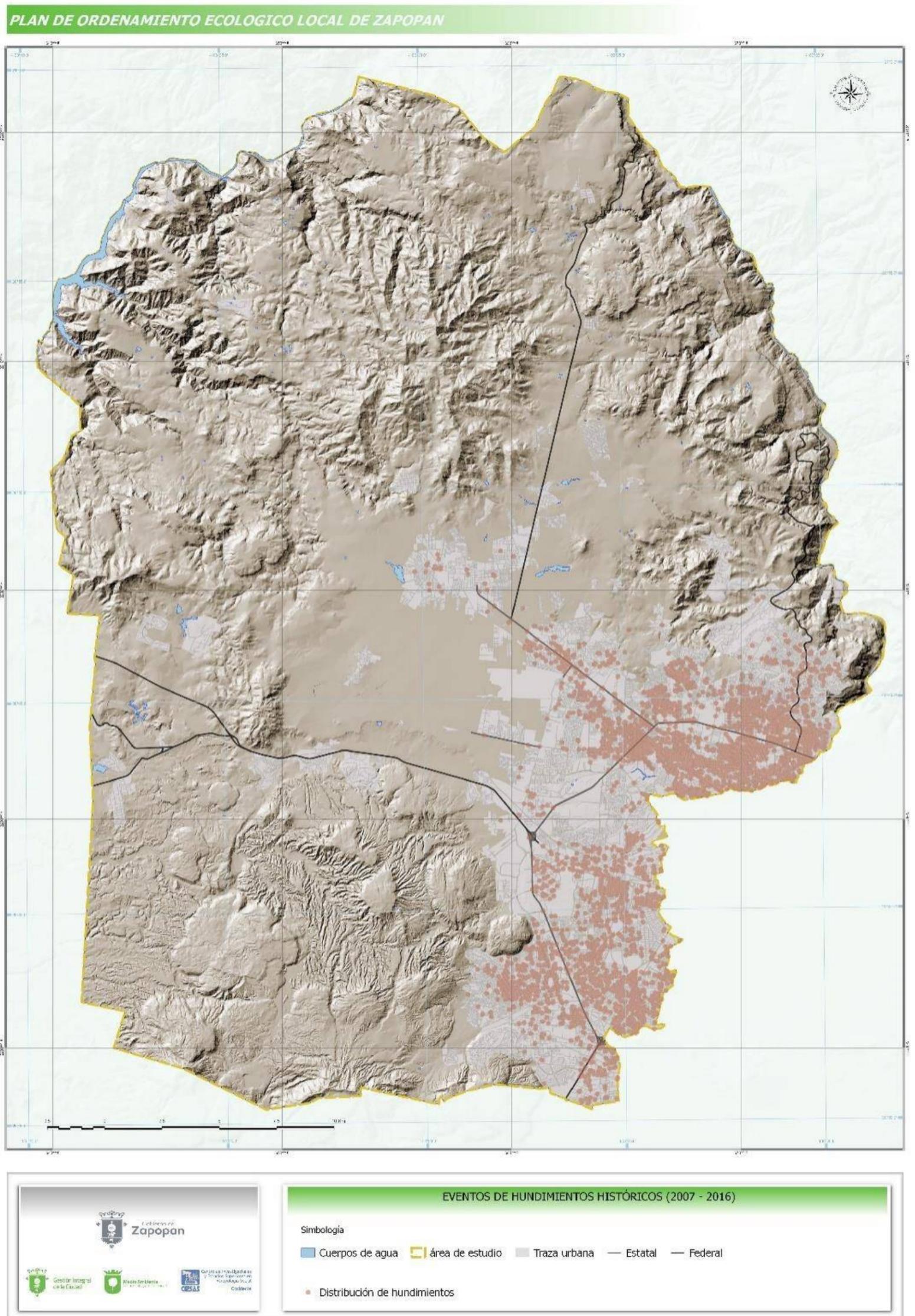


Figura 40: Eventos de hundimientos históricos (2007 - 2016).

Se reportaron 6771 puntos de hundimiento identificando su patrón espacial y temporal (ver figura 40), los reportes anuales superan los 500 registros y presenta una tendencia al crecimiento. El conjunto de puntos son de alcance general, pese a ser a que son hechos concretos es necesario su procesamiento para caracterizar de mejor maneras las áreas afectadas.

| Periodo | N° total de eventos de hundimientos en el municipio de Zapopan |
|-------------|--|
| 2007 | 569 |
| 2008 | 799 |
| 2009 | 549 |
| 2010 | 821 |
| 2011 | 647 |
| 2012 | 784 |
| 2013 | 774 |
| 2014 | 779 |
| 2015 - 2016 | 1049 |
| Total | 6771 |

Cuadro 24: Número de hundimientos por fuga de agua.

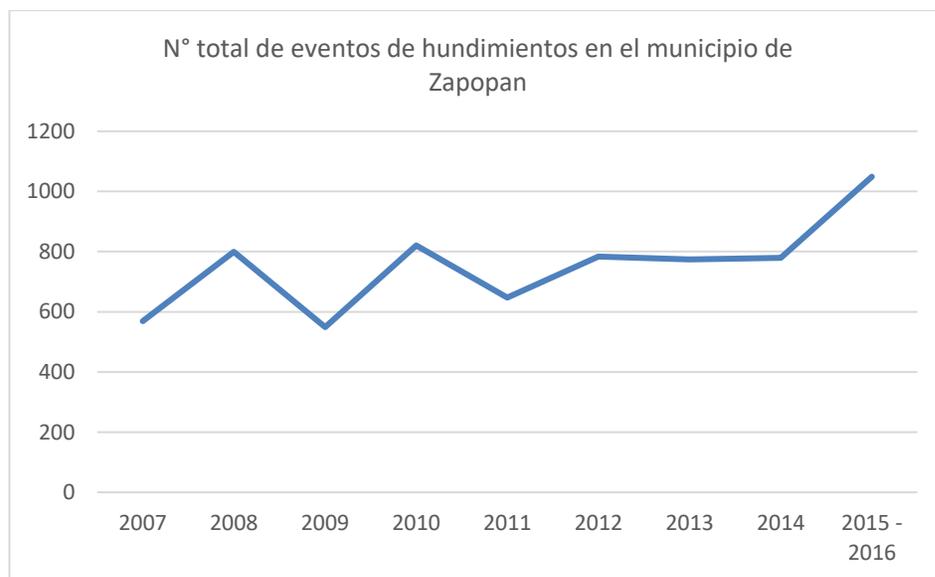


Figura 41: Tendencia de registro de hundimientos por fuga de agua.

Su procesamiento se realiza según modelos matemáticos que permitan visualizar áreas consolidadas o semi-consolidadas según los criterios aplicados.

Se optó por el modelo Kernel density que traza un radio predeterminado en los puntos asociando las áreas de traslape, mientras más radios traslapen se pintan las áreas de un color que indique su densidad.

El resultado es un continuo de interpolación como producto raster, el ajuste del pixel es según la visualización deseada en este caso se tomó 30 metros. Su entendimiento refleja distintas áreas con una cantidad considerable de hundimientos.

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

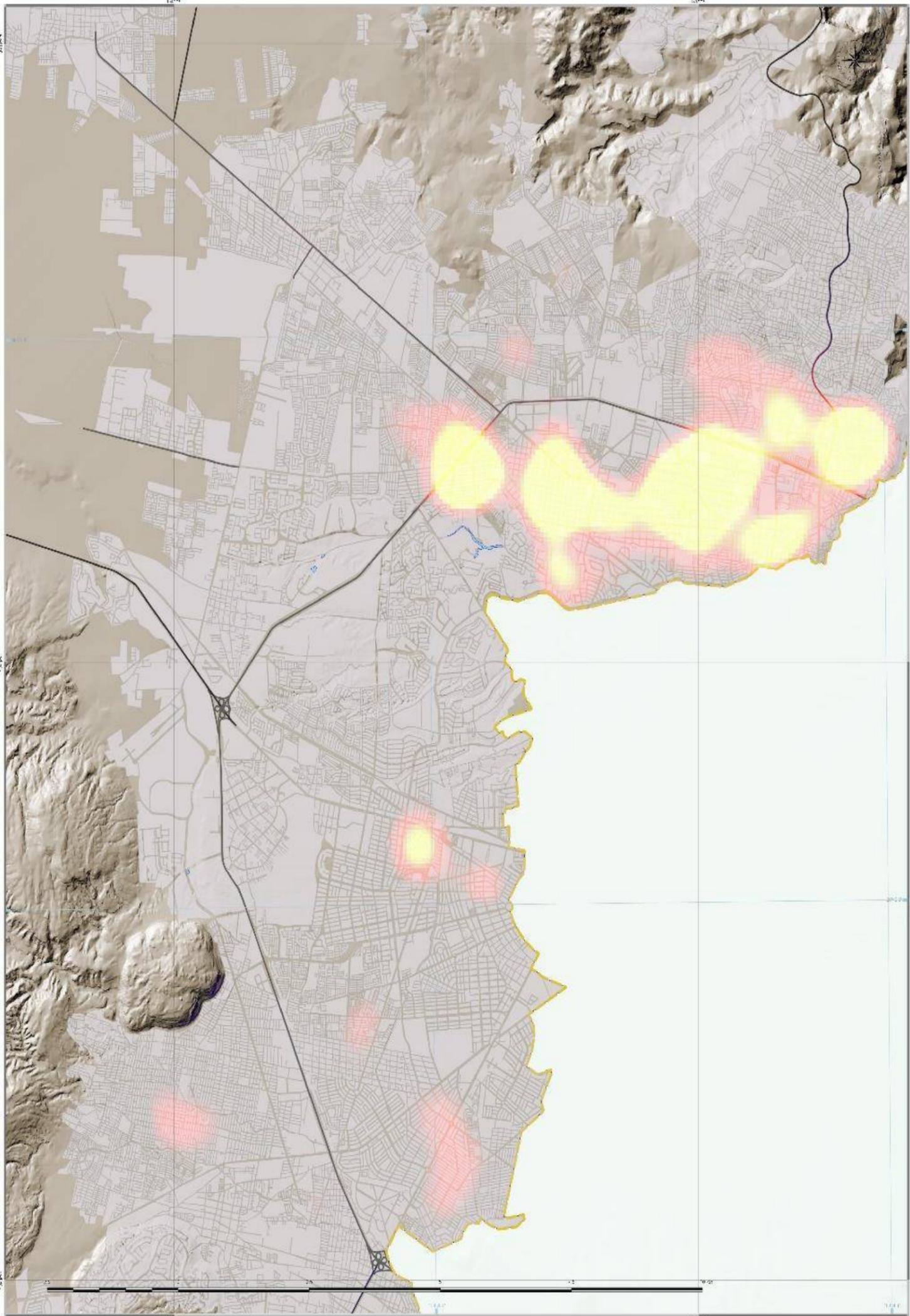


Figura 42: Interpolación de eventos de hundimientos históricos.

Clasificación por densidad de eventos de hundimientos históricos.

Como producto final se obtiene una clasificación de los hundimientos que indican la densidad en áreas, mismas que nos permiten explicar de forma localizada y sistémica el fenómeno en relación a las unidades geomorfológicas.

Las zonas críticas a considerar se ubican al norte (clasificación alta y muy alta) en la unidad geomorfológica Escarpes Erosivos Fluviales Colomos, en relación a la hidrografía son las subcuencas Colomos y Arroyo Seco Mesa Norte las que soportan dichos fenómenos, aunque el contexto físico-natural permite comprender en parte a los hundimientos es se relaciona más con la consolidación urbana inicial del municipio como su centro histórico y aledaños.

Se concluye que el descuido superficial de las actividades humanas y la falta de una buena inversión de materiales duraderos como la adecuada planeación en materia del sistema hidrosanitario hacen que esta clase de fenómenos sean considerados como antrópicos y evitables provocados por agencia humana, desde la perspectiva de la geomorfología antrópica se puede entender mejor la génesis del problema aunque en primera instancia se considera una influencia humana indirecta, pero con consecuencias lamentables por no ser únicamente el colapso el motivo de afectación o perjuicio sino que también se produce la fuga de agua limpia que es un derroche que pone en evidencia la deficiencia de la red hidrográfica planeada.

| Hundimientos Históricos | Área en km² | Nº de hundimientos |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Muy baja | 126 | 429 |
| Baja | 56 | 1766 |
| Media | 24 | 1844 |
| Alta | 12 | 1653 |
| Muy alta | 3 | 1079 |

Cuadro 25: Clasificación de hundimientos históricos.

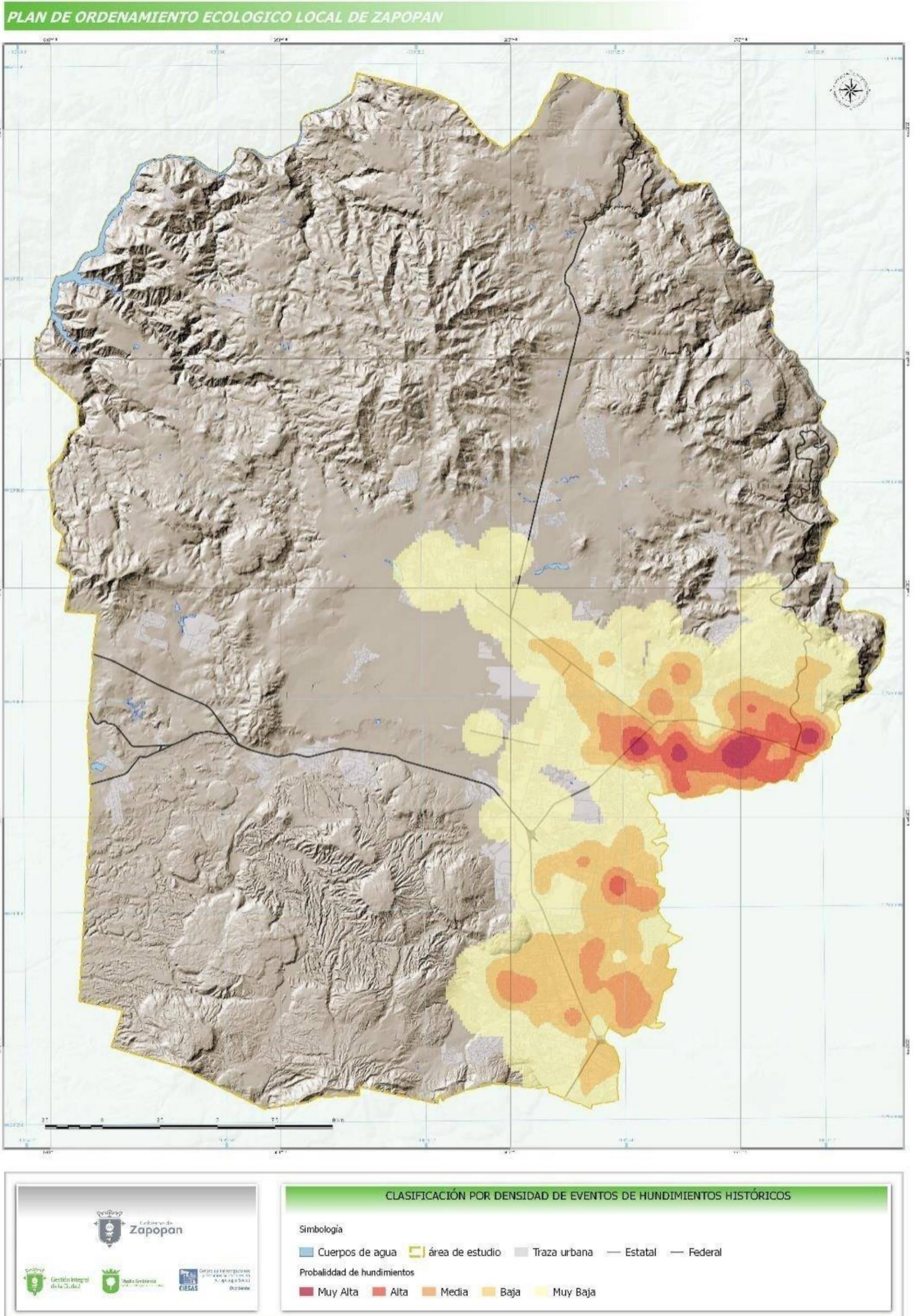


Figura 43: Clasificación por densidad de eventos de hundimientos históricos.

3.4 Agrietamientos.

El agrietamiento es un fenómeno esporádico recurrente de las zonas conocidas como el valle de Tesistán y en la frontera con el Valle de Atemajac, se originan en parte por la sufosión, corresponde con la formación de macroporos, se presenta en suelos granulares poco compactos, el agua se encanaliza sobre líneas de debilidad preexistente las que corresponde con fallas, fracturas o diaclasas.

De acuerdo con Valdivia y Castillo, 2014: en un período de 100 años (1917–2015) en el Valle de Tesistán se han documentado 14 grietas de diverso tamaño, la mayor alcanzó más de 1.5 kms, con una anchura variable (centímetros a más de 8 m) y una profundidad medida de 12 m, invariablemente se han presentado en inundaciones generadas por tormentas intensas. Las primeras se presentan en las inmediaciones de la Tuzania y Santa Margarita, posteriormente en la zona de Nextipac-Santa Lucia y actualmente se han registrado en la zona de contacto entre el valle y la Sierra de La Primavera (Arenales Tapatíos) en el 2017 se activó y creció el segmento norte de la grieta de Nextipac.

Con la urbanización (creación de calles y manzanas) y la pérdida de los vallados (canales de tierra) en el valle de Tesistán se ha modificado drásticamente los patrones de traslación del llamado macro y micro flujo (agua que se traslada en el canal y en las calles) alterando la distribución territorial del agua y los valores de la infiltración, además de producir microcuencas cerradas, es decir en donde el agua no tiene salida al Río Blanco (afluente del Santiago), por lo que se acumula formando pequeños y medianos encharcamientos, en donde el agua solo se puede evaporar o infiltrar de manera forzada sobresaturando el subsuelo y activando proceso de sufosión y generando grietas. La falta de infraestructura hidráulica acentúa el problema de traslación del agua, por lo que las calles están tomando el papel de unos colectores o canales inexistentes, haciendo que se distribuya de manera anárquica en el área urbana principalmente se está observando en Santa Lucia, El Húmedo, Prados de Nextipac, y en las inmediaciones de la base Aérea Militar núm. 5. Ver figuras 44 y 45.



Figura 44: Trazo de las fallas en la zona de Prados de Nextipac (Luis Valdivia).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

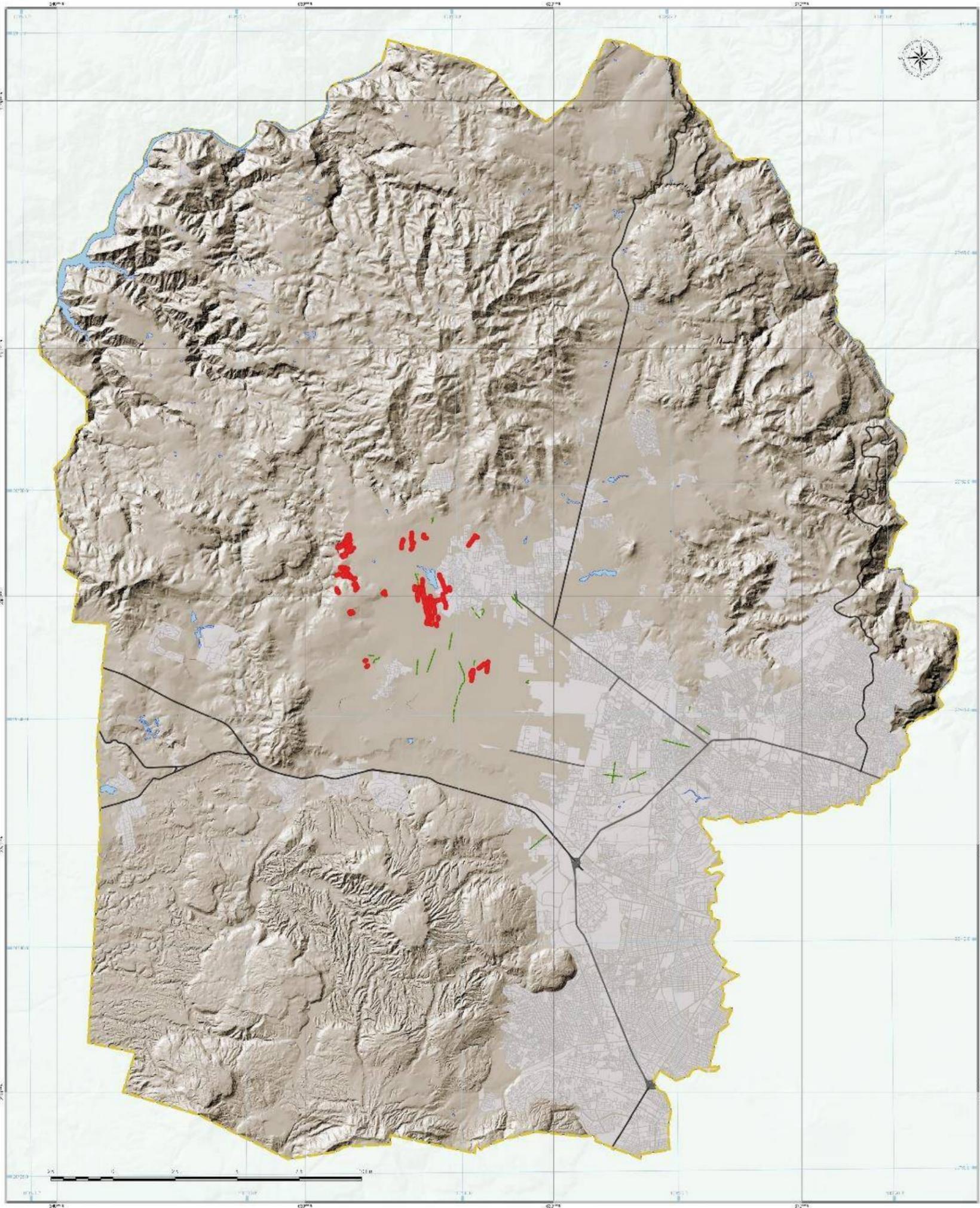


Figura 45: Grietas registradas.

En las figuras 44 y 45 se observa que las grietas declaradas como peligros vigentes que han sido avaladas bajo los estudios aplicados por el Atlas de Riesgos Naturales de Zapopan para el año 2006, y ratificadas por el Servicio Geológico Mexicano.

El surgimiento de nuevas grietas es una evidencia más actual, las fotos 12 muestran la relevancia del crecimiento de este fenómeno, las nuevas grietas registradas se ubican en parte de la actual presa San José y se extienden hacia los sembradíos contiguos en dirección NNO:SSE, se registró como profundidad máxima 2.5 metros, es alarmante la actividad agrícola que aún se presenta como la parte expuesta a un repentino colapso.



Fotografía 15: Grietas registradas en julio de 2017, A) segmento de grieta invadiendo campo de cultivo B) segmento de grieta ubicada en la Presa San José (Captura propia, julio de 2017).



Fotografía 16: Grieta registrada en Julio del 2017, con una profundidad máxima de 2.5 metros (Captura propia, julio de 2017).

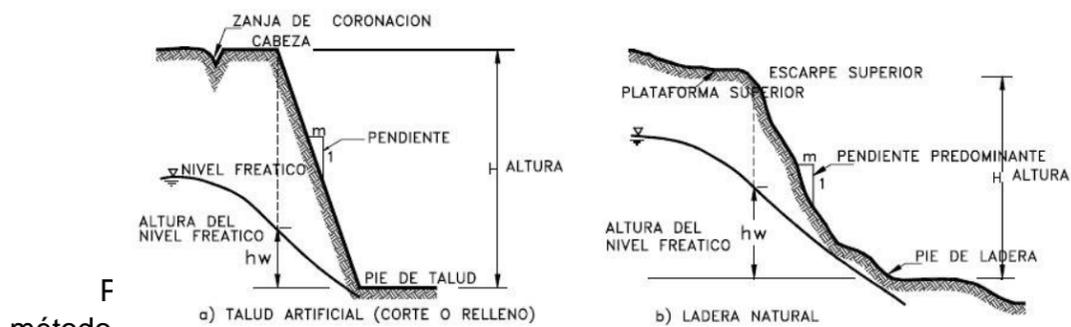
3.5 Susceptibilidad por deslizamientos.

Los deslizamientos son uno de los procesos geomorfológicos más destructivos que inciden en la organización del medio humano, particularmente de aquéllos que se localizan próximos a vertientes de zonas montañosas. Estos procesos pueden ser geológico-geomorfológicos o antrópicos, reúnen ciertas características producto de la interacción de cuatro factores importantes: topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas (Suárez, 1998).

El movimiento de una o varias masas puede ser progresivo, es decir, la energía potencial contenida no necesariamente puede transformarse en energía cinética de forma simultánea a lo largo de la superficie de falla, en donde es preciso señalar que la ocurrencia de una falla obedece a una gran cantidad de factores (Ídem):

- Condiciones originales de la vertiente (susceptibilidad a la acción de factores detonantes), en donde destacan variables como la pendiente del terreno, material geológico y estratigráfico, vegetación, etc.
- Factores de deterioro (modificación lenta de las condiciones iniciales), en este punto comienza a presentarse una disminución en la resistencia al corte de los materiales. Ejemplos son, el fallamiento progresivo por fisuramiento, deformación, inclinación de la vertiente, desmoronamiento por desecación, reducción de la cohesión de los materiales, lavado y remoción de cementantes y erosión interna.

- Factores detonantes (activación del movimiento), como resultado del incremento paulatino de los esfuerzos de corte que aumentan a lo largo de la superficie de falla hasta que ocurre el movimiento que se traduce en energía cinética.



omado de: Suárez, 1998.

F
método

en cuyo caso se empleó la clasificación propuesta por Demek (1972) modificada (figura 45), unidades geomorfológicas y densidad de morfoalineamientos por unidad de superficie. Cabe destacar que el modelo fue trabajado con una resolución espacial del píxel de 5m (ver Figura 47).

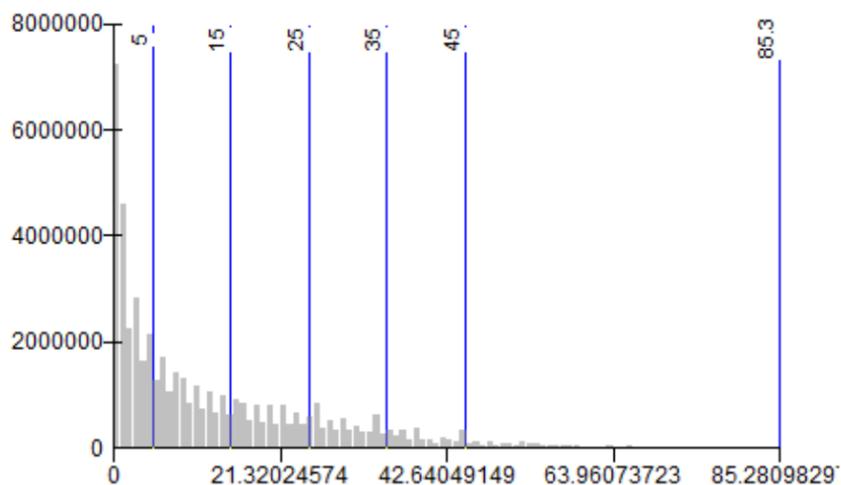


Figura 47: Clasificación de los valores de pendiente del terreno empleando la clasificación de Demek de 1972.

| Variable | Clase | Rango (Grados) | Valor | Peso |
|-------------------------------|-------|-----------------------------|-------|------|
| Pendiente | 1 | 0° - 15° | 0 | 0.5 |
| | 2 | 15.01° - 25° | 1 | |
| | 3 | 25.01° - 35° | 2 | |
| | 4 | 35.01° - 45° | 4 | |
| | 5 | > 45° | 5 | |
| Variable | Clase | Rango (Unidad del relieve) | Valor | Peso |
| Geomorfología | 1 | Planicies | 0 | 0.2 |
| | 2 | Mesas | 0 | |
| | 3 | Depresiones | 1 | |
| | 4 | Pie de monte | 2 | |
| | 5 | Lomerios | 2 | |
| | 6 | Domos | 3 | |
| | 7 | Serranias | 4 | |
| | 8 | Sierras | 4 | |
| | 9 | Cañones | 5 | |
| Variable | Clase | Rango (Ml/km ²) | Valor | Peso |
| Densidad de morfolineamientos | 1 | 0 - 0.5 | 0 | 0.3 |
| | 2 | 0.51 - 1.5 | 1 | |
| | 3 | 1.51 - 2.5 | 2 | |
| | 4 | 2.51 - 3.5 | 3 | |
| | 5 | 3.51 - 5.5 | 4 | |
| | 6 | > 5.5 | 5 | |

Cuadro 26: Tabla de valores y pesos asignados a cada variable para la generación del modelo de susceptibilidad por deslizamiento. Estas variables fueron seleccionadas debido a que agrupan muchos de los procesos ambientales que constituyen las condiciones originales del sistema.

A continuación, se muestra la expresión algebraica empleada para la construcción del modelo de susceptibilidad por deslizamientos.

$$S_{des} = "S" * 0.5 + "Md" * 0.3 + "Gc" * 0.2 / 3$$

S_{des} = Susceptibilidad a los deslizamientos

S = Pendiente del terreno expresada en grados de inclinación con respecto a un plano horizontal

Md = Densidad de morfoalineamientos expresado originalmente en número de lineamientos por unidad de superficie

Gc = Unidades del relieve.

Los resultados obtenidos muestran que las zonas de mayor peligrosidad son áreas en donde la inclinación del terreno es mayor a 25 grados, por lo que destacan unidades como la Sierra La Primavera, el Cañón Grande de Santiago, Sierra El Tepopote, y en donde es posible observar procesos de deterioro de las rocas expuestas y por lo tanto caída de granos (a), caída de rocas (b), lavados superficiales en algunas áreas desprovistas de vegetación y que tiene una relación significativa con el modelo de erosión potencial dispuesto en el apartado de caracterización (c) (ver Figura 48).



Figura 48: Procesos de deterioro de las masas rocosas. Tomado de: Nicholson y Hencher, 1997 citado en Suárez, 1998.

Así mismo, en algunas áreas cercanas al Cañón se han documentado casos de caída de bloques debidos a la gravedad, el deterioro en la estructura del talud artificial o bien del escarpe natural, y su interacción con los agentes del medio natural que pueden desencadenar su inestabilidad y el desprendimiento de estas masas rocosas tal como se muestra en la figura 49.

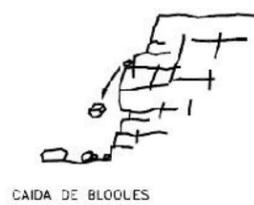


Figura 49: Caída de bloques de diferente morfología. Tomado de: Nicholson y Hencher, 1997 citado en Suárez, 1998.

En la figura 50 se identifican las áreas susceptibles a los deslizamientos.

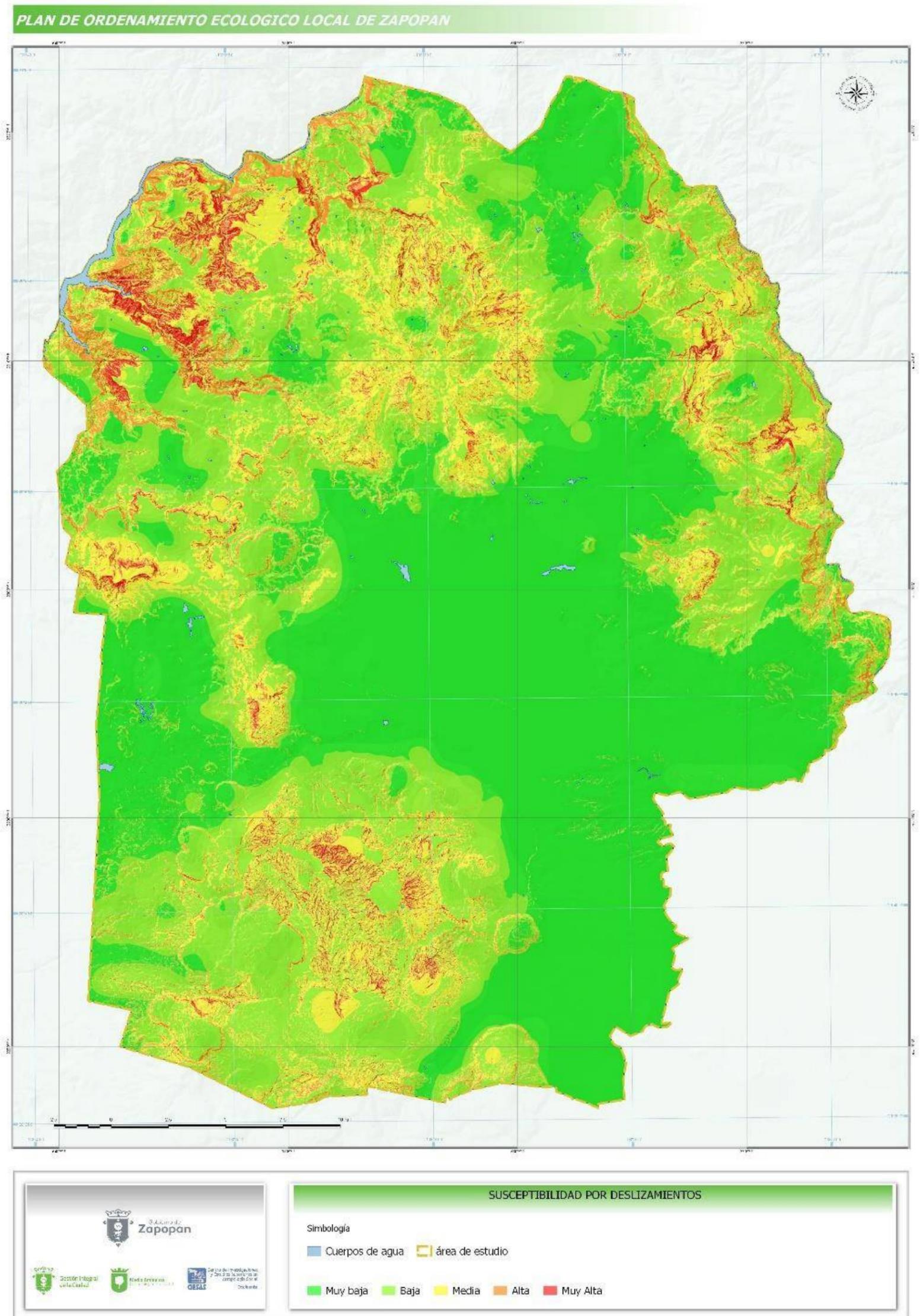


Figura 50: Probabilidad de deslizamientos en el municipio de Zapopan. Nociones tomadas de Suárez, 1998.

Consideraciones Conclusivas.

1. Los hechos reunidos en este capítulo muestran un proceso intenso de transformación del sistema natural, lo cual resulta importante debido a que el ritmo con el que se desarrollan estos cambios, su duración espacio-temporal y su origen, afectan directamente el mantenimiento del equilibrio dinámico de dicho sistema. Situación que promueve la emergencia de procesos de auto-organización del sistema natural que pueden contribuir a la persistencia del peligro.
2. Se identifican claramente cuatro regiones en las que las variables empleadas para dicho estudio mantienen cierta persistencia y correlación, lo cual no es una casualidad, debido a que estas regiones mantienen una dinámica particular que se expresa como un potencial peligro para los asentamientos urbanos y rurales que en ellas se construyeron y continúan considerándose para su urbanización:
 - Región I. Depresión del Bajío
 - Región II. Escarpe erosivo-fluvial Colomos
 - Región III. Sierra de San Esteban
 - Región IV. Planicie de Tesistán.

4. FENÓMENOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS

Este tipo de fenómenos son de carácter antrópico, derivados de actividades económicas cuya planeación deficiente, o carencia de la misma, puede ser catalizador para un evento que derive en un percance o pérdida humana y/o de infraestructura.

Para su mitigación es muy importante la prevención, primordialmente a través de medidas

Para su mitigación es muy importante la prevención, primordialmente a través de medidas de seguridad por parte de las empresas que manejan y transportan sustancias tóxicas, explosivas, flamables o en términos amplios “peligrosas”; así como un conocimiento de las proximidades, rutas de transporte y cuantificación de la población potencialmente expuesta dada su cercanía espacial a este tipo de industrias y empresas.

De acuerdo a la clasificación de CENAPRED y a la presencia de fenómenos de esta índole en el territorio municipal, se consideraron los siguientes:

4.1 Gaseras y gasolineras.

Debido a su gran volatilidad, es muy importante considerar tanto las estaciones de distribución de gas LP, como las estaciones de distribución de gasolina; especialmente estas últimas, al presentarse un gran número de ellas dentro de las zonas urbanas y periurbanas. Se tiene un potencial peligro de derrame o fuga de estas sustancias, en muchas ocasiones rodeado de zonas habitacionales de alta densidad o centros de concentración masiva de personas.

Con el objeto de mitigar un evento peligroso de tales condiciones, se estableció el “REGLAMENTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE GASOLINERAS Y ESTACIONES DE SERVICIO EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO”. El cual tuvo su última actualización en la Gaceta Municipal Vol. XXII No. 80 (9 de diciembre de 2016). Éste, entre otras facultades, regula en su artículo 9º las distancias de resguardo que debe observar cada una de estas plantas o puntos de distribución:

En cualquiera de los diferentes tipos de ubicación señalados en el artículo anterior se deberán respetar los siguientes lineamientos:

- I. El predio debe ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 250 doscientos cincuenta metros lineales en cualquier dirección de centros de concentración masiva, tales como escuelas, hospitales, mercados, cines, teatros, estadios, auditorios e iglesias. Esta distancia se medirá de los muros de los edificios indicados a las

- bombas o tanques de almacenamiento de combustible;
- II. El predio debe ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 100 metros con respecto a una planta de almacenamiento de gas LP. (NOM-X-1993);
 - III. El predio debe ubicarse a una distancia mínima de resguardo de 30 metros con respecto a líneas de alta tensión, vías férreas y ductos que transportan productos derivados del petróleo. (NOM-X-1993).

Este tipo de elementos poseen un gran dinamismo y hasta cierto punto son relativamente efímeros, es decir, alguna gasolinera o gasera que existía hace unos meses puede haber sido clausurada o haber cesado operaciones, mientras que a la par con el rápido crecimiento urbano del AMG, otras estaciones de distribución de este tipo se están abriendo continuamente. Por ello, se buscó una fuente oficial que fuera reciente y que presentara cierto nivel de confianza; el DENUE 2017 se consideró la mejor opción, por lo que se procedió a extraer de su listado de Unidades Económicas (UE), aquéllas que pertenecieran a estos giros. Ver Figura 51.

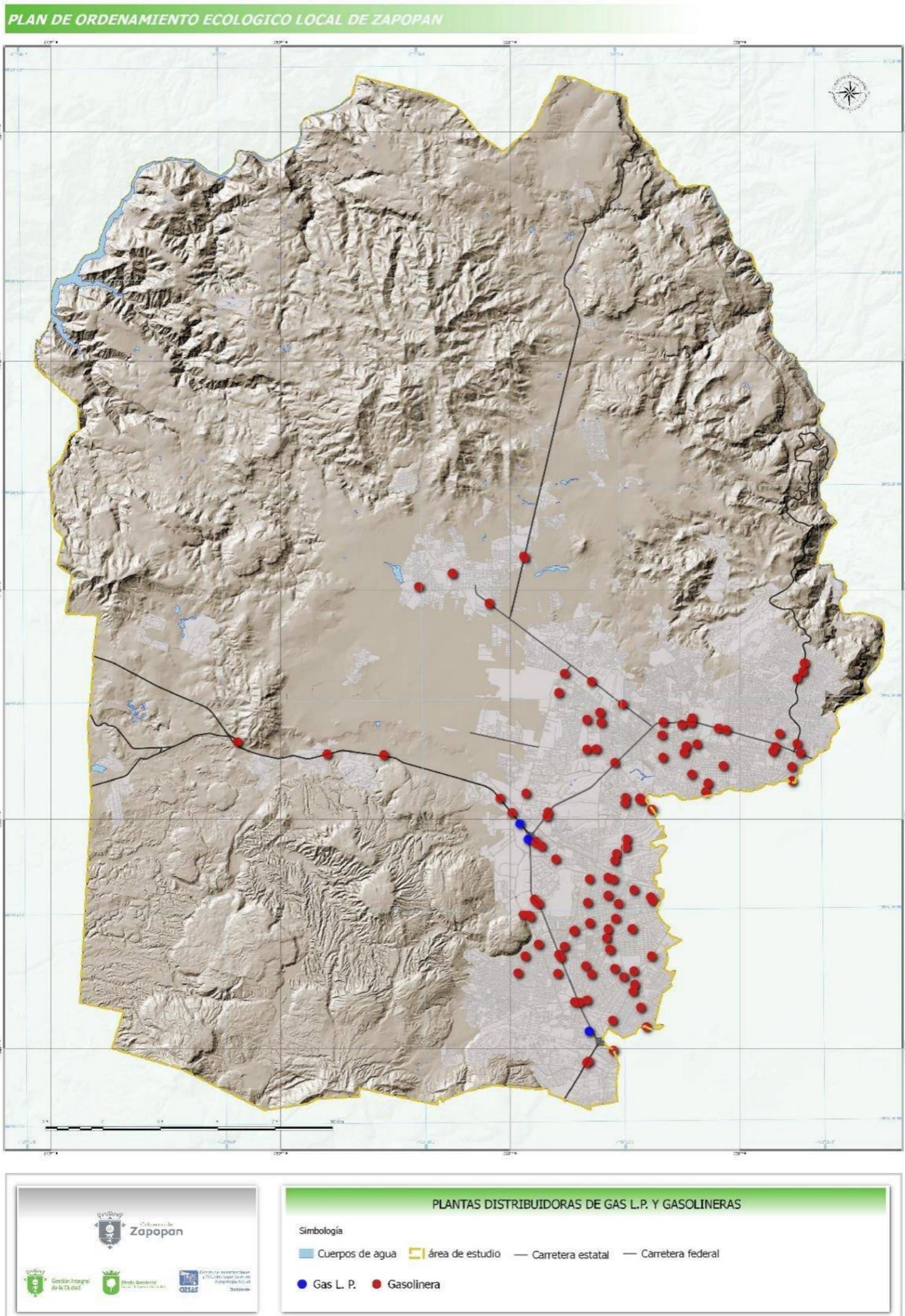


Figura 51: Plantas distribuidoras de gas LP y gasolineras.

Se contabilizaron un total de 118 UE, de las cuales 3 son distribuidoras de gas LP y las 115 restantes son distribuidoras de gasolina y diesel, denotándose así el uso generalizado de este último tipo de combustible entre la población en general de las zonas urbanas.

En la figura 52 se observan los 3 perímetros de resguardo que contempla el artículo 9º del Reglamento referido previamente. A partir del polígono de resguardo de 250 m aludido en el párrafo I de dicho artículo, correspondiente a los centros de concentración masiva de población, se cuantificó el número de personas que habitan dentro del área de resguardo, mismas que se encuentran expuestas a los riesgos que genera este tipo de comercios. De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, la población expuesta es de 198,819 habitantes. A nivel específico, las 10 estaciones con más personas expuestas se enlistan en el cuadro 27.

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

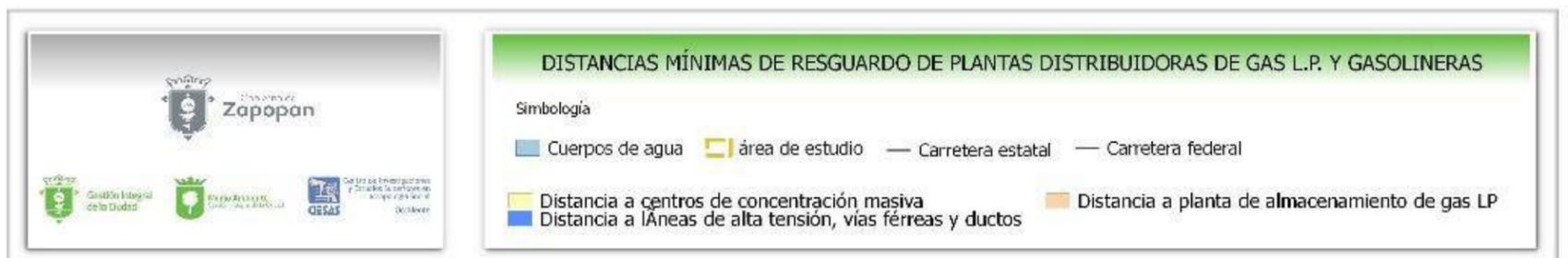
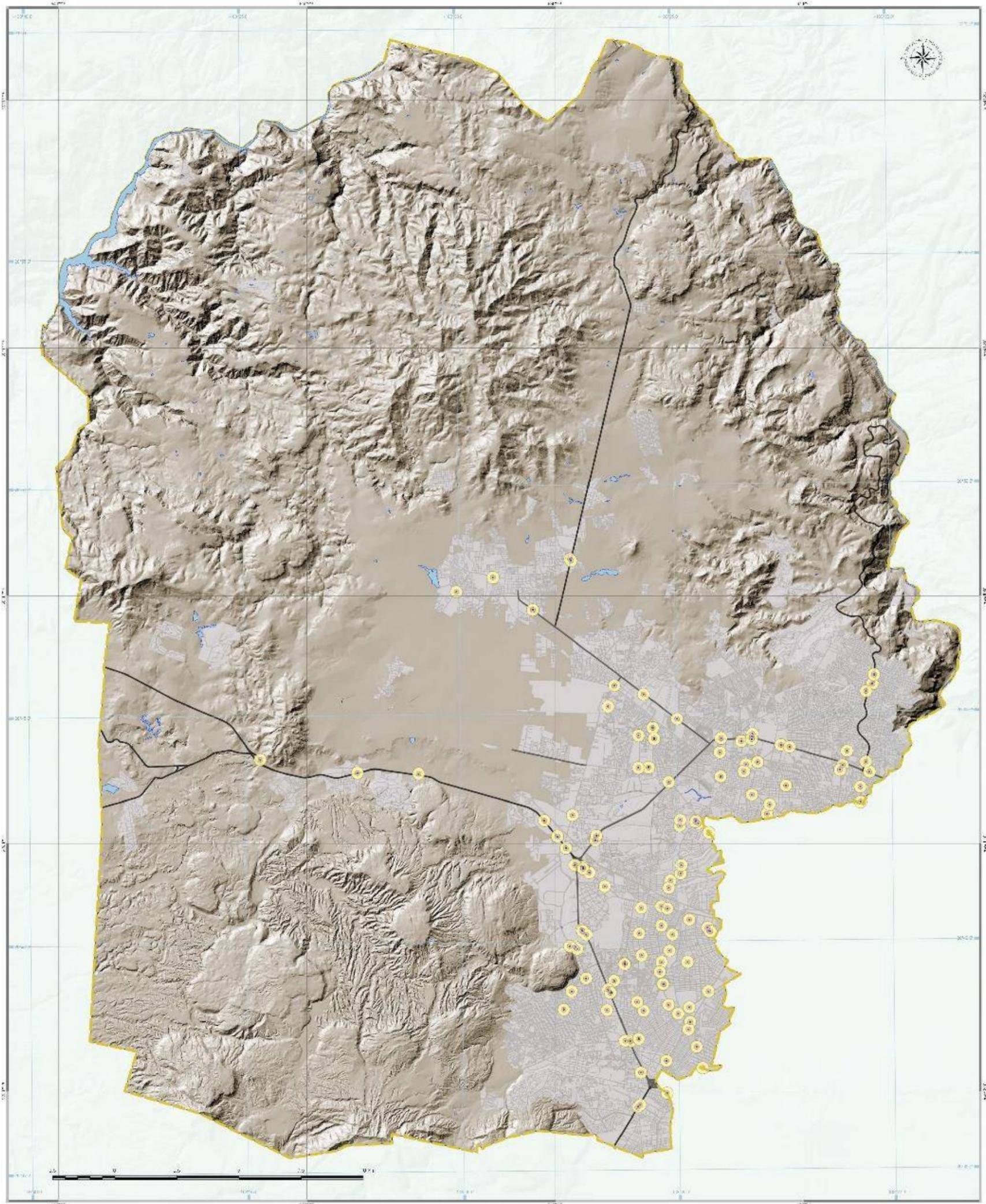


Figura 52: Distancias mínimas de resguardo de plantas distribuidoras de gas LP y gasolineras.

| ORDEN | RAZÓN SOCIAL | DOMICILIO | COLONIA | PERSONAL OCUPADO | FECHA DE ALTA | PERSONAS EXPUESTAS |
|-------|---|------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | OPERADORA KINZA, S.A. DE C.V. | MOCTEZUMA #6515 | HACIENDAS DEL TEPEYAC | 6 A 10 PERSONAS | DICIEMBRE DE 2014 | 6,148 |
| 2 | GRUPO GASOLINERO SAMARA, S.A. DE C.V. | GUADALUPE #3439 | MIRAMAR | 11 A 30 PERSONAS | DICIEMBRE DE 2014 | 5,718 |
| 3 | GASOLINERA 4728 | AV. TESIÁN #519 | SAN FRANCISCO | 31 A 50 PERSONAS | JULIO DE 2010 | 5,331 |
| 4 | GASOLINA Y SERVICIOS QUINTA FEDERALISMO, S.A. DE C.V. | FEDERALISMO NTE. #1710 | RINCONADAS DEL AUDITORIO | 11 A 30 PERSONAS | JULIO DE 2010 | 5,249 |
| 5 | SERVICIO LOS DELFINES S.A. DE C.V. | ACUEDUCTO #1555 | LOS GIRASOLES | 31 A 50 PERSONAS | JULIO DE 2013 | 4,561 |
| 6 | TOURN S.A. DE C.V. | MARIANO OTERO #5782 | PASEOS DEL SOL | 11 A 30 PERSONAS | JULIO DE 2010 | 4,489 |
| 7 | ECOESTACION DE COMBUSTIBLES S.A. DE C.V. | STA. MARGARITA #3716 | RESIDENCIAL PONIENTE | 11 A 30 PERSONAS | OCTUBRE DE 2016 | 4,475 |
| 8 | ABC FUEL SERVICES, S. DE R.L. DE C.V. | ACUEDUCTO #1996 | JARDINES DEL VALLE | 6 A 10 PERSONAS | DICIEMBRE DE 2014 | 4,316 |
| 9 | GASOLINERA | ACUEDUCTO #1996 | JARDINES DEL VALLE | 0 A 5 PERSONAS | ENERO DE 2016 | 4,316 |
| 10 | SERVICIO PERCO GAS | PERIFÉRICO #11050 | COLLI POBLADO | 11 A 30 PERSONAS | JULIO DE 2010 | 4,245 |

Cuadro 27: Plantas distribuidoras de gas LP y gasolineras con más habitantes expuestos de acuerdo a su ubicación.

Se presenta, como es lógico suponer, un patrón de concentración de estos elementos a través de las vialidades de mayor jerarquía; éstas, sin embargo, pueden presentar un riesgo mayor al concentrarse sobre ellas, además de su cercanía a centros de población altamente densificados, flujo vehicular y peatonal de consideración, por lo que es indispensable observar los lineamientos planteados por el Reglamento mencionado líneas arriba, con el fin de prevenir algún percance por fuga o explosión de hidrocarburos y sus productos derivados.

Tres de las estaciones de distribución que concentran una mayor cantidad de habitantes en el interior de sus polígonos de resguardo se encuentran en las inmediaciones de Periférico Surponiente, y haciendo la escala algo más chica se puede considerar como parte de este cúmulo a la estación número 2, que se localiza al sur del Cerro del Colli, convirtiendo a esta zona suroeste, en un área prioritaria. Por su parte, en la zona noroeste de la mancha urbana, nótese la misma dirección para las gasolineras 8 y 9 en la lista; a pesar de ser dos UE distintas, se localizan en el mismo lugar. No obstante, esta concordancia espacial, que también logra que la misma población se encuentre expuesta a dos gasolineras, cabe señalar que es indispensable no duplicar los datos de personas expuestas, con el fin de evitar que este dato muestre tal duplicidad al contabilizar dos o más veces a la misma población. Es así que a pesar del traslape de los polígonos de resguardo en estaciones aledañas, se unificó un solo polígono para la cuantificación general, impidiendo de esta forma sesgar la información.

De manera general, se puede establecer una distribución de estas diez estaciones de forma más o menos polarizada, con 6 de ellas en la parte norte de la conurbación y 4 en la parte sur; es por tanto en estas zonas donde la densidad de

población es más alta y donde pudiera sugerirse una política de restricción para la implementación de este tipo de entidades.

4.2 Empresas e Industrias contaminantes.

Aunque en algún lugar específico no se haya registrado ningún evento peligroso que genere un percance en la población, infraestructura o medio ambiente, cuando una empresa, comercio o industria trata con sustancias potencialmente tóxicas o nocivas, susceptibles a generar fugas, derrames, explosiones o envenenamiento, es indispensable generar al menos un inventario cualitativo georreferenciado de tales UE.

Para este apartado también se consideró como una fuente oficial y actualizada al DENU 2017, se extrajeron los giros que por su actividad, podrían considerarse potencialmente peligrosos, el resultado se muestra en la figura 53.

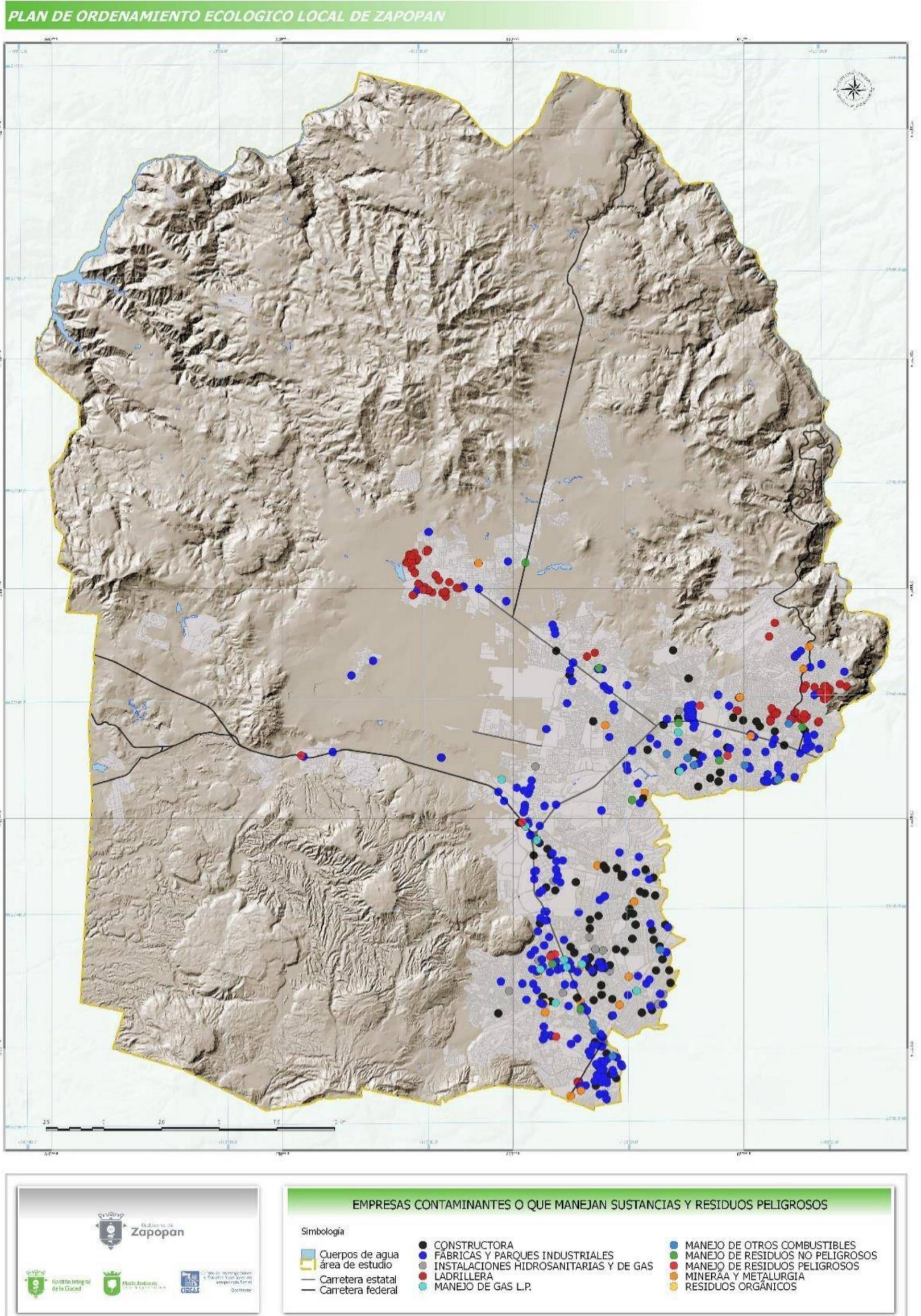


Figura 53: Empresas e industrias que manejan sustancias contaminantes.

A pesar de su heterogeneidad espacial, en algunos giros se pueden apreciar clústers o cúmulos, tal es el caso de las ladrilleras, ubicadas primordialmente en la localidad de Tesistán y en las colonias localizadas entre Prolongación Federalismo Norte y el Río Patria, al norte de la mancha urbana, es decir, se observa además de una aglomeración geográfica un patrón de localización eminentemente periurbano. Y, aunque la categoría de fábricas y parques industriales se encuentra diseminada por prácticamente toda la parte conurbada del municipio, cabe resaltar los corredores industriales de Camino a Tesistán y Periférico Poniente, especialmente las inmediaciones de esta última vialidad con Av. Vallarta.

En el cuadro 28 se hace la contabilización de este tipo de unidades de acuerdo a su giro, dicha presencia coincide con los datos del DENUE 2017 y fue corroborada mediante una fotointerpretación de imágenes Google Earth de alta resolución.

| GIRO | NÚMERO DE UE |
|--|--------------|
| CONSTRUCTORA | 100 |
| FÁBRICAS Y PARQUES INDUSTRIALES | 264 |
| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y DE GAS | 16 |
| LADRILLERA | 94 |
| MANEJO DE GAS L.P. | 11 |
| MANEJO DE OTROS COMBUSTIBLES | 10 |
| MANEJO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS | 8 |
| MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS | 7 |
| MINERÍA Y METALURGIA | 17 |
| RESIDUOS ORGÁNICOS | 2 |

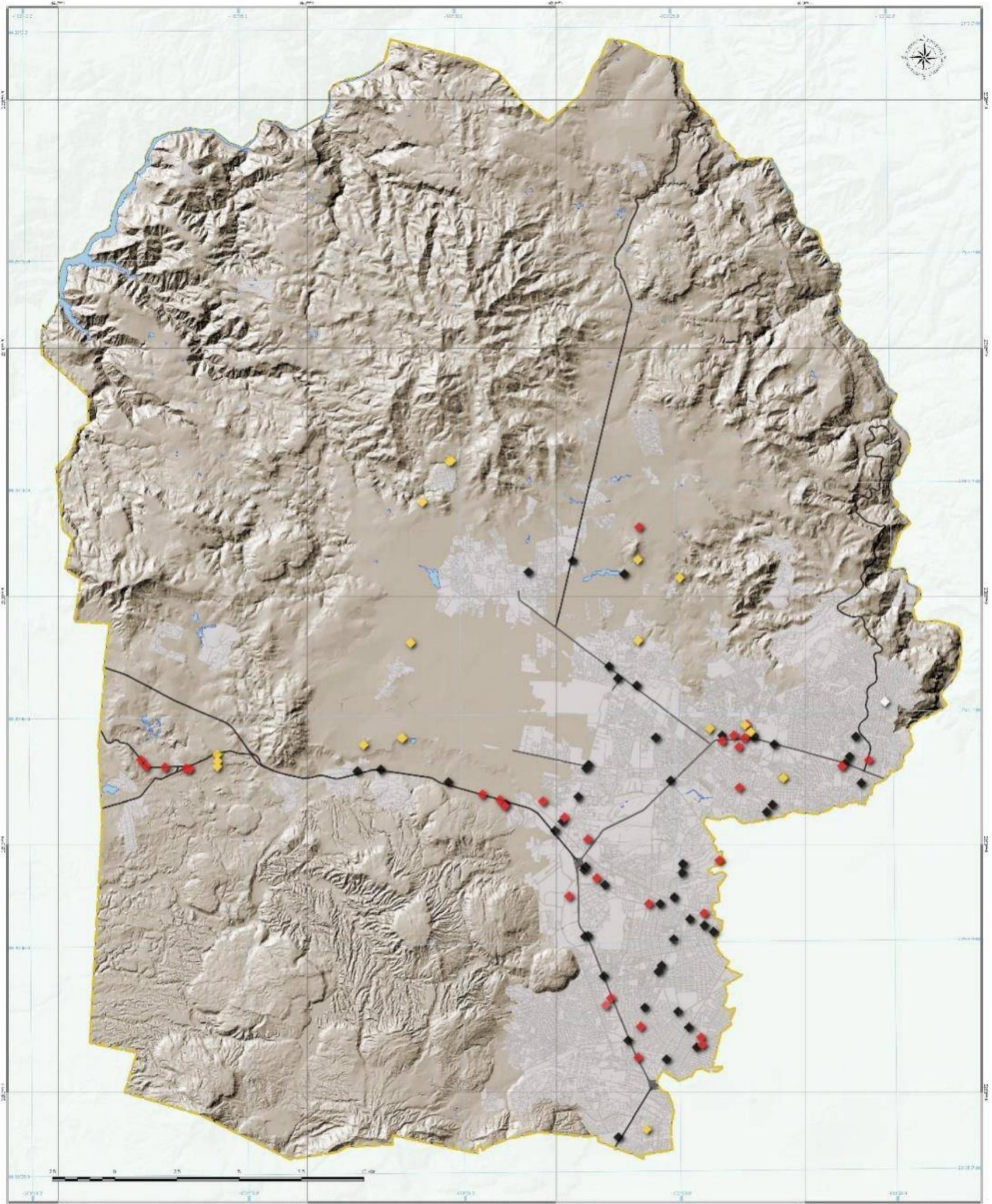
Cuadro 28: Número de unidades económicas por tipo de giro dentro del rubro de empresas que manejan sustancias contaminantes.

4.3 Eventos Peligrosos Químico-Tecnológicos.

En este apartado se engloban todos aquellos eventos relacionados con un percance derivado de las actividades industriales, comerciales y de servicio, que involucran la producción, almacenamiento y transporte de sustancias y materiales peligrosos. Aunque este tema no se ha tratado con una rigurosidad científica en los

instrumentos de planeación existentes en el estado (exceptuando algunos pocos Atlas de Riesgos a nivel municipal), es un tópico de gran importancia tanto para los agentes gubernamentales como para la población en general, ya que “los accidentes mayores relacionados con el manejo de sustancias y materiales peligrosos, se presentan con poca frecuencia; sin embargo, el costo social, ambiental y económico suele ser elevado” (Arcos, et al, 2007). El presente documento pretende ser un primer nivel de aproximación a este tipo de fenómenos registrados dentro de los confines administrativos del municipio de Zapopan; para tal efecto, se muestran en la figura 54 las incidencias registradas por Protección Civil del Estado durante el periodo 2005-2006, así como eventos de explosiones por fugas de gas registrados en el periodo 2011-2013.

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN



EVENTOS PELIGROSOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS

| Simbología | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Cuerpos de agua área de estudio Carretera estatal Carretera federal | <ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">◆ DERRAME DE MATERIAL TOXICO <li style="width: 50%;">◆ EXPLOSION POR GAS L.P. <li style="width: 50%;">◆ DERRAME DE SOLVENTE <li style="width: 50%;">◆ FUGAS DE MATERIAL TOXICO <li style="width: 50%;">◆ DERRAMES DE HIDROCARBUROS <li style="width: 50%;">◆ INCENDIO INDUSTRIAL <li style="width: 50%;">◆ EXPLOSION POR EXPLOSIVOS |

Figura 54: Eventos peligrosos en materia de fenómenos químicos.

| TIPO DE EVENTO | OCURRENCIA |
|----------------------------|------------|
| DERRAME DE MATERIAL TOXICO | 1 |
| DERRAME DE SOLVENTE | 3 |
| DERRAMES DE HIDROCARBUROS | 50 |
| EXPLOSION POR EXPLOSIVOS | 13 |
| EXPLOSION POR GAS L.P. | 30 |
| FUGAS DE MATERIAL TOXICO | 2 |
| INCENDIO INDUSTRIAL | 1 |

Cuadro 29: Listado de eventos químicos registrados en Zapopan por tipo.

Por su naturaleza y facultades, las dependencias de Protección Civil son las instancias que cuentan con un inventario más completo de estos fenómenos; la limitante, sin embargo, consistió en que la información más actualizada no es de dominio público, por lo que se optó por trabajar con la temporalidad disponible adjuntándola a algunas otras incidencias que se pudieron rescatar en fuentes mediáticas de corte metropolitano. Como se muestra en el cuadro 29, la mitad de los eventos en el universo de datos considerados pertenece al derrame de hidrocarburos, si se suman éstos con las explosiones por gas L. P., conforman un 80 % del total de incidencias registradas, denotando la importancia de la implementación de normativas para estaciones de abastecimiento de combustibles, tal como se mencionó en el subcapítulo de Gaseras y Gasolineras. No obstante, la disparidad de temporalidades, si se comparan los derrames de hidrocarburos con las gasolineras registradas por el DENUE 2017, se observará una cierta concordancia espacial. Los incendios de origen químico (industriales), por otra parte, son poco significativos en el municipio, por ello, como se hablará en el capítulo de fenómenos ecológico-sanitarios, se profundizó el tratamiento de los incendios de corte forestal.

A partir de estos datos y de las metodologías establecidas por Protección Civil de acuerdo al patrón de dispersión de la sustancia liberada; si es fuga (gas), derrame (líquido) o explosión; y a la magnitud del evento (peso o volumen liberado); se elaboraron 3 categorías para las áreas potencialmente afectadas por cada una de las incidencias, con el fin de clasificar en Alto, Medio y Bajo el riesgo al que está expuesta la población que se encuentra en el interior de tales zonas.

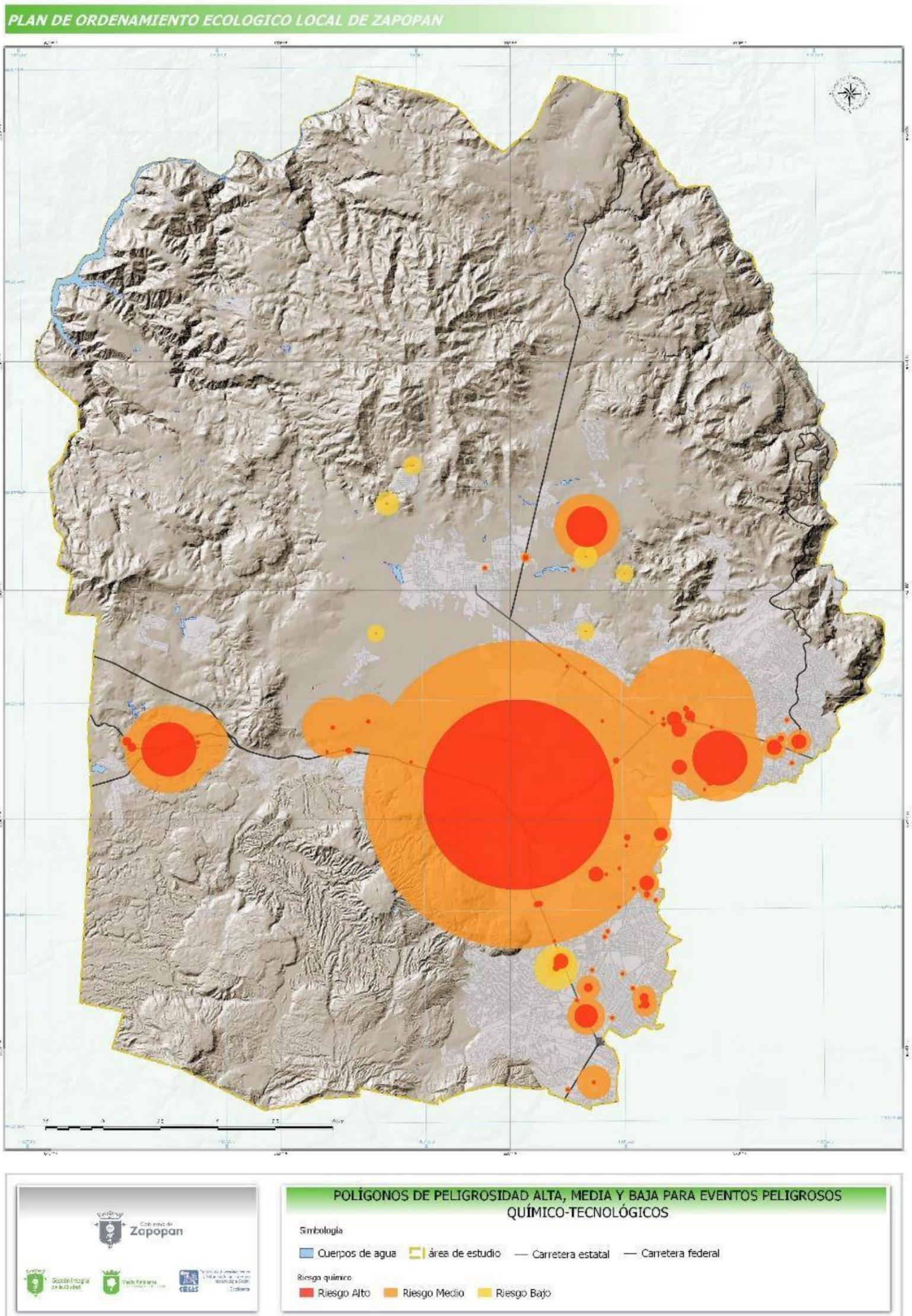


Figura 55: Áreas de riesgo alto, medio y bajo por fenómenos químicos.

| CATEGORÍA | PERSONAS EXPUESTAS |
|--------------|--------------------|
| RIESGO ALTO | 194,526 |
| RIESGO MEDIO | 685,322 |
| RIESGO BAJO | 34,409 |

Cuadro 30: Población expuesta a fenómenos químicos según áreas de riesgo.

De acuerdo a estos modelos, sólo las incidencias por explosiones presentan riesgo bajo, mientras que el riesgo alto y medio está presente en todos los tipos de eventos registrados, de ahí que las personas expuestas al riesgo bajo sean relativamente pocas. En las fugas de gas es donde el área de riesgo es mayor, al tratarse precisamente de sustancias de fácil dispersión atmosférica, como el gas L. P. Hablando de este tipo de fugas, se pueden visualizar en el mapa 28 varios eventos de magnitud considerable, pero aún entre ellos cabe destacar el evento de riesgo de explosión por fuga de gas L. P. de una planta distribución perteneciente a Pemex, acaecido el 7 de septiembre de 2005 en las inmediaciones de Av. Colegio del Aire y Vallarta Eje Poniente, en el cual se contabilizó la fuga de más de 55,650,000 litros y que potencialmente (riesgo alto) afectó un área de más de 8.2 km de diámetro.



Fotografía 17: Planta de almacenamiento y distribución de Pemex donde se registró una fuga masiva potencialmente explosiva en 2005 (Google Earth, 2017).

Para más información sobre los tipos de sustancias y sus respectivas formas de dispersión, refiérase al documento “Riesgos Químicos” Serie Fascículos pp 9-13, de CENAPRED (idem).

Es necesario concientizar a las empresas e industrias que transportan y almacenan sustancias peligrosas en políticas de prevención y normativas de control y manejo de estas sustancias, además de instaurar prácticas de simulacros para la población en general sobre qué hacer en caso de presentarse un evento de esta índole. Asimismo, se debe contar con un inventario actualizado y fidedigno de las incidencias en materia químico-tecnológicas y cuyo contenido y uso no sea de acceso restringido.

De manera general, en el AMG, se da cierta prioridad a eventos de origen natural como los sismos o las inundaciones (con justa razón, dada la frecuencia y/o los estragos que causan en la infraestructura y población en el entorno urbano), omitiendo en muchas ocasiones a fenómenos de este tipo, los cuales por sus características intrínsecas, al intentar mitigar o controlar su manejo, pueden interferir con los intereses políticos o económicos de los grupos en el poder; sin embargo, la falta de un conocimiento exacto sobre las posibles consecuencias de una incidencia de magnitudes considerables, y la carencia de un reglamento reconocido y ampliamente aceptado, exacerban las ocurrencias de estos fenómenos y sus impactos negativos.

4.4 Puntos de Calor.

Aunque para muchas instituciones encargadas del cuidado y protección del medio ambiente (CONABIO, CONAFOR), los puntos de calor sirven como un indicador de los incendios forestales, en realidad, estos elementos cubren un espectro mucho más amplio: “representan fuentes que tienen una emisión suficientemente fuerte de calor para ser detectada por el sensor del satélite. Estas fuentes o puntos de calor pueden provenir de incendios, quemas agrícolas, suelo caliente por el sol, volcanes activos, entre otros” (MARN, 2017). Es decir, cualquier incremento significativo en la temperatura superficial de un área suficientemente extensa para ser captada por el sensor, aparecerá como un punto de calor; lo cual no siempre puede significar la presencia de un incendio forestal. Gracias a esto, se consideró su inclusión como fenómenos químico-tecnológicos, ya que muchos de estos incrementos en la temperatura de la superficie pueden estar ligados a actividades industriales.

Se generó un mapa dasimétrico con unidades de 2 km²a partir de los 1,550 puntos de calor registrados por CONABIO en los límites municipales desde el 1º de enero de 2000 hasta el 27 de mayo de 2017, al ser este intervalo de tiempo el

universo total de observaciones existente en su portal electrónico hasta el momento de la elaboración del presente documento. Ver figura 56.

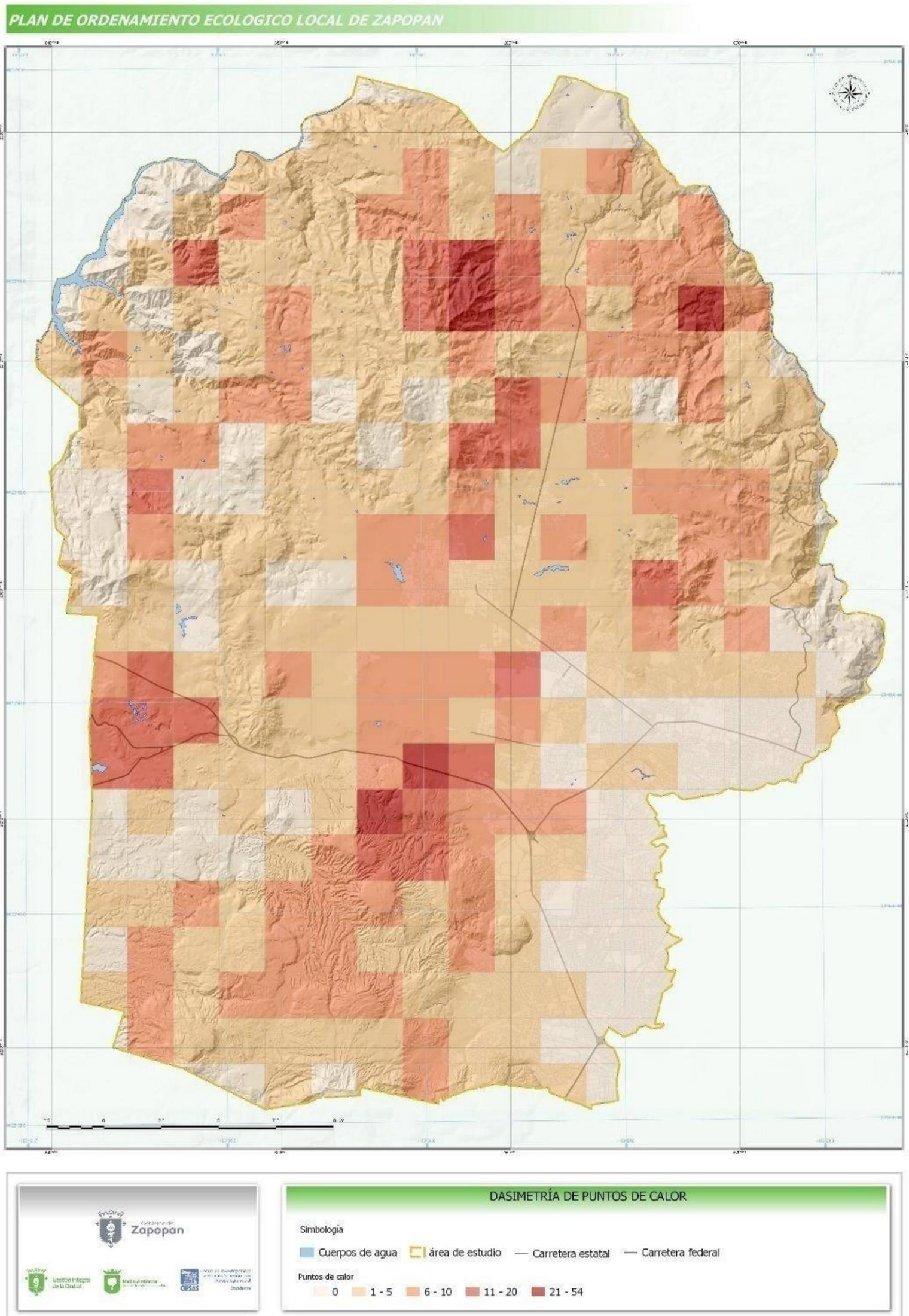


Figura 56: Concentración de puntos de calor por unidad de superficie homogénea (2km²).

Soportando la teoría de que los puntos de calor no tienen relación directa con los incendios forestales, si se cruza la figura 59 con cualquiera de los mapas de las figuras 60 a 65 del apartado siguiente, se podrá observar la poca similitud espacial entre la densidad de los puntos de calor y la presencia de incendios forestales. Se requiere, por tanto, otros argumentos para explicar la presencia de estos fenómenos de naturaleza automatizada; tal vez como zonas de poco albedo, ²que absorben la mayor parte de la radiación solar que reciben, calentando la superficie, (ya que tanto para el cálculo del albedo, como para el registro de puntos de calor se utiliza el sensor MODIS), o como áreas de quema controlada de cultivos, aunque conjuntando este producto con las coberturas de suelo del municipio, tampoco se encontró una correlación demostrativa.

2 Es una propiedad de iluminación del suelo y su atmósfera. El albedo es la cantidad de radiación solar que es devuelta por la atmósfera tras chocar con la superficie terrestre. El albedo se puede alterar derivado de incendios forestales y hasta por plagas ver <https://insidethenature.wordpress.com/2012/12/12/que-es-el-efecto-albedo-3/>

5. FENÓMENOS ECOLÓGICO-SANITARIOS.

En esta categoría se agrupan las incidencias que afectan de manera negativa al equilibrio ecológico y a los elementos del medio natural, busca explicar cómo el desbalance en los factores bióticos impacta en la población, economía y medio ambiente. De manera similar a los fenómenos presentados en el capítulo previo, los ecológico-sanitarios han sido tratados, en el mejor de los casos, de manera superficial y descriptiva, o completamente omitidos en algunas instancias, dentro de las investigaciones concernientes a riesgos, ordenamientos, o instrumentos de planeación urbana en general dentro del contexto estatal. Fenómenos como la contaminación del agua, aire y suelo, así como las epidemias y plagas, forman parte de esta categoría; entender las causas que las ocasionan y mitigar sus impactos es de vital importancia para la interacción armónica del hombre con su entorno y para elevar la calidad de vida de los pobladores. Sin embargo, información minuciosa sobre estos temas es resguardada celosamente por organismos con intereses particulares, por tanto, lo que llega a salir a la luz pública no refleja la realidad del problema. Lo anterior perpetúa un ciclo en donde debido a la poca importancia que se le otorga a estos fenómenos, la información disponible referente a ellos es muy poca, muy generalizada, y de características no aptas para un análisis espacio-temporal; y gracias a esta pobreza de datos, se le sigue considerando un tema periférico o tangencial en los estudios de riesgos.

A pesar de ello, fue posible inventariar, clasificar y georreferenciar los datos de fuentes oficiales y que por sus características, se consideran como fenómenos ecológico-sanitarios. Enseguida se analizan las incidencias de este tipo que tienen gran pertinencia en el municipio de Zapopan.

5.1 Incendios forestales.

CENAPRED categoriza a los incendios dentro de los fenómenos químico-tecnológicos, aunque este contexto los refiere más bien en el ámbito de incendios de origen industrial debido al transporte, desecho o mal uso de sustancias flamables. Sin embargo, en el presente estudio, se abordó el fenómeno de los incendios desde el punto de vista forestal, esto debido a las características medioambientales del municipio, ya que aún presenta una extensa superficie con cobertura vegetal, y a que son un fenómeno recurrente que afecta la zona de manera significativa, especialmente durante la época de estiaje.

Se tomaron los puntos de incendios inventariados por SEMADET durante el periodo 2008-2017 y los registrados por CONAFOR para el intervalo 2012-2017, al ser éstos los periodos en que se catalogaron los incendios en cada una de las dependencias, previo a tal temporalidad, las incidencias no cuentan con las

características necesarias para poder ser georreferenciadas. Este proceso se llevó a cabo empleando los siguientes pasos a partir de las respectivas bases de datos de Excel proporcionadas por las dependencias:

- Conversión de coordenadas geográficas sexagesimales a decimales
- Proyección de estos registros en un SIG
- Conversión de coordenadas geográficas datum ITRF 92 a UTM datum WGS84 Zona 13 Norte
- Relocalización de los registros cuyas ubicaciones no correspondían con el campo que contuviera el topónimo del predio o lugar afectado, dando énfasis en aquéllas que se encontraban alejadas de la extensión territorial de Zapopan

Para su jerarquización y categorización se consideraron 2 criterios: la superficie afectada por el incendio y la duración del mismo. Con el fin de cartografiar ambas variables, se procedió a realizar los siguientes procesos:

Para la variable duración

- Separar las horas y los minutos del campo que contenía la duración del evento
- Convertir las horas en minutos
- Sumar ambos campos (horas en minutos y minutos)
- Se categorizó en 5 clases de acuerdo a su duración mediante los atributos cuali-cuantitativos de color y tamaño
 1. Incendios de hasta 2 horas
 2. Incendios de 2 a 4 horas
 3. Incendios de 4 a 8 horas
 4. Incendios de 8 a 24 horas
 5. Incendios de más de 24 horas

Para la variable superficie afectada

- Se tomó el valor del campo de superficie afectada, tal valor se encontraba en hectáreas, por lo que para un manejo más idóneo se procedió a convertir el dato a metros cuadrados, multiplicando el valor de cada registro por 10,000
- Una vez contando con el dato en metros, se despejó la variable r mediante la fórmula para calcular el área de un círculo, al considerarse la superficie afectada por el incendio de manera ideal y homogénea a partir del punto coordenado establecido en las bases de datos

Así: $A = \pi r^2$

Despejando: $\sqrt{\frac{A}{\pi}} = r$

-Calculado el radio de afectación de cada evento, se procedió a elaborar un búfer con este dato, teniendo así una superficie homogénea de las áreas afectadas por cada incendio

Las figuras 56 y 57 muestran los resultados de los insumos proporcionados por SEMADET, mientras que las figuras 58 y 59 presentan lo obtenido con la información proporcionada por CONAFOR. No obstante, una relativa similitud de los patrones espaciales entre ellas, se aprecian las discrepancias claramente; por ejemplo, CONAFOR no registra ningún incendio de 24 horas o más de duración. De hecho, el evento más longevo es de 12 horas y 55 minutos, para SEMADET existen 15 acontecimientos que superan el umbral de un día, durando el más largo por encima de 124 horas y media, es decir, casi 5 días con 5 horas. Del mismo modo, la variable de superficie afectada se observa mucho más medida y poblada en los productos de CONAFOR al poseer este dato todos sus registros y no listar entre sus incidencias eventos de tanta magnitud como el aludido previamente; asimismo, en la información de SEMADET sólo se cuenta con este valor en el 29.78 % de los casos.

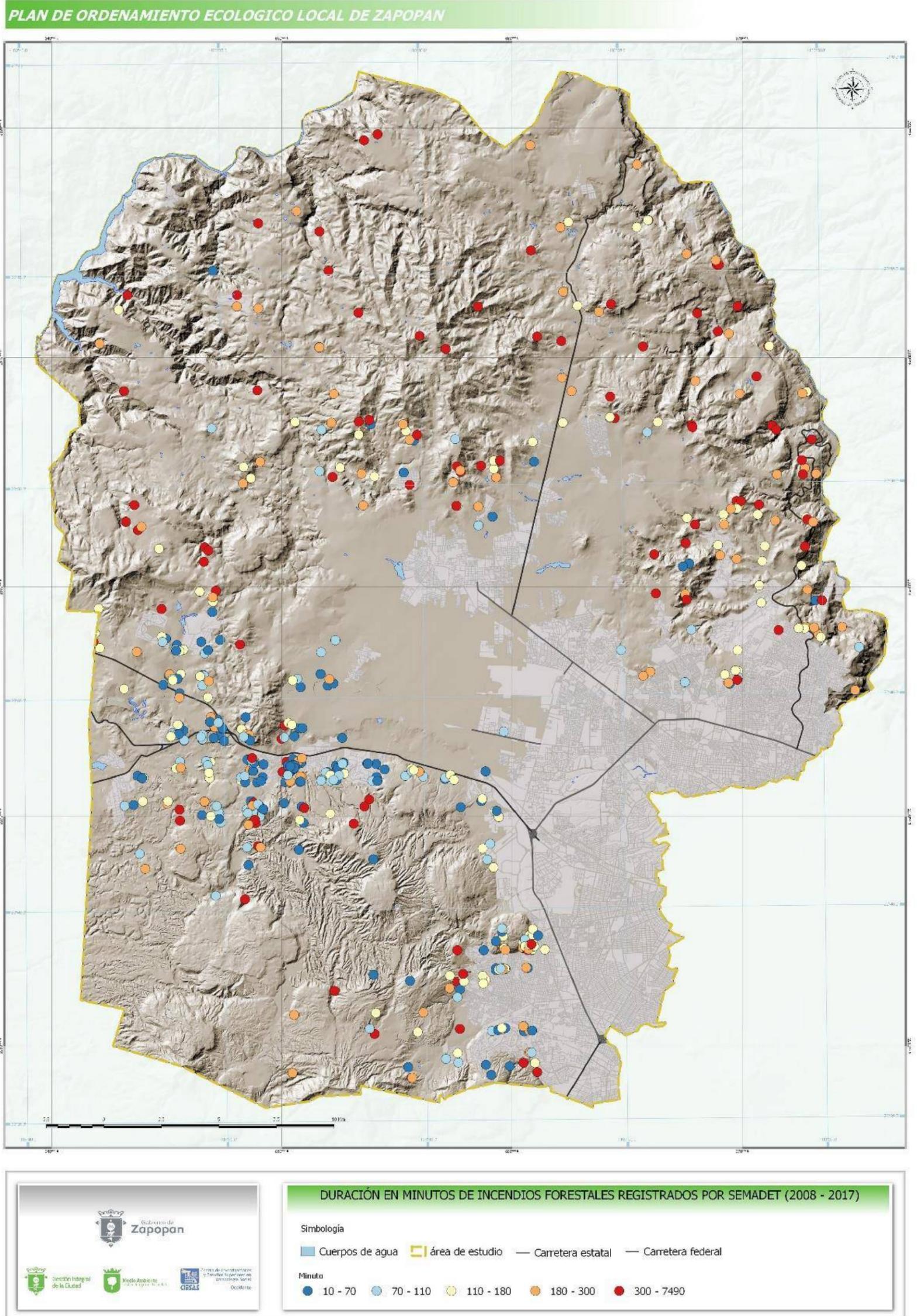


Figura 57: Duración en minutos de incendios forestales registrados por SEMADET (2008-2017).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

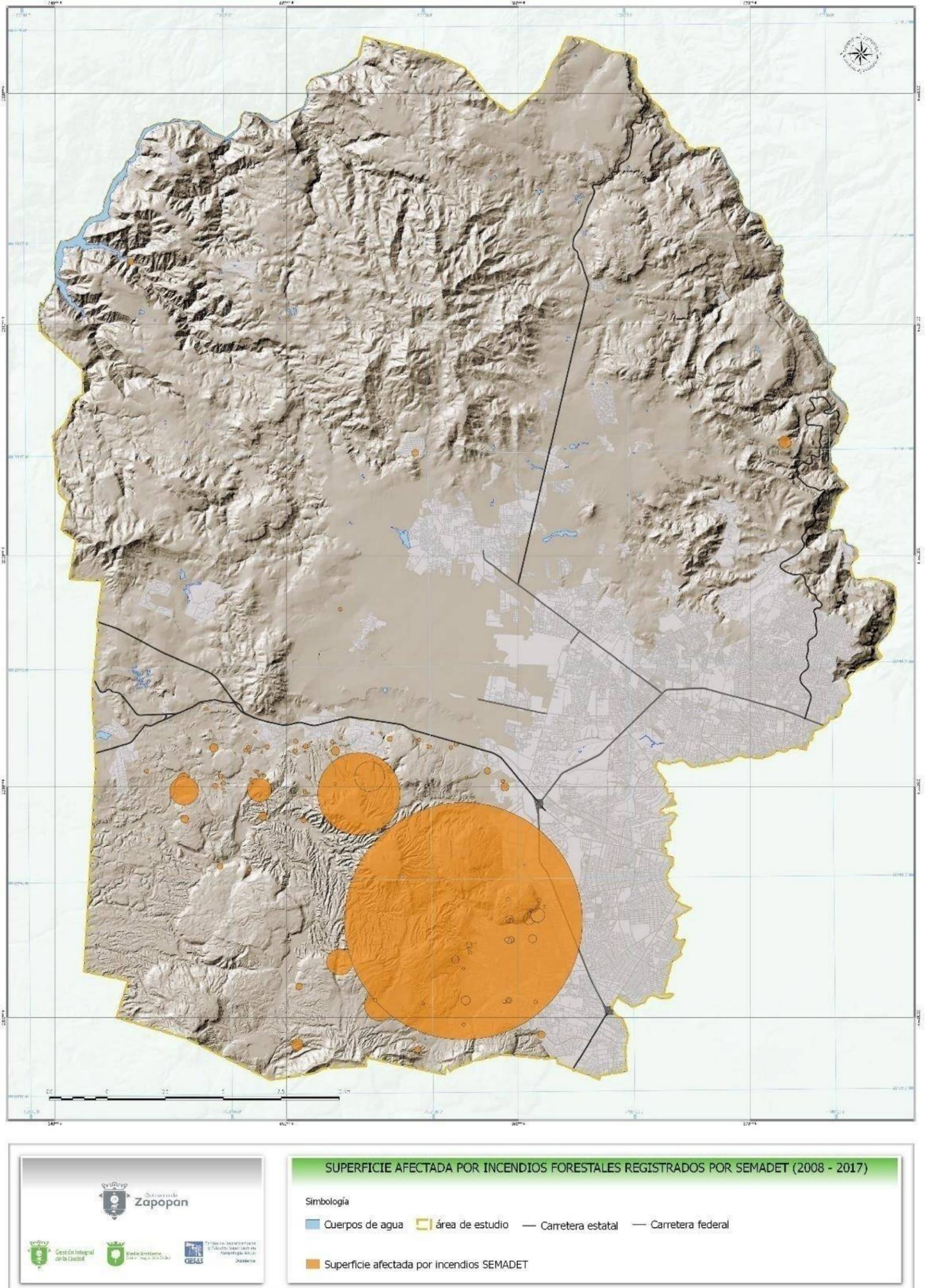


Figura 58: Superficie afectada por incendios forestales registrados por SEMADET (2008-2017).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

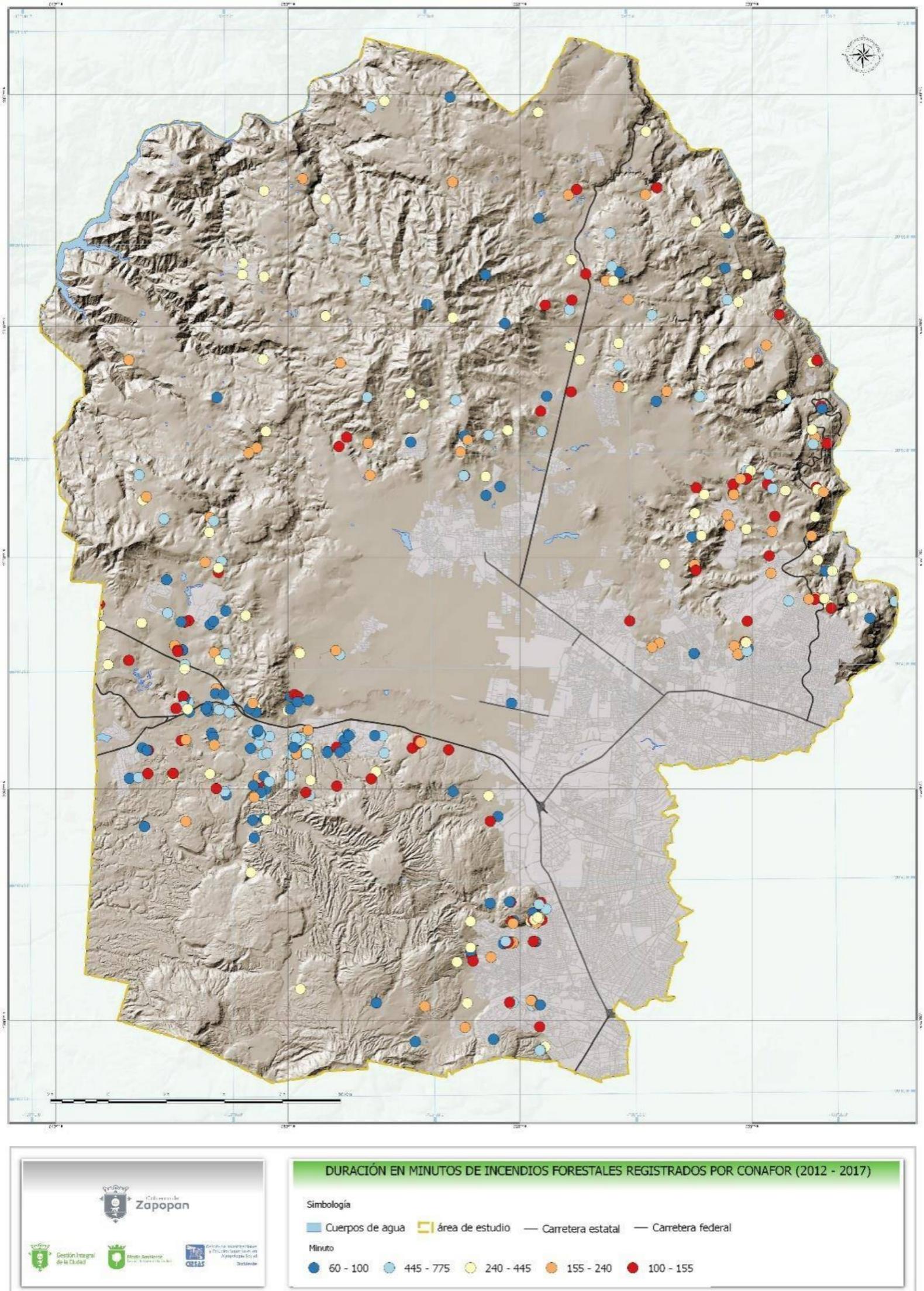


Figura 59: Duración en minutos de incendios forestales registrados por CONAFOR (2012-2017).

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

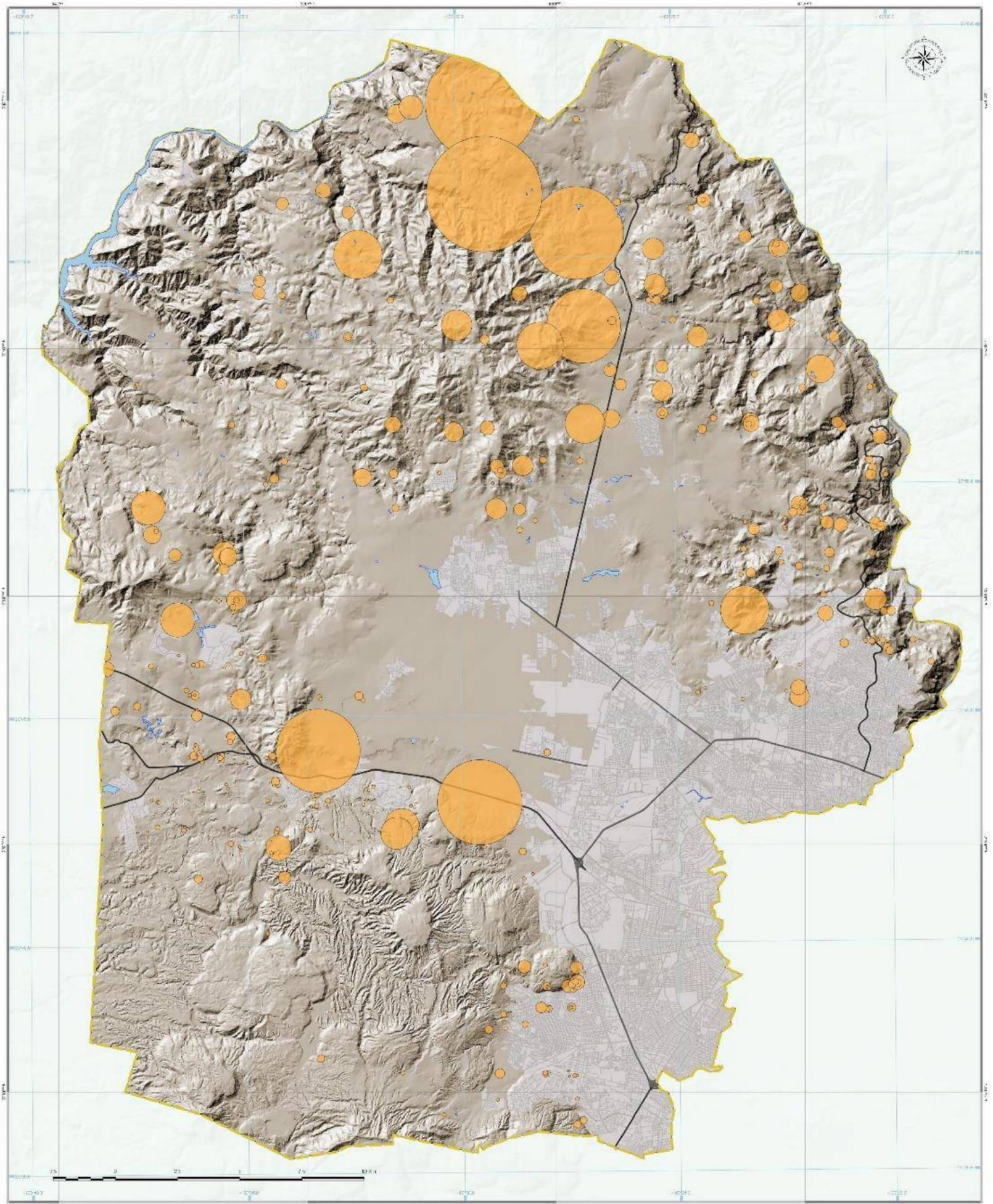


Figura 60: Superficie afectada por incendios forestales registrados por CONAFOR (2012-2017).

Se consideró necesario emplear las dos fuentes de información para un estudio más integral del fenómeno, debido a que ambas dependencias registran y responden ante un evento de este tipo.

Sin embargo, esto presentó otro grupo de inconvenientes al momento de construir un producto homologado de ambas bases de datos, ya que a pesar de que muchos de los incendios sí eran coincidentes, hubo otros que sólo estaban referidos en una de las fuentes; y aún aquéllos que compartían la misma fecha y ubicación (asumiéndose, por ende, que se trataba del mismo evento), no poseían el mismo valor de superficie afectada.

Para realizar tal proceso de homologación fue necesario, pues, seguir ciertos lineamientos. Primeramente se tomó en cuenta la fecha; si se observó una duplicidad en el evento, es decir, cuando la fecha es la misma entre una y otra fuente, se comparó la latitud y longitud capturada por la dependencia; si estos dos datos eran iguales, el siguiente campo a cotejar para decidir cuál de ambos registros utilizar como definitivo fue el de superficie afectada; en este filtro fue donde se optó por emplear como la fuente fidedigna los incendios registrados por CONAFOR para un gran número de casos, ya que la información proporcionada por SEMADET no cuenta con este dato en un buen porcentaje de los eventos. Sin embargo, si aún con esto no se aseveraba cuál de los registros era el de mayor nivel de confianza, se tomó en cuenta aquél que tuviera una mayor duración total, con el fin de dar prioridad a la fuente que registrara el mismo evento con la mayor magnitud. Por último, si todo lo anterior fuera idéntico, se procedió a tomar el registro de SEMADET, al contar éste con un mejor código de referencia para cada incendio, ya que CONAFOR, sólo muestra un consecutivo que se reinicia cada mes. No se asumió nada, fenómenos que por inferencia lógica pudieran considerarse el mismo, simplemente capturados con algunas disimilitudes, como pudieran ser algunos minutos de diferencia en la latitud o longitud, aunque compartieran la misma fecha; o registros con las mismas coordenadas pero separados por un día en la fecha de inicio, no se eliminaron, al no tener un 100 % de certeza de que se tratara del mismo evento.

De tal forma, se obtuvo una capa con 642 registros, de los cuales 279 provienen de SEMADET y 363 corresponden a CONAFOR. Con respecto a su compatibilidad espacial, se observa una concordancia de 386 de 441 para los registros de CONAFOR, mientras que para SEMADET 388 de 591 coinciden.

De las 642 incidencias producto de la unión de ambas fuentes, 528 poseen un valor de superficie de afectación, sólo 11 de los registros posteriores a 2011 no cuentan con tal dato, por lo que el nivel de confianza de la información se incrementa sobremanera a partir del año 2012. Se tiene un promedio de 43.2 hectáreas por incendio durante el periodo de observación (2008-2017); así como una superficie

afectada total de 22,809.75 ha. En lo que respecta a la duración promedio de los incendios durante el periodo considerado, ésta es de 4 horas con 21 minutos.

En las figuras 61 y 62, se presenta el resultado de todo este proceso de homologación entre ambas fuentes.

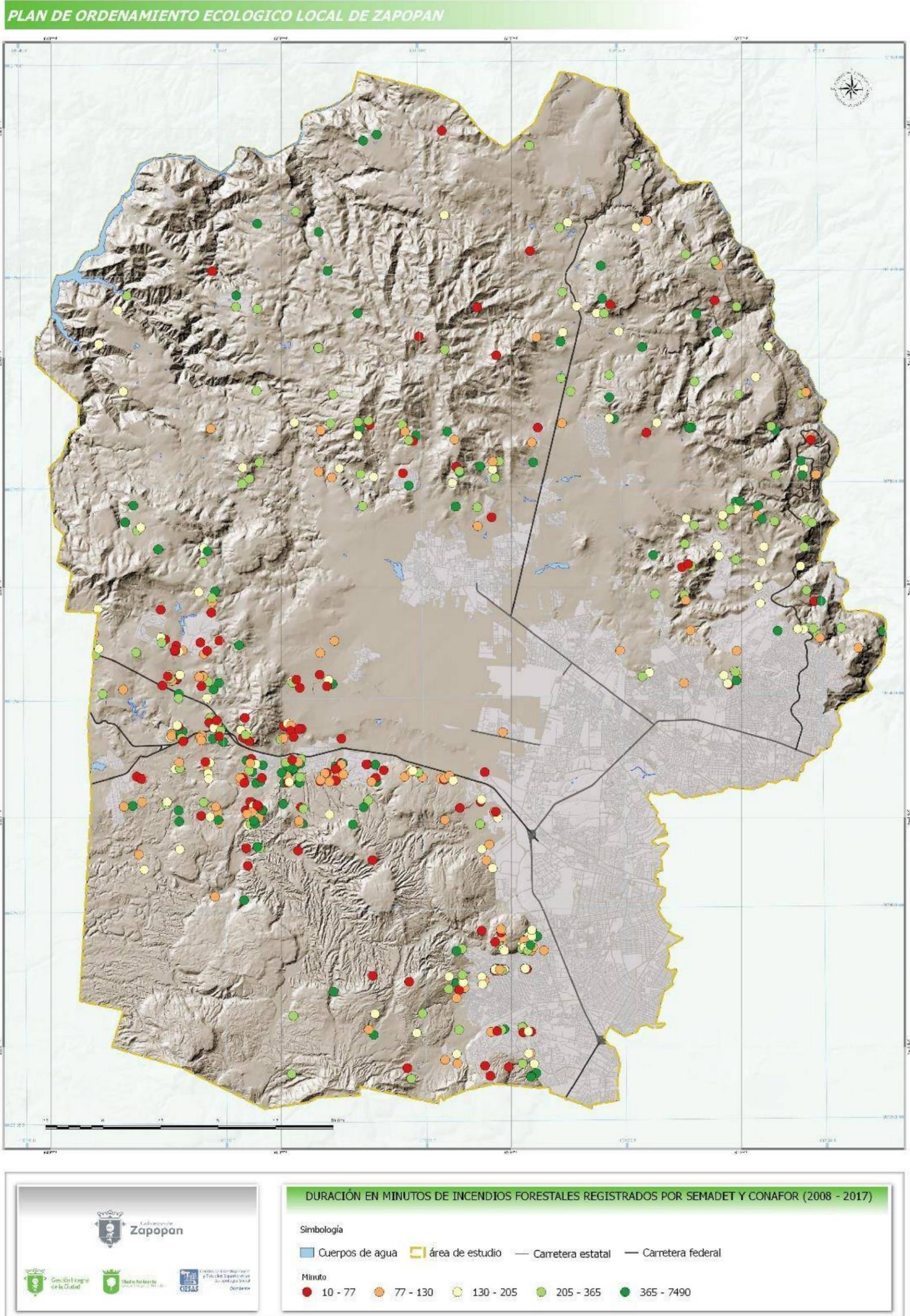


Figura 61: Duración en minutos de incendios forestales registrados por SEMADET y CONAFOR (2008-2017).

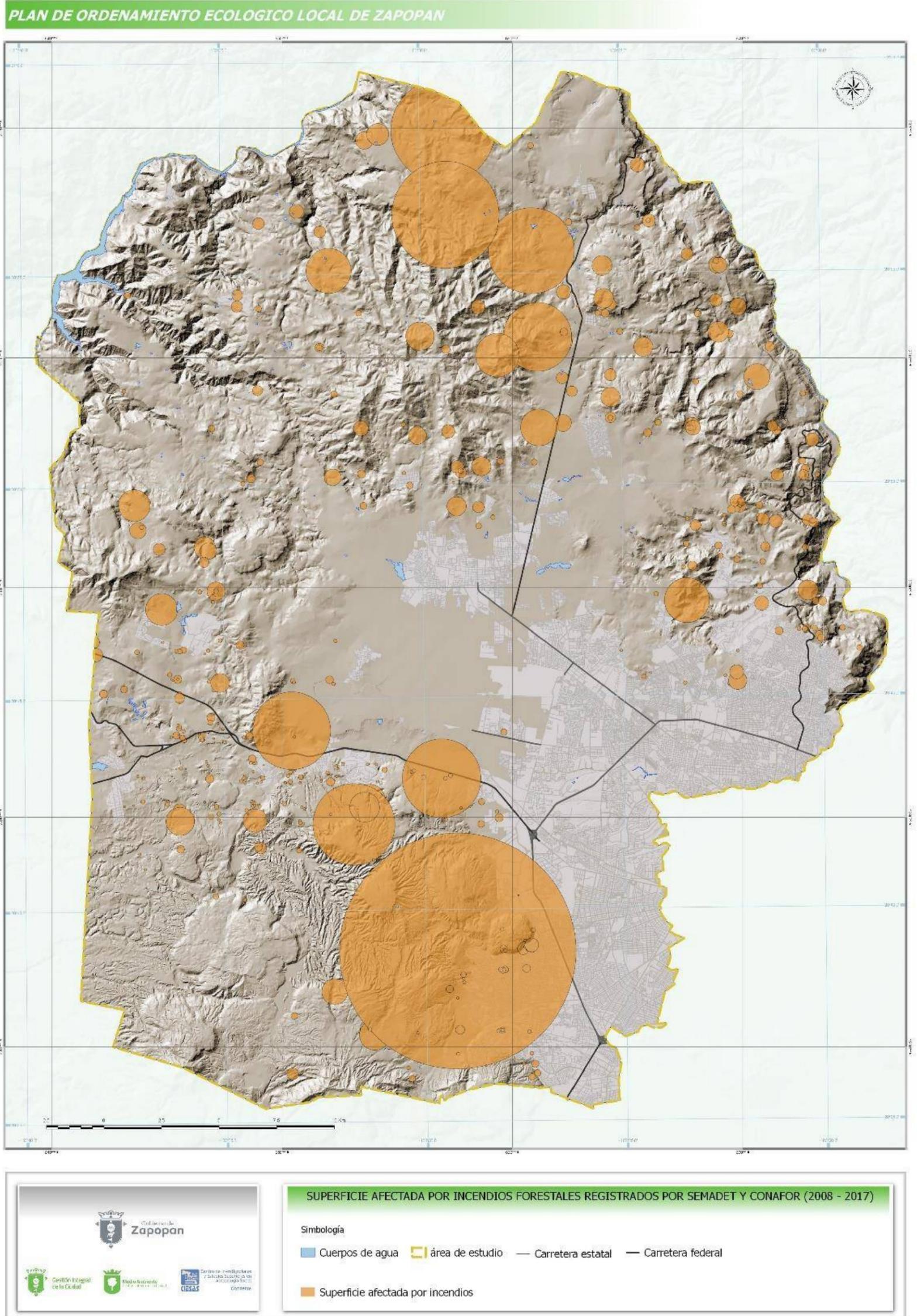


Figura 62: Superficie afectada por incendios forestales registrados por SEMADET y CONAFOR (2008-2017).

Se percibe una gran presencia de incendios forestales en la zona limítrofe entre el Bosque La Primavera y la mancha urbana, producto de la incipiente actividad humana en las zonas periurbanas y la presión que ésta ejerce sobre las áreas forestales en relativa proximidad a la urbe. En este mismo contexto, es notable la multitud de incidencias en las inmediaciones de la carretera Guadalajara-Tepic, cerca de la localidad La Venta del Astillero y los corredores industriales que rodean esta importante vialidad; mostrando así, la influencia de las vías de comunicación y por consiguiente de la presencia antrópica, como catalizador de los incendios forestales.

En la parte norte del municipio, sobre las unidades geomorfológicas de la Sierra Volcánica compleja de Tesistán, las Mesas y lomeríos riolíticos San Juan, y los Domos riolíticos Carrizalillo, se observan varios incendios que afectaron una extensión considerable en un lapso temporal relativamente corto, manifestando una propagación rápida de los incendios, debido a un material combustible propicio, como pueden ser superficies boscosas o con alto contenido de unidades forestales y con pocos obstáculos para la propagación de las llamas. Tales son las características de los complejos paisajísticos sobre los que se localizan estas incidencias, específicamente la Sierra de Tesistán y las Mesas Marginales; contrastando con los incendios referidos en el párrafo anterior, la reducida presencia antrópica ayuda a explicar un menor número de incidencias, por lo que si la actividad humana fuera a intensificarse en estas zonas, la presencia de estos eventos sería potencialmente mucho mayor.



Fotografía 18: Fumarola de humo producto de un incendio forestal al norte de la localidad Las Mesitas. (Captura propia. Tomada el 3 de junio de 2017).

El mapa 36 presenta el número de ocurrencias de los incendios forestales y cómo se relacionan estos fenómenos con la extensión del complejo paisajístico en el que se localizan, tal como fueron éstos definidos y delimitados en el POET Zapopan (2006). Lo anterior con el fin de calcular la densidad de incendios por complejo y determinar así la relación que existe entre las características naturales del terreno y su propensión a sufrir este tipo de eventos.

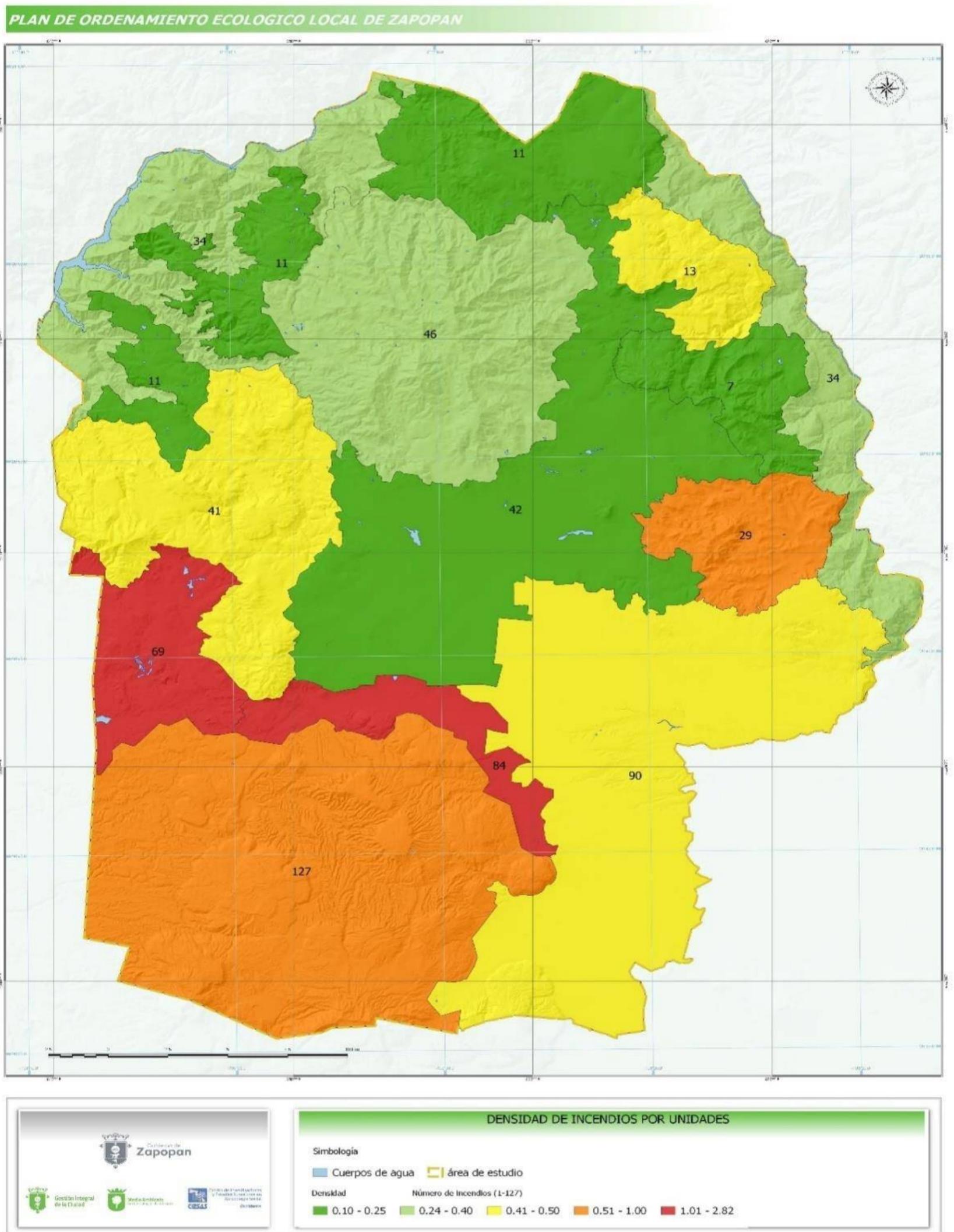


Figura 63: Densidad de incendios forestales por unidad paisajística.

| CLAVE | NOMBRE DEL COMPLEJO | ÁREA EN KM ² | NUM. DE INCENDIOS | DENSIDAD |
|-------|----------------------------------|-------------------------|-------------------|----------|
| I | BAILADORES | 100.1929 | 41 | 0.4092 |
| II | BAJÍO DE LA PRIMAVERA | 29.7941 | 84 | 2.8194 |
| III | BOSQUE LA PRIMAVERA | 218.2499 | 127 | 0.5819 |
| IV | EXPANSIÓN URBANA EN ZAPOPAN | 200.5417 | 90 | 0.4488 |
| V | LLANURA DE TESISTÁN | 171.7137 | 42 | 0.2446 |
| VI | MESAS MARGINALES | 105.7292 | 11 | 0.1040 |
| VII | RÍO SANTIAGO | 127.1464 | 34 | 0.2674 |
| VIII | SAN ESTEBAN Y SAN ISIDRO | 37.8942 | 29 | 0.7653 |
| IX | SANTA CRUZ DEL ASTILLERO | 44.2281 | 69 | 1.5601 |
| X | SERRANÍA EL RINCÓN Y EL CHICHAR | 28.2771 | 13 | 0.4597 |
| XI | SERRANÍA JACAL DE PIEDRA Y MESAS | 31.3583 | 7 | 0.2232 |
| XII | SIERRA TESISTÁN | 133.8954 | 46 | 0.3436 |

Cuadro 31: Cantidad y densidad de incendios forestales por unidad paisajística.

Las unidades que presentan un mayor número de incidencias son el Bosque La Primavera y la Expansión urbana en Zapopan; sin embargo, al ser estas dos las más extensas también, su densidad queda en valores moderados, siendo Santa Cruz del Astillero y sobre todo el Bajío de la Primavera las más atacadas por incendios forestales por unidad de superficie con más de un incendio y medio, y casi tres incendios respectivamente presentándose por cada kilómetro cuadrado. Otra unidad con valores de densidad relativamente altos es la de San Esteban y San Isidro. Todas ellas poseen las características antes mencionadas para la presencia de un alto número de incendios forestales: zonas boscosas en presencia inmediata de regiones urbanizadas y/o carreteras de alta jerarquía, condiciones que predominan en una gran porción del municipio de Zapopan y que lo convierten en un territorio altamente susceptible a este tipo de fenómenos peligrosos.

Con eso en mente, se justificó la pertinencia de generar un modelo de susceptibilidad/predicción a los incendios forestales que estableciera, en categorías cualitativas, la aptitud de la superficie a ser afectada por éstos. Se consideraron variables que han sido referidas por otros autores como Chuvieco y Congalton (1989); Flores (2009); Pratt (s/f); y Van Wagner (1988) para construir parámetros de susceptibilidad a incendios forestales, tales como la pendiente, la orientación de la pendiente, la proximidad a caminos y carreteras, o las coberturas del suelo; así como otras que no se encontraron en la bibliografía consultada, como los incendios históricos. Se estableció el porcentaje de influencia de cada una y se procedió con la metodología que, sin afán de ser un manual tutorial, se explica de manera general a continuación:

| Variables | Peso (%) |
|--|-----------------|
| Duración del incendio 2008-2017 | 15 |
| Superficie afectada por el incendio 2008-2017 | 15 |
| Cobertura del suelo | 15 |
| Orientaciones más susceptibles de acuerdo a los Vientos dominantes | 10 |
| Pendiente | 15 |
| NDVI | 25 |
| Proximidad a caminos y carreteras | 5 |
| Total | 100 |

Cuadro 32: Variables y ponderación para la generación del modelo de susceptibilidad a incendios forestales.

- Todas las variables debieron ser convertidas a una clasificación de 5 estratos con el fin de ser compatibles entre sí y poder cruzarlas para generar el modelo ponderado; donde 1 es el valor menos susceptible a sufrir un incendio, y 5 representa una alta susceptibilidad a la presencia del fenómeno.

- Para las dos primeras variables, se realizó una interpolación Kernel Density para rasterizar los productos presentados en los mapas 34 y 35. Para los estratos se categorizó usando el algoritmo de cuantiles, que divide el universo de información en una cantidad homogénea de datos por clase.

| Superficie afectada 2008-2017 | | Duración de incendios 2008-2017 | |
|--------------------------------------|--------------------|--|--------------------|
| Valor de la celda | Ponderación | Valor de la celda | Ponderación |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 - 9.79 | 2 | 0 - 69.72 | 2 |
| 9.79 - 19.59 | 3 | 69.72 - 174.29 | 3 |
| 19.59 - 78.34 | 4 | 174.29 - 418.30 | 4 |
| 78.34 - 2,498 | 5 | 418.30 - 8,888.93 | 5 |

Cuadro 33: Ponderación de incendios históricos.

- Las categorías de cobertura de suelo se tomaron del apartado de Uso de Suelo y Vegetación de esta misma investigación, quedando ponderadas de la siguiente forma:

| Coberturas | Ponderación |
|-----------------------------------|--------------------|
| Urbanización densa | 1 |
| Urbanización semidensa | 2 |
| Infraestructura | 2 |
| Áreas sin vegetación aparente | 1 |
| Agricultura de riego y de humedad | 3 |
| Agricultura seca | 3 |
| Pastizal inducido | 4 |
| Matorral inducido | 4 |
| Bosque espinoso | 5 |
| Bosque tropical caducifolio | 5 |
| Bosque tropical subcaducifolio | 5 |
| Bosque templado denso | 5 |
| Bosque templado semidenso | 4 |
| Campos de golf | 3 |
| Áreas verdes urbanas | 3 |
| Vegetación subacuática | 2 |
| Cuerpos de agua | 1 |

Cuadro 34: Ponderación de coberturas de suelo.

- La variable de las orientaciones de la pendiente más susceptibles de acuerdo a los vientos dominantes se consideró como factor decisivo en la susceptibilidad a incendios forestales gracias al trabajo de Chuvieco y Congalton (1989). Para poder determinar esta información en la zona de estudio utilizando el producto que se muestra en las figuras siguientes, se consultaron las rosas de vientos del POET Zapopan (U de G, H. Ayto. de Zapopan, 2006 pp. 71,72), ya que se requerían datos de todo un año para calcular de manera completa las variaciones direccionales de los vientos dominantes, y la información de las EMAS es sólo para los últimos 90 días en el portal del Servicio Meteorológico Nacional, se hizo necesario recurrir a esta fuente a pesar de no ser muy reciente.

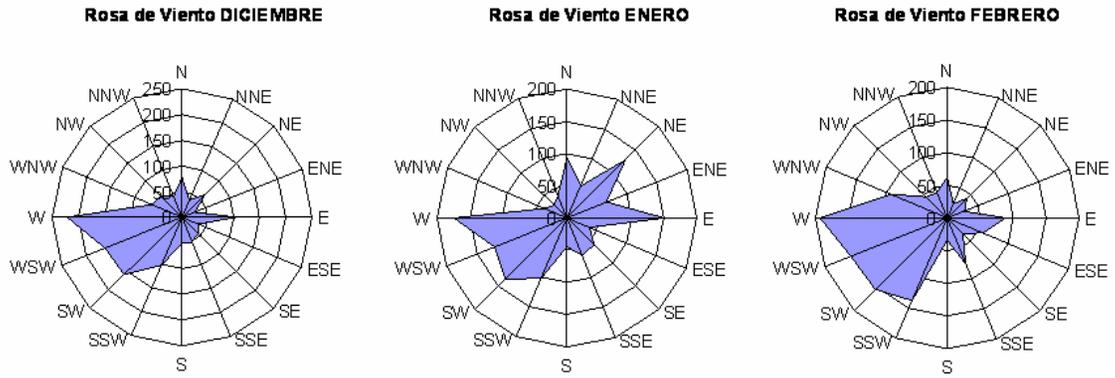


Figura 64: Viento dominante en invierno.

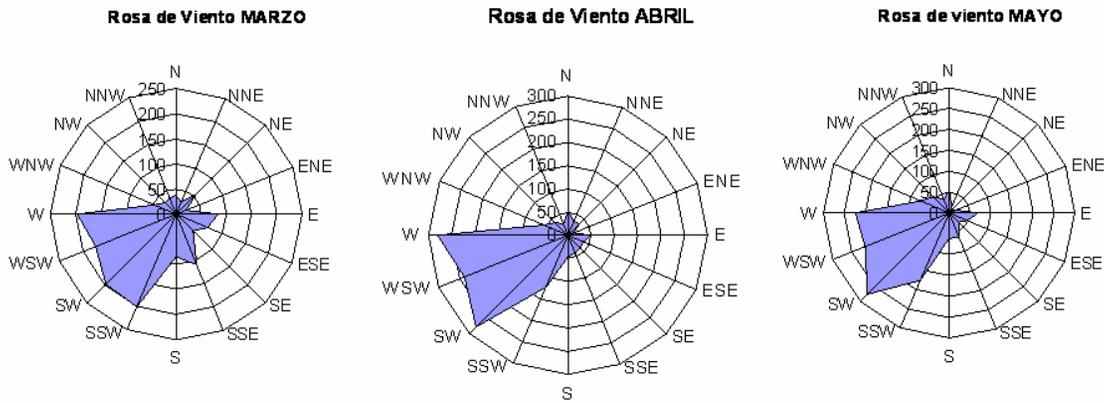


Figura 65: Viento dominante en primavera.

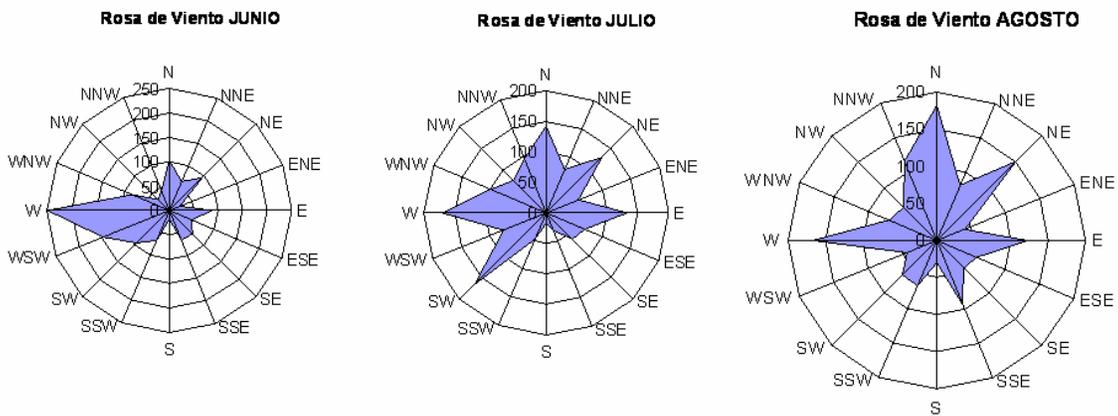


Figura 66: Viento dominante en verano.

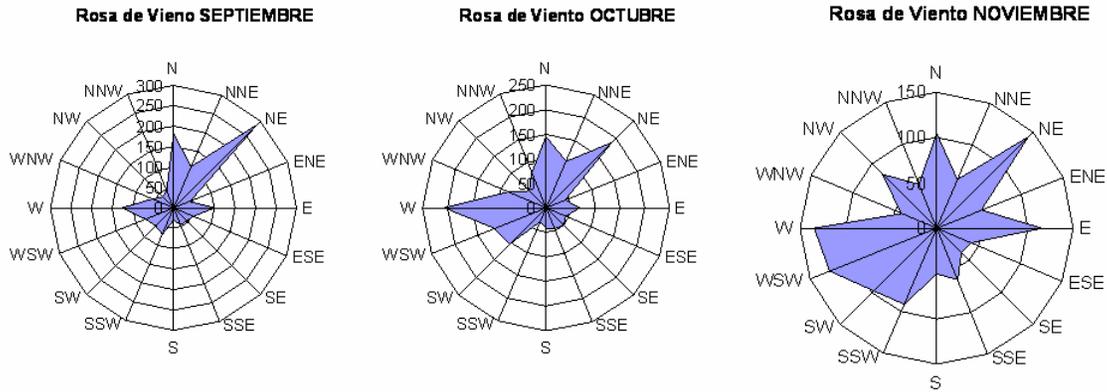


Figura 67: Viento dominante en otoño.

- Enseguida, se elaboraron histogramas de frecuencia a partir de las fuentes originales de eventos históricos (SEMADET y CONAFOR), para conocer la incidencia por mes de los incendios forestales durante el periodo observado y saber a qué rosas de vientos debía dársele mayor jerarquía de acuerdo al número de ocurrencias registradas.

| Incendios registrados SEMADET 2008 - 2017 | | |
|---|------------|------------|
| MES | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
| Enero | 47 | 7.95 |
| Febrero | 96 | 16.24 |
| Marzo | 107 | 18.10 |
| Abril | 150 | 25.38 |
| Mayo | 110 | 18.61 |
| Junio | 50 | 8.46 |
| Julio | 1 | 0.17 |
| Agosto | 1 | 0.17 |
| Noviembre | 7 | 1.18 |
| Diciembre | 22 | 3.72 |
| Total | 591 | 100 |

Cuadro 35: Frecuencia de eventos de incendios forestales registrados por SEMADET por mes.

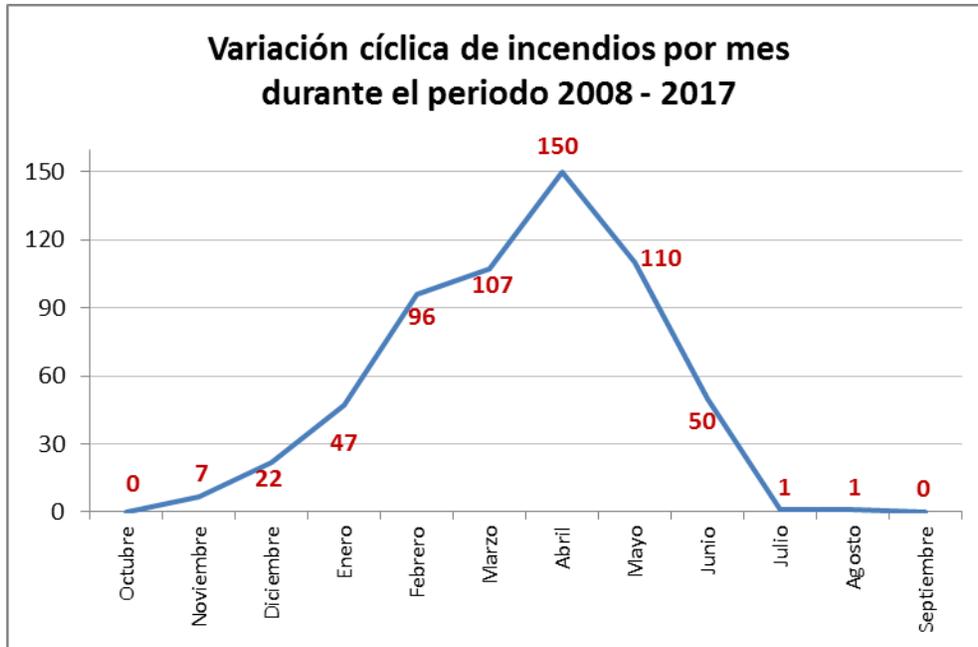


Figura 68: Histograma de frecuencia de incendios forestales por mes registrados por SEMADET (2008-2017).

| Incendios registrados CONAFOR 2012 - 2017 | | |
|---|------------|------------|
| MES | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
| Enero | 29 | 6.58 |
| Febrero | 75 | 17.01 |
| Marzo | 90 | 20.41 |
| Abril | 105 | 23.81 |
| Mayo | 93 | 21.09 |
| Junio | 39 | 8.84 |
| Julio | 1 | 0.23 |
| Agosto | 1 | 0.23 |
| Noviembre | 1 | 0.23 |
| Diciembre | 7 | 1.59 |
| Total | 441 | 100 |

Cuadro 36: Frecuencia de incendios forestales registrados por CONAFOR por mes.

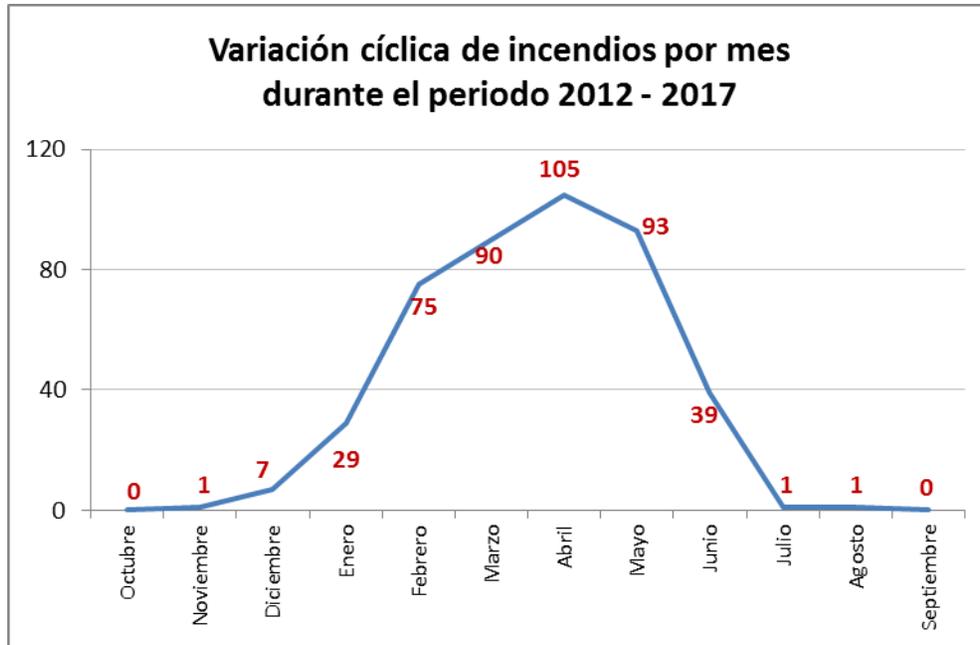


Figura 69: Histograma de frecuencia de incendios forestales por mes registrados por CONAFOR (2012-2017).

- En ambas gráficas se observa el mismo patrón tipo campana, muy pocos eventos de julio a noviembre, coincidiendo con el temporal de lluvias, mientras que durante la temporada seca, culminando en abril, la ocurrencia se dispara. Por ello, se dio mayor relevancia a las rosas de viento de enero a junio. Dicho eso, la ponderación para esta variable concluyó de la siguiente manera:

| Vientos dominantes | | |
|---------------------|-------------|-------------|
| Orientación | Valor en ° | Ponderación |
| Plano | -1 | 1 |
| Norte - Este | 0 a 90 | 3 |
| Sursuroeste - Este | 90 a 202.5 | 2 |
| Sursuroeste - Oeste | 202.5 a 270 | 5 |
| Oeste - Oestenoeste | 270 a 292.5 | 4 |
| Oestenoeste - Norte | 292.5 a 360 | 2 |

Cuadro 37: Ponderación de orientación de la pendiente de acuerdo a los vientos dominantes.

- La pendiente es referida por prácticamente todos los autores que tratan el tema, como un aspecto fundamental en la rapidez de dispersión de un incendio. Algunos de ellos, consideran que mientras más se incremente el grado de pendiente, mayor

será la velocidad de propagación del fuego; trabajos como el de Van Wagner (1988), han refutado tal axioma al establecer, mediante meticoloso trabajo de campo la siguiente curva de correlación de grados de pendiente con velocidad de propagación en metros por minuto:

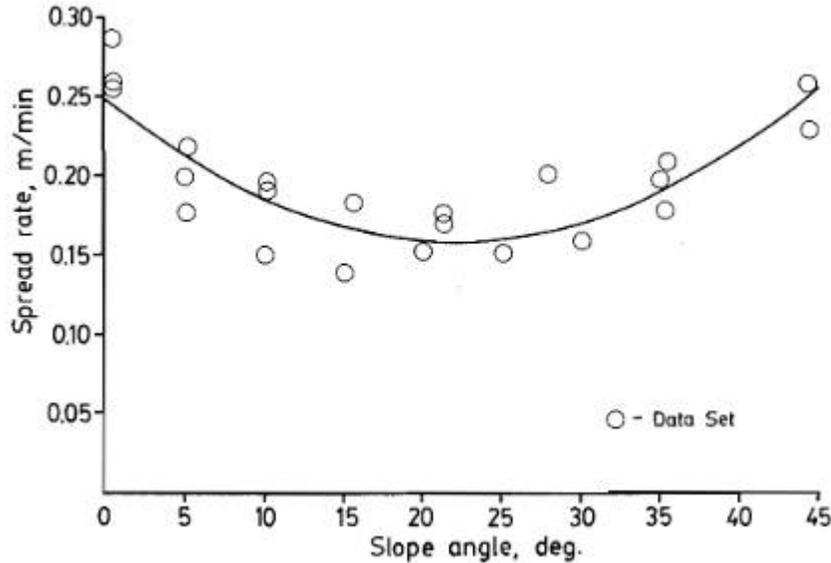


Figura 70: Curva parabólica de velocidad de propagación del incendio (Van Wagner, 1988).

- Existe claramente una disminución en la velocidad conforme la pendiente se incrementa hasta llegar a los 22°. A partir de este umbral, el valor de propagación continúa aumentando hasta superar el que tenía incluso en suelo plano, tal efecto ocurre hasta alcanzar los 45°, donde los experimentos sugieren que las flamas presentan dificultades para extenderse debido primordialmente a la falta de suelo en superficies superiores a esta inclinación, la carencia de suelo consolidado se traduce en muy poca o nula cobertura vegetal, lo cual genera una barrera para la propagación del fuego. Considerado todo esto, la correspondiente ponderación de la variable de la pendiente se presenta en el cuadro siguiente.

| Pendiente | |
|------------|-------------|
| Valor en ° | Ponderación |
| 0 - 10 | 4 |
| 10 - 15 | 3 |
| 15 - 25 | 2 |
| 25 - 30 | 3 |
| 30 - 40 | 4 |
| 40 - 45 | 5 |
| >45 | 1 |

Cuadro 38: Ponderación de la pendiente de acuerdo a los grados de inclinación.

- El NDVI (índice de densidad de vegetación normalizado) es un índice que mide la presencia de vegetación a partir de los niveles digitales captados por un sensor remoto durante un momento determinado. Este indicador genera valores entre -1,0 y 1,0 que básicamente representan el verdor, donde cualquier valor negativo corresponde principalmente a las nubes, el agua y la nieve, y los valores cercanos a cero corresponden principalmente a las rocas y al terreno desnudo. Los valores muy bajos de NDVI (por debajo de 0,1) corresponden a áreas yermas de rocas, arena o nieve. Los valores moderados representan terrenos con arbustos y prados (0,2 a 0,3), mientras que los valores altos indican bosques de zonas templadas y tropicales (0,6 a 0,8).

- Para el cálculo del NDVI, la fórmula es la siguiente:

$$NDVI = \frac{(IRC - Rojo)}{(IRC + Rojo)}$$

Donde IRC: Banda del Infrarrojo Cercano
Rojo: Banda del Rojo

- Se emplearon un par de imágenes del sensor Sentinel-2 tomadas el 28 de abril de 2016; se consideró este momento temporal debido a que el 2016 es el año completo más reciente, en 2017 no todos los eventos han sido inventariados y cuantificados de manera oficial por estas dependencias; en cuanto al mes de abril, es éste el que cuenta con más registros de incendios forestales, por lo tanto se consideró esta fecha suficientemente significativa para representar el fenómeno estudiado; aunado a lo anterior, la imagen muestra muy poca nubosidad, incrementando la certeza de los niveles digitales de sus píxeles a nivel de la superficie.

- En este satélite las bandas correspondientes al Rojo e Infrarrojo Cercano son la 4 y la 8 respectivamente (longitud de onda central de 0.665 µm y 0.842 µm), ambas

tienen una resolución espacial de 10 m; es decir, tres veces más que la resolución que poseen sus análogos en el sensor LandSat.

- Ésta es la variable que se consideró aportaba más para explicar la susceptibilidad de ocurrencia de un incendio forestal, ya que el NDVI es la mejor representación de la presencia o ausencia del combustible principal de un evento de esta naturaleza. Al igual que en los demás insumos listados previamente para la creación del modelo, se realizó su ponderación en 5 categorías:

| NDVI | | |
|-------------------------------|------------|-------------|
| Presencia forestal | Valor | Ponderación |
| Vegetación muy densa y verde | 0.8 a 1.0 | 2 |
| Vegetación Sana densa | 0.5 a 0.8 | 5 |
| Vegetación Sana poco densa | 0.3 a 0.5 | 4 |
| Vegetación No sana o dispersa | 0.1 a 0.3 | 3 |
| Poca o nula vegetación | 0.1 a -1.0 | 1 |

Cuadro 39: Ponderación del NDVI.

- Se optó por considerar con bajo nivel de ponderación a los valores superiores a 0.8, ya que además de ser muy escasos (es muy poco común encontrarlos en condiciones naturales, al requerir un nivel de verdor que ni siquiera zonas como los campos de golf pueden alcanzar), se razonó que los espacios que estuvieran por encima de este umbral, poseen una cierta resistencia a la rápida propagación flamígera gracias a que su elevada reflexión de verdor pudiera significar alta presencia de humedad.

- Por último, la actividad humana como catalizador de los incendios se consideró en la forma de la proximidad a los caminos y carreteras; donde éstas, al fomentar el tránsito de personas se consideran como un área más susceptible a la presencia de incendios. Así, de acuerdo a lo establecido por Chuvieco y Congalton (1989), se utilizaron los siguientes parámetros:

| Cercanía a carreteras y caminos | Ponderación |
|---------------------------------|-------------|
| Búfer de 150 m para caminos | 5 |
| Búfer de 50 m para carreteras | 5 |
| Fuera del búfer | 1 |

Cuadro 40: Ponderación de cercanía a caminos y carreteras.

- En el mismo artículo, se menciona su dicotomía al servir éstas como barreras o supresores de la propagación del fuego; sin embargo, tal función queda anulada al

considerar lo mencionado anteriormente; al contener la geometría o trazo de la carretera el búfer, la barrera queda anulada ya que el polígono de susceptibilidad le rodea por doquier, por lo que la única área realmente libre de fuego sería el trazo de la carretera en sí.

- No se consideraron vialidades urbanas, ya que aunque para el resultado final se tomó en cuenta toda la extensión municipal, incluyendo la cobertura urbana, este fenómeno, por su naturaleza y génesis, sólo se presenta en espacios periurbanos y rurales, por lo que haber realizado el polígono de susceptibilidad a incendios por cercanía a estos elementos, hubiera sesgado el resultado.

Computada toda la información, se procedió a ejecutar el modelo, cuyo resultado se presenta en la figura 71. Gracias a la ponderación de los insumos en 5 clases, se obtuvieron el mismo número de categorías en el producto final, que traducidas a una escala cualitativa se pueden clasificar desde susceptibilidad muy baja hasta muy alta.

PLAN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE ZAPOPAN

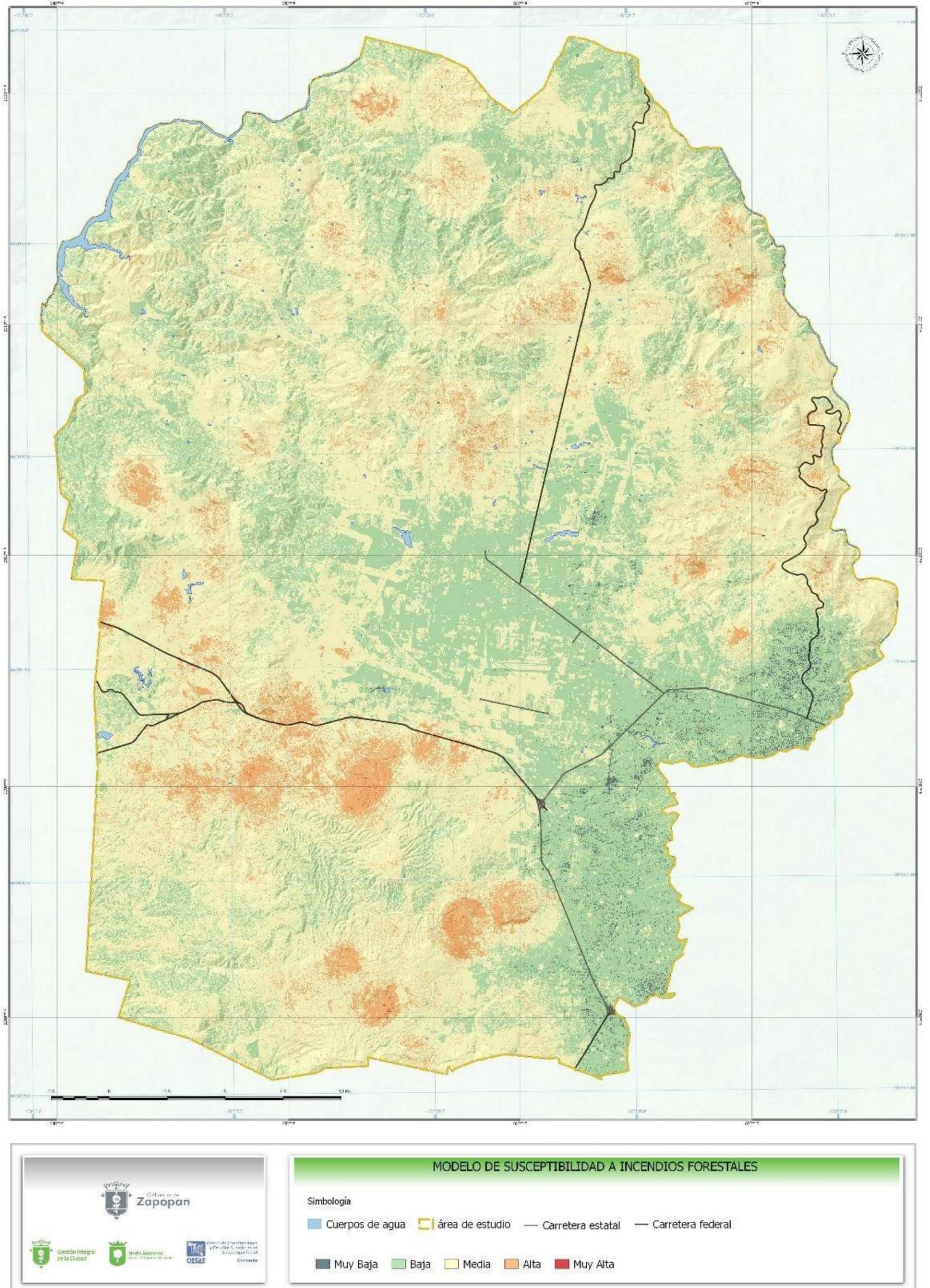


Figura 71: Modelo de susceptibilidad a incendios forestales.

Las zonas de mayor susceptibilidad pueden apreciarse como aquellas con presencia vegetal significativa, asimismo se observan áreas de susceptibilidad alta y media en las superficies afectadas por eventos históricos. Por su parte, la categoría de susceptibilidad muy baja no tiene mucha presencia, apareciendo sólo en los cauces o márgenes de los cuerpos de agua y en áreas urbanas consolidadas. La clase más escasa, sin embargo, es la de susceptibilidad muy alta, donde prácticamente todas las variables deben conjuntarse con ponderación 5; estos pixeles se encuentran exclusivamente anidados dentro de clústers de pixeles de susceptibilidad alta, ubicados en las zonas del Bosque de La Primavera que presentaron un mayor número de incendios forestales durante el periodo analizado.

Para efectos prácticos, la lectura del modelo debe considerarse para establecer normativas y brigadas de protección en las zonas de susceptibilidad alta, observando las áreas de susceptibilidad media como de amortiguamiento, no tan críticas, pero propensas a presentar estos eventos y, por consecuencia, sujetas a observación y monitoreo periódico.

5.2 Basureros, plantas de transferencia, rellenos sanitarios, vertederos y tiraderos clandestinos.

Este apartado abarca todas aquellas zonas que manejan, concentran o redistribuyen basura y material de desechos considerados no peligrosos. Estos elementos son dignos de consideración, ya que en ellos convergen una gran cantidad de objetos y materiales tanto de origen orgánico como inorgánico, sólidos o líquidos, que pueden generar contaminación del aire, agua y suelo, tanto por su dispersión atmosférica y en el subsuelo, como porque son un caldo de cultivo para gérmenes y organismos que transportan patógenos.

En el municipio de Zapopan, no existe una normativa que regule la zona o polígono de amortiguamiento para este tipo de entidades, por lo que fue necesario especificar algún tipo de búfer de contención para establecer la distancia mínima de resguardo, definida como el umbral dentro del cual se considera puede existir una afectación medioambiental que se presenta derivada de la contaminación por olores y por elementos nocivos transportados por el viento en las áreas circundantes. Para esto, se consideraron las Unidades Económicas y la cercanía a centros de población de cada una de ellas, se determinó 250 metros a partir de los límites de cada predio que contuviera a estos elementos como una distancia adecuada para el estudio del fenómeno, coincidiendo también con la distancia mínima de resguardo a los centros de concentración masiva del reglamento de gaseras y gasolineras.

Para localizar unidades de este tipo se consultó el DENUE 2017, donde se filtraron los giros de desecho y reciclado de materiales; asimismo otra fuente oficial fue el Plan Municipal de Desarrollo de Zapopan 2012; se recurrió también a noticias

de periódicos metropolitanos que trataran el tema de los rellenos sanitarios para localizar algún predio que pudieran haber omitido las dos fuentes anteriores; por último se utilizó fotointerpretación de imágenes recientes de alta resolución para corroborar la presencia de estos elementos y digitalizar sus superficies.

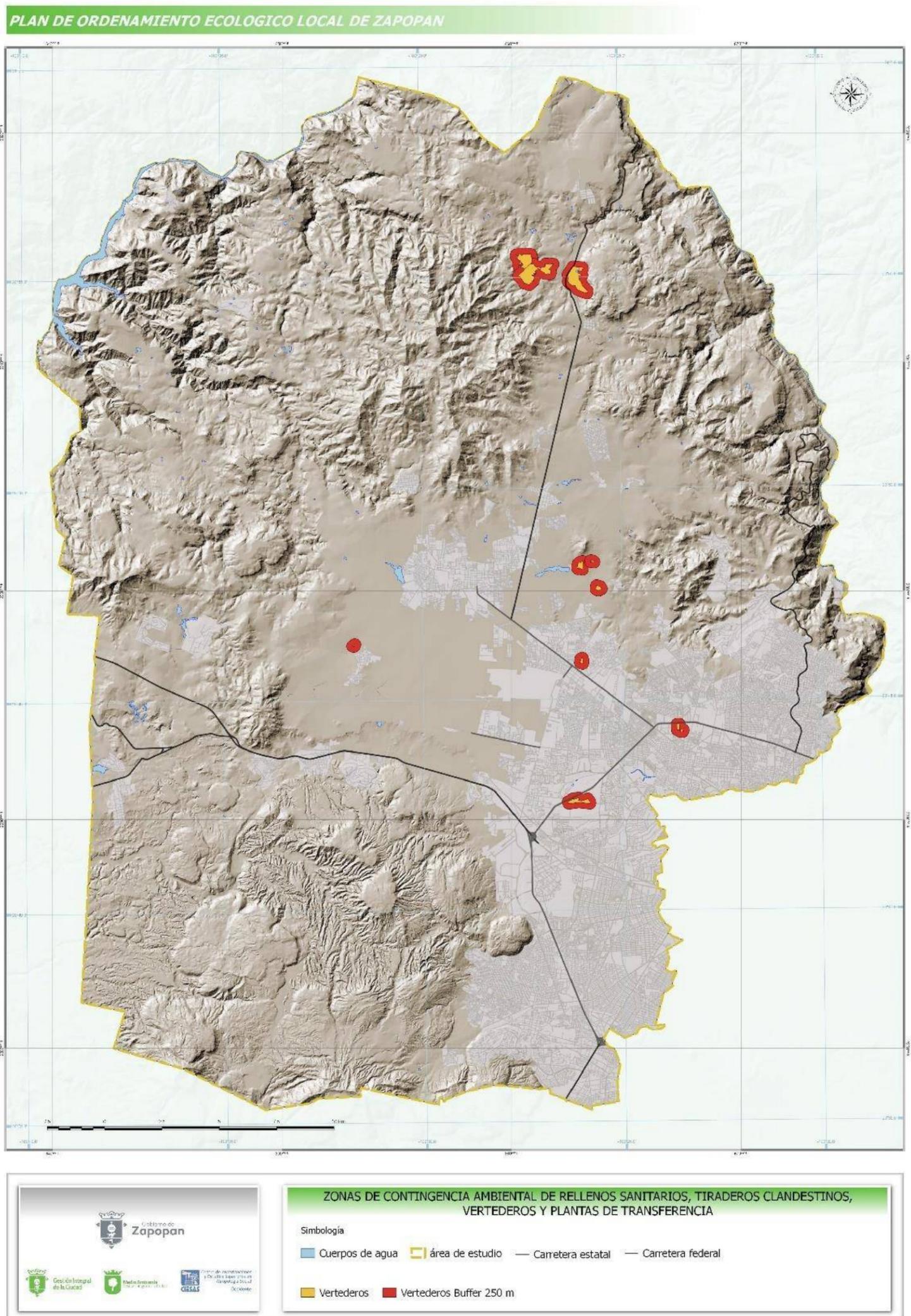


Figura 72: Zonas de contingencia ambiental de basureros, plantas de transferencia, rellenos sanitarios, vertederos y tiraderos clandestinos.

| NOMBRE | CONDICIÓN | SUPERFICIE EN HECTÁREAS | PERSONAS EXPUESTAS |
|---------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| Relleno Sanitario El Taray | Abandonado | 49.12 | - |
| Planta de Transferencia Belenes | Abandonado | 4.15 | 5,256 |
| Relleno Sanitario Hasars | En Uso | 29.49 | - |
| Relleno Sanitario Picachos | En Uso | 58.99 | - |
| Milpa Alta | Rehabilitado | 12.99 | 472 |
| La Cardona | Rehabilitado | 2.43 | 3,196 |
| Nextipac | Abandonado | 0.50 | - |
| Copalita | Abandonado | 6.67 | - |
| El Martel | Abandonado | 0.91 | - |
| El Quemado | Abandonado | 4.01 | - |

Cuadro 41: Listado de plantas de tratamiento de productos de desecho ubicadas en el municipio.

Sólo dos de los predios se encuentran oficialmente en operación: Picachos y Hasars, localizados en la parte norte del municipio, y contiguos entre sí, cercanos a la carretera a San Cristóbal de la Barranca pero no a algún centro de población, lo que reduce su riesgo humano. De los 10 elementos registrados, los únicos que se sitúan en suficiente proximidad a zonas conurbadas son Milpa Alta, La Cardona y la Planta de Transferencia Belenes; no obstante, los dos primeros han sido rehabilitados y actualmente funcionan como zonas habitacionales, mientras que el último se encuentra en supuesto abandono, a pesar de que aún se observa algo de actividad de acumulación, categorización y redistribución de desechos. Debido a estas características de localización y actividad, esta planta, junto con las dos aún en uso, se consideran prioritarias, razón por la cual se desglosa su descripción a continuación:

Picachos.

El sitio posee una superficie de 38 hectáreas inicia operaciones en el año 2000 y se tenía considerado una vida útil de 12 años. Con el paso del tiempo se han realizado adecuaciones para incrementar su capacidad. En principio se consideró terminar con los tiraderos de basura al aire libre y este vertedero sería la solución.

Las localidades cercanas son: Milpillas, El Taray, La Colorada, Vinatería, Mesón de Copala, San Francisco Tesistan, Copalita, Nuevo México y La Cuchilla. No existe población directamente en el polígono del vertedero pero cada vez más fraccionamientos se acercan a la zona.

Se ha cerrado en varias ocasiones debido a la denuncia de lixiviados que llegan a los arroyos de la zona y en especial en la época de lluvias que es cuando se sobre cargan las celdas y se escurren los lixiviados. La celda una tenía una capacidad de 500 mil toneladas de basura y se supone se le cubrió con cerca de un millón, lo que dificulta entonces su tratamiento. Al momento de construir la celda cuatro se tuvo dificultad para recuperar las membranas de la celda 1 y poder anexarla a las otras celdas.

Hasars.

De acuerdo con el proyecto ejecutivo, este desarrollo inició operaciones en 1998, recibe residuos principalmente del municipio de Tlaquepaque y de empresas privadas. El sitio está planeado para continuar operando hasta el año 2060. El tiradero de Hasars también cuenta con instalaciones para la quema de gas metano que se genera en el basurero. Se queman mil 300 metros cúbicos por hora, por lo cual la empresa recibe bonos de carbono por reducir los gases de efecto invernadero que se arrojan a la atmósfera, al participar activamente en el Protocolo de Kyoto desde 2007.

Cuenta con una planta de tratamiento de lixiviados (líquidos de basura) que funciona a base de nanotecnología que transforma los lixiviados en agua limpia para riego de áreas verdes. Se supone que genera energía eléctrica a partir del biogás que se captura. Esta planta tiene capacidad de alrededor de 15 litros por segundo.



Fotografía 19: Entrada al relleno sanitario Hasars, uno de sólo dos plantas de tratamiento de desperdicios aún activa en el municipio, a la izquierda de la imagen

se alcanza a observar parte del predio de Picachos, la otra planta en funcionamiento (Google Earth, 2017)

Planta de Transferencia Belenes.

Esta planta aunque ya no está directamente en funciones según las declaraciones de las autoridades competentes (Saavedra, 2017), y se está llevando a cabo el proceso de limpieza, aún sigue generando contaminación en su entorno.

En un radio de 250 metros se localizan 14 centros educativos, 27 de comercio al por menor con venta de productos alimenticios y que pueden verse afectados directamente por la contaminación, además en esa misma área se contabiliza un total de 5,256 habitantes en las colonias circundantes. La planta de transferencia, se localiza también muy cerca de dos núcleos de la Universidad de Guadalajara (Prepa 10 y CUCEA), con más de 20,000 personas estudiando o laborando allí.

El uso del suelo en esta zona es diverso ya que en la misma área de influencia se localizan industrias que están directamente relacionadas con la producción de alimentos para consumo humano; dos productoras de leche, una de pan y otra más de hielo.



Fotografía 20: Imagen que muestra la actividad en la planta de transferencia Belenes vista desde la calle Melchor Ocampo (Google Earth, 2017).

A pesar de estar registrada como en abandono, aún se aprecian montículos de basura dentro del predio, y tal como se aprecia en la foto 18, la actividad, aunque en pequeña escala, continúa todavía en la actualidad.

Los dos rellenos sanitarios que se encuentran en uso, Hasars y Picachos, se localizan en las inmediaciones occidentales de la carretera Tesistán-San Cristóbal de la Barranca, y la tendencia de crecimiento urbano apunta a una expansión en las cercanías de esta vía de comunicación primordialmente gracias a dos factores: 1.- su importancia como conector con las localidades al norte del municipio, tales como

Valle de los Molinos, Hacienda Monticello y Milpillas, así como con la cabecera de San Cristóbal de la Barranca; y 2.- las condiciones geomorfológicas de la Sierra Volcánica de Tesistán al oeste, y los domos riolíticos El Chicharrón y el piedemonte complejo El Taray al oriente (véase mapa 6), forman un “cuello de botella” que dificulta el establecimiento de asentamientos humanos en áreas que no se encuentren relativamente próximas a esta vialidad. Por lo que un proceso de urbanización residencial, o al menos de creación de industrias, comercios y servicios a través de este corredor, no está fuera de la cuestión en un futuro próximo. Debido a esto, las autoridades pertinentes deberán formular estrategias de restricción en esta zona a fin de que la mancha urbana no continúe su aproximación a estos dos predios.

Actualmente, el balneario Milpillas, ubicado al sur de la localidad homónima, se encuentra a menos de cien metros fuera del polígono de amortiguamiento de 250 m de Hasars y Picachos establecido en esta investigación, si el balneario fuese a crecer un poco más, los rellenos sanitarios constituirían un peligro inminente para los usuarios de éste; aun así, debe aclararse que esta distancia de resguardo no constituye un límite fijo para el salvaguardo ecológico o poblacional, sino más bien un umbral homologado considerando la dispersión de olores nocivos y lixiviados de acuerdo a las características de la región, por lo que aun en su presente configuración, ambas plantas de tratamiento de residuos conforman una amenaza latente para el equilibrio ecológico y bienestar salubre de las localidades aledañas; tal como se registró previamente, en la reunión que se llevó a cabo el 18 de marzo de 2017 con consejeros ciudadanos y delegados municipales, donde se aseveró que se han presentado derrames de lixiviados al oeste de estos rellenos sanitarios, en las laderas occidentales del complejo geomorfológico El Chicharrón, justo al norte de la Hacienda Monticello.

A manera de recomendaciones generales en lo concerniente a este rubro, se debe cuidar que los predios rehabilitados cumplan los requisitos para considerarse apropiados para la edificación de viviendas o centros de concentración de población, con el fin de que estén absueltos de presentar hundimientos por un mal relleno o cimentación, y que el entorno ecológico no haya sufrido alteraciones por la presencia de la planta de desechos. Asimismo, se debe corroborar por parte de las autoridades pertinentes que los predios registrados como “en Abandono” realmente no se encuentren todavía en operación, sea cual sea el volumen de basura que manejen, ya que cualquier descuido o mala planeación puede desembocar en un deterioro medioambiental y en un potencial percance para los agentes antrópicos, bióticos y económicos en torno al predio.

5.3 Rastros y Mataderos.

Se consideran como tales a todos los lugares certificados y avalados por las autoridades para el sacrificio, venta y distribución de ganado para el consumo

humano. Puede presentar un riesgo para la población y el medio ambiente debido al tipo de material orgánico que maneja, así como los derivados y desperdicios de esta actividad, muy propensos a descomposición. Por tanto los instrumentos de planeación metropolitana deben mostrar una incompatibilidad con usos habitacionales, de servicios, de equipamiento y en general con cualquiera que concentre a la población.

Se consultó el Reglamento del rastro municipal de Zapopan, Jalisco; el cual rige los criterios y regulaciones a las que debe adherirse este tipo de locales para un adecuado funcionamiento y para su conjunción armónica con los demás instrumentos de planeación, pero, a diferencia del Reglamento para el establecimiento de gasolineras y estaciones de servicio en el municipio de Zapopan, Jalisco, referido anteriormente, el correspondiente a los rastros y mataderos no menciona ninguna distancia de amortiguamiento, por lo que se optó homologar este criterio con el resto de los polígonos de resguardo a centros de concentración masiva de población a 250 metros.

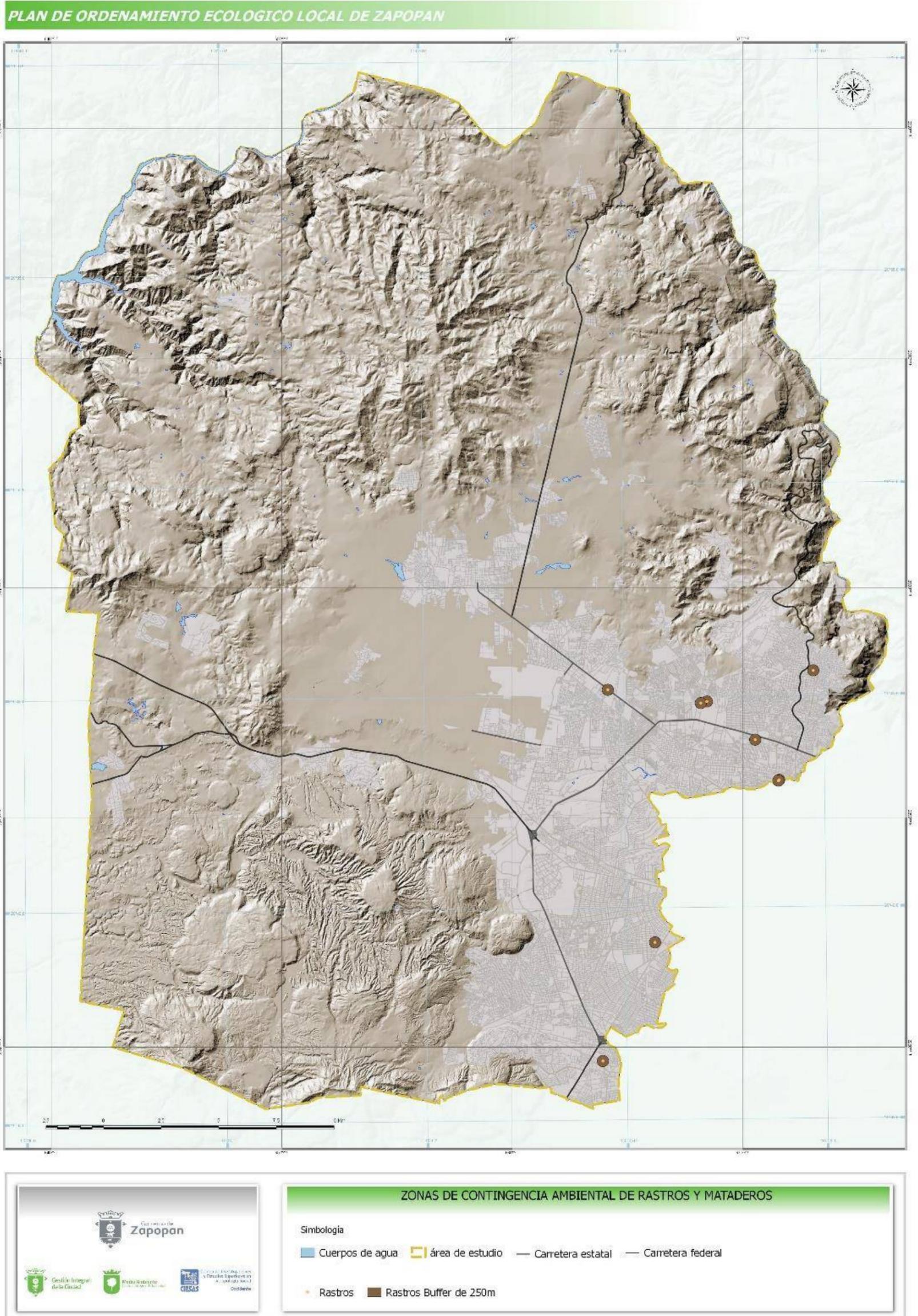


Figura 73: Zonas de contingencia ambiental de rastros y mataderos.

| NÚMERO | NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO | DOMICILIO | COLONIA | PERSONAL OCUPADO | FECHA DE ALTA | PERSONAS EXPUESTAS |
|--------|---|----------------------------|------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 1 | FRIGORÍFICOS DE CHAPALA | VICENTE GUERRERO #320 | EL MANTE | 6 A 10 PERSONAS | JULIO 2010 | 647 |
| 2 | OBRADOR RASTRO | LÓPEZ COTILLA #460 | ATEMAJAC DEL VALLE | 51 A 100 PERSONAS | JULIO 2010 | 3,010 |
| 3 | OBRADOR Y CARNICERÍA | GRAL. I. L. PESQUEIRA #555 | CONSTITUCION | 11 A 30 PERSONAS | JULIO 2010 | 4,269 |
| 4 | RASTRO MUNICIPAL DE ATEMAJAC | GRANADITOS S/N | ATEMAJAC DEL VALLE | 0 A 5 PERSONAS | JULIO 2010 | 2,830 |
| 5 | RASTRO MUNICIPAL DE ZAPOPAN | DEL RASTRO S/N | INDUSTRIAL LOS BELENES | 6 A 10 PERSONAS | DICIEMBRE 2014 | 1,392 |
| 6 | PROCESADORA Y COMERCIALIZADORA CAMPEROS | COYOACÁN #1495 | CIUDAD DEL SOL | 11 A 30 PERSONAS | DICIEMBRE 2014 | 816 |
| 7 | RASTRO MILENIUM | JUAN GIL PRECIADO #7501 | VILLAS DEL PALMAR | 11 A 30 PERSONAS | DICIEMBRE 2014 | 695 |
| 8 | RASTRO SIN NOMBRE | ANÁHUAC #49 | VILLA DE GUADALUPE | 0 A 5 PERSONAS | DICIEMBRE 2014 | 3,377 |
| 9 | RASTRO MUNICIPAL ZAPOPAN | LA GRANA S/N | LA GRANA | 101 A 250 PERSONAS | JULIO 2010 | 2,083 |

Cuadro 42: Listado de rastros y mataderos ubicados en el municipio.

De acuerdo con el DENUE 2017, existen 9 predios en los confines municipales de Zapopan que encajan en el giro comercial de “Matanza de ganado, aves y otros animales comestibles”, todos ellos se localizan dentro de la mancha urbana, por lo que la población susceptible de acuerdo a los polígonos de contingencia ambiental es considerable, sumando un total de 15,350 personas potencialmente afectadas.

Como se puede apreciar en el mapa 39, siete de estos establecimientos se emplazan en la parte norte de la urbe y sólo dos se encuentran al sur de la misma. Aparecen dos con el nombre de “Rastro Municipal de Zapopan”, aunque el ubicado en la colonia Industrial Los Belenes, debido a su tamaño y al personal que ocupa, parece ser solamente un anexo, además de estar prácticamente adyacente al otro Rastro Municipal, que conforme a datos del DENUE recoge una cantidad significativa de personal ocupado. Sin embargo, a pesar de su jerarquía económica, no concentra un número proporcionalmente acorde de personas expuestas, al situarse en un área eminentemente industrial; a diferencia de los rastros 2, 3, 4 y 8 que se localizan en zonas de alta densidad poblacional, convirtiéndose así en los puntos más críticos desde el punto de vista de este fenómeno.

CONSIDERACIONES FINALES.

En los distintos apartados de este estudio se observa como una zona crítica las áreas limítrofes del bosque de La Primavera, denotando la enorme presión que se concentra ahí derivada de diversas interacciones antrópicas. Además, hay que recordar que hay un dinamismo en el desarrollo de actividades que se debe a las transformaciones espaciales que en ella ocurren, a pesar de que se trata de un Área Natural Protegida (ANP) que ya está decretada. Como ya se argumentó, diversos factores artificiales y naturales han contribuido a agrandar la susceptibilidad de

fenómenos que pudieran tomarse en otras áreas como fenómenos normales. Es poco probable, sin embargo, poder establecer zonas críticas globales en todo el municipio a partir solamente de una caracterización y diagnóstico de los fenómenos peligrosos y del medio natural. El hecho de que las áreas limítrofes de La Primavera coincidan con una alta presencia de ciertos tipos de incidencias, se debe a un diverso número de variables que en ocasiones no están relacionadas entre sí y corresponden a intereses de distinta índole.

Así, continuando la argumentación con el mismo ejemplo de esta unidad paisajística, no es lógico asumir que las mismas condiciones que provocan que la zona de contacto oriental de esta unidad sea susceptible a inundaciones, expliquen el por qué también es altamente propensa a sufrir incendios forestales.

Dicho lo anterior, es importante considerar bajo un enfoque holístico todo el rango de los denominados fenómenos peligrosos, a fin de no segmentar o insular un tipo de fenómeno de otros. De este modo, por ejemplo, las explosiones por derrame de hidrocarburos o por fugas de gas L.P. pueden tener serias consecuencias en el equilibrio ecológico y en los factores bióticos; asimismo las inundaciones afectan el entorno en gran variedad de tópicos que no se restringen solamente al término “hidrometeorológico” implican daños económicos y físicos que pueden llevar a la pérdida de vidas humanas.

Por ende, es indispensable complementar este tipo de estudios de ordenamiento territorial con un Atlas de Multi-riesgos que englobe toda la gama de fenómenos peligrosos que pudieran presentarse en un territorio determinado, que contemple sus afectaciones, potenciales consecuencias y estrategias de mitigación y prevención desde un punto de vista integrador; además de subsecuentemente elaborar indicadores de exposición y vulnerabilidad social, económica y medioambiental, para finalmente llegar a la cuantificación y georreferenciación del riesgo, inclusive pudiendo posteriormente observar la resiliencia, siendo éste un término muy en boga en los círculos políticos de la segunda década del siglo XXI en el marco nacional, debido a que conceptualmente ha venido a reemplazar de manera paulatina a la sustentabilidad dentro de los discursos de prevención y mitigación de desastres.

Tal necesidad se ve magnificada dentro del territorio nacional a causa de, entre otras variables, la gran variedad y frecuencia de fenómenos peligrosos que se presentan en el país, y que gracias a factores como omisiones en las estrategias de protección civil, ingeniería urbana no apta para soportar el embate de tales fenómenos, y/o mala planeación de las políticas públicas. Los daños ocasionados por estas incidencias, aún aquéllas de magnitud moderada, son considerables tanto para la población como para la infraestructura y por supuesto sed significan por la reducción de la capacidad de prestar servicios ambientales de los ecosistemas de un territorio tan amplio como Zapopan.

Bibliografía.

- Aceves, F., Legorreta, G. y Álvarez, Y. (2014). "Cartografía geomorfológica para inventario de procesos gravitacionales en la cuenca del arroyo La Ciénega, flanco oriental del volcán Nevado de Toluca" *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 66 No. 2, pp. 329 – 342. Descargado el 02/07/2017 de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v66n2/v66n2a9.pdf>
- Arcos Serrano, M. E., Izcapa Treviño, C., Bernabé Espinosa, L., Rivera Balboa, R. D., Bravo Medina, E. (2007). "Riesgos Químicos". *Serie Fascículos 2ª edición, Secretaría de Gobernación*. Consultado el 30/06/2017 en <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/133-FASCICULORIESGOSQUIMICOS.PDF>
- Ayala-Carcedo, F. y Olcina, J. (Coords.) (2002). "Riesgos naturales". Barcelona, España: Ariel Ciencia pp. 41-264
- Carrillo de la Cruz, L., Escalona Alcázar, F., Zamora Camacho, A. y Núñez Cornú, F. (2015). "Interpretación de lineamientos estructurales en Nayarit, México, aplicando sensores remotos y software libre" *GEOS*, Vol. 35, No. 2, pp. 1-8. Descargado el 15/07/2017 de: <http://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos95-2/carrillo.pdf>
- CEA. Comisión Estatal del Agua Jalisco (2015). "Ficha técnica hidrológica del municipio de Zapopan". p. 15 consultado el 30/08/17 en http://www.ceajalisco.gob.mx/doc/fichas_hidrológicas/region4/zapopan.pdf
- CENAPRED."Atlas Nacional de Riesgos". Consultado el 30/06/2017 en <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx>
- CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres (1999). "Curso sobre diseño y construcción sismo-resistente de estructuras" CENAPRED: México D.F. Descargado el 2/08/2017 de: http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/374/1/images/curso_dcse.pdf
- Chuvieco, E., Congalton, R. (Agosto 1989). "Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping". *Remote Sensing of Environment*, Ed. Elsevier Vol 29, Issue 2, pp 147-159. Descargado el 17/07/17 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425789900230>

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2000-2017). Puntos de calor detectados con imágenes de satélite. Descargado el 22/07/17 de <http://incendios.conabio.gob.mx/>
- CONAFOR. Comisión Nacional Forestal (2012-2017). Incendios forestales registrados en el municipio de Zapopan, Jalisco. Solicitado el 11/08/17
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. "Inventario de Presas". *Sistema de seguridad de presas* consultado el 30/08/17 en http://201.116.60.136/inventario/hnombre_presa.aspx
- Elorza, M. (2008). "Geomorfología". Madrid. Pearson Educación.
- ESRI (s/f) *Manual de Usuario de ESRI*. Consultado el 17/07/17 en <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- Ferrari, L. (2000). "Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década". Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. V No. LIII, pp. 84-92. Descargado el 10/08/2017 de: <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca03/5301/ferrari.pdf>
- Ferrari, L., Valencia-Moreno, M. y Bryan, S. (2005). "Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica". Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Vol. LVII No. 3, pp. 343-378. Descargado el 15/08/2017 de: [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/5703/\(5\)Ferrari.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/5703/(5)Ferrari.pdf)
- Ficha Técnica Hidrológica Municipal de Zapopan elaborada por la Comisión Estatal del Agua (CEA) en el año 2015.
- Flores Garnica, J. G. (2009). "Impacto Ambiental de Incendios Forestales". *Ed. Mundi Prensa México*
- Guía para la elaboración de estudios técnico de Ordenamientos Ecológico Regionales y Locales 2015, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Gutiérrez, C. (2000). "Clasificación de municipios de la República Mexicana de acuerdo con la regionalización sísmica". CENAPRED: Descargado el 21/08/2017 de: http://www.cenapred.unam.mx/es/Transparencia/FAQ/SISI/Anexo7.2/00_07_CI_RG_30052000.pdf

- H. Ayuntamiento de Zapopan (2014). Reglamento para el establecimiento de gasolineras y estaciones de servicio en el municipio de Zapopan, Jalisco. p. 6 Consultado el 01/08/2017 en <http://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2011/06/Reglamento-para-el-Establecimiento-de-Gasolineras-y-Estaciones-de-Servicio-en-el-Municipio-de-Zapopan2.pdf>
- H. Ayuntamiento de Zapopan (2016). Reglamento del rastro municipal de Zapopan, Jalisco. Consultado el 01/08/2017 en <http://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2011/06/Reglamento-del-Rastro-Municipal-de-Zapopan-Jalisco.pdf>
- Hack, J. (1975). "Dynamic equilibrium and Landscape evolution". Descargado el 17/08/2017 de: <http://geomorphology.sese.asu.edu/Fall08.html>
- Jaimes, M., Niño, M. y Reinoso, E. (2013). "Una aproximación para la obtención de mapas de desplazamiento translacional de laderas a nivel regional inducidos por sismos". Revista de ingeniería sísmica No. 89, pp. 1 – 23. Descargado el 22/08/2017 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2013000200001
- Krishna Singh, S., Pérez Campos, X., Iglesias, A., Espindola, V. & Ramírez, L. (2017). Guadalajara, México, Earthquake sequence of December 2015 and May 2016: source, Q, and ground motions [online]. *Geofísica Internacional*, Vol. 56 No. 2, pp. 173-186. Descargado el 15/07/2017 de: http://www.geofisica.unam.mx/unid_apoyo/editorial/publicaciones/investigacion/geofisica_internacional/anteriores/2017/0
- López, F., Rubio, J. y Cuadrat, J. (1992). Geografía física. España, Cátedra.
- Lugo, J. (1988). "Elementos de la geomorfología aplicada (métodos cartográficos)". Ciudad de México. UNAM.
- Lugo, J. (2011). "Diccionario geomorfológico". Ciudad de México. UNAM, Instituto de Geografía.
- MARN. Ministerio de medio ambiente y recursos naturales de El Salvador (2017). Consultado el 25/07/17 en <http://www.marn.gob.sv/mapas-de-puntos-de-calor/>
- Núñez-Cornú, F. (2011). "Peligro sísmico en el Bloque de Jalisco, México". Física de la Tierra: Universidad Complutense de Madrid, Vol. 23, pp. 199 – 229. Descargado el 21/07/2017 de: <http://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/view/36919>

- Peñuela, I. y Carrillo, J. (2012). "Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: –sur de la Mesa Central, México" Instituto de Geografía Vol. 81. Descargado el 14/08/2017
de:<http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/articulo/view/30518/41962>
- Pratt, M. (s/f). "Modeling Fire Hazard". *Manual de Usuario de ESRI*. Consultado el 17/07/17 en <https://www.esri.com/news/arcuser/0700/files/firemodel.pdf>
- Quintero-Legorreta, O., Michaud, F., Bourgois, J. & Barrier, E. (1992). "Evolución de la frontera septentrional del Bloque de Jalisco, México, desde hace 17 Ma." Instituto de Geología, UNAM, Vol. 10 No. 2, pp. 111-117. Descargado el 25/07/2017: [http://satori.geociencias.unam.mx/10-2/\(2\)Quintero.pdf](http://satori.geociencias.unam.mx/10-2/(2)Quintero.pdf)
- Rutz-López, M. & Núñez-Cornú, F. (2004). "Sismotectónica del Norte y Oeste del Bloque de Jalisco usando datos sísmicos regionales". GEOS, Vol. 24, No. 2, pp. 2-13. Descargado el 05/08/2017 de: <http://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos04-1/Rutzetal.pdf>
- Saavedra Ponce, V. (2107, 02, 17). *El Occidental*, Sección Local. Consultado el 02/08/2017 en <https://www.eloccidental.com.mx/local/este-ano-se-reubicara-la-planta-de-transferencia-en-el-vigia>
- SEMADET. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (208-2017). Incendios forestales registrados en el municipio de Zapopan, Jalisco. Solicitado el 19/06/17
- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C. (1986). "Riesgo sísmico en La Baja California". Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C: México D. F.
- Stock, J. (1993). "Tectónica de placas y la evolución del Bloque de Jalisco, México". California Institute of Technology, Vol. 252, No. 12, pp. 3-9. Descargado el 22/08/2017 de: http://authors.library.caltech.edu/50545/1/Stock_1993p3.pdf
- Suárez, J. (2001). "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales". Bucaramanga, Colombia: Ediciones UIS.
- Universidad de Guadalajara y H. Ayuntamiento de Zapopan (2006). "Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Zapopan, Jalisco" Caracterización del Subsistema Físico-Biótico pp. 1-180

- Términos de referencia para la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial (PMOET) 2005. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL).
- Valdivia, L. y Castillo, M. (2014). Los peligros naturales en Jalisco: estudio histórico de sus impactos territoriales. Universidad de Guadalajara: Guadalajara, Jalisco.
- Van Wagner, C. E. (1988). "Effect of slope on fires spreading downhill". *Petawawa National Forestry Institute* 18 pp. 818-820, Chalk River, Ontario, Canada
- Zúñiga-Dávila, R. (2011). "Notas introductorias a la sismología". Geociencias UNAM, pp. 1-36 Descargado el 24/08/2017 de: <http://www.geociencias.unam.mx/~ramon/sismo/IntroSism.pdf>



Gestión Integral
de la Ciudad



Gobierno de
Zapopan



Medio Ambiente
Gestión Integral de la Ciudad

ESTUDIO CONTEXTO URBANO PARA EL POEL DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN



Centro de Investigaciones y Estudios Antropológicos
Superiores en Antropología Social.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN: Los antecedentes de la planeación urbana de la AMG. _ 3

1. El Carácter del Desarrollo Urbano de Zapopan ____ ***¡Error! Marcador no definido.***

2. La Huella de Ciudad y el reflejo del tipo de urbanización _____ ***¡Error! Marcador no definido.***

3. Las restricciones y posibilidades de control de las superficies urbanizables _____ 21

4. El modelo de aptitud para el desarrollo urbano ____ ***¡Error! Marcador no definido.***

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plan de Ordenamiento de la zona conurbada de Guadalajara ____ ***¡Error! Marcador no definido.***

Figura 2. Huella de Ciudad Zapopan a partir de las dos últimas décadas __ ***¡Error! Marcador no definido.***

Figura 3. Localización de reservas Urbanas de Zapopan al 2012 ***¡Error! Marcador no definido.***6

Figura 4. Ubicación de superficies de zonas de Reserva Urbana _____ 20

Figura 5. Polígonos de contención Urbana en distritos de Desarrollo Urbano _ ***¡Error! Marcador no definido.***

Figura 6. Modelo de identificación de aptitud para urbanización ***¡Error! Marcador no definido.***

Figura 7. Zonas de mayor a menor aptitud para urbanización __ ***¡Error! Marcador no definido.***

Figura 8. Grado de aptitud del territorio para vivienda _____ ***¡Error! Marcador no definido.***

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Crecimiento de la Huella de Ciudad _____ ***¡Error! Marcador no definido.***

Tabla 2. Evolución legal de los planes parciales _____ ***¡Error! Marcador no definido.***

Tabla 3. Hectáreas efectivamente ocupadas como reservas urbanas ____ **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. Superficies con restricciones para urbanización en zonas de reservas **¡Error! Marcador no definido.9**

Tabla 5. Reservas aptas 2016 por polígono de contención urbana _____ **¡Error! Marcador no definido.3**

Tabla 6. Aptitud de las Reservas Urbanas _____ **¡Error! Marcador no definido.**

INTRODUCCIÓN: Los antecedentes de la planeación urbana de la AMG.

Uno de los municipios más grandes de Jalisco, es Zapopan con una extensión territorial del 1,229.48 Km² que representa el 31% del total del AMG. En el año 2012, se estimaba que era habitado por 1'243,756 habitantes¹ concentrados en tan solo 232.45 KM². Ese sólo dato nos haría pensar que la distribución de la población puede considerarse como equitativa y acorde a las condiciones del territorio con una densidad por habitante de 12 habitantes por kilómetro cuadrado si se considera la totalidad del territorio municipal y de 55 habitantes por kilómetro cuadrado si se ve en lo que respecta a la zona urbana de Zapopan. Ese criterio pareciera converger con lo que sustenta el POTMET ²

La densificación urbana deseable, supondría identificar condiciones urbanas de la ciudad y sus diferentes entornos, para promover el aprovechamiento óptimo de sus sistemas de transporte, infraestructura y equipamiento. Su equilibrio significaría la ausencia de superávit o déficit en los mismos, es decir, no se buscaría crear en el corto plazo las

¹ Segundo Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI

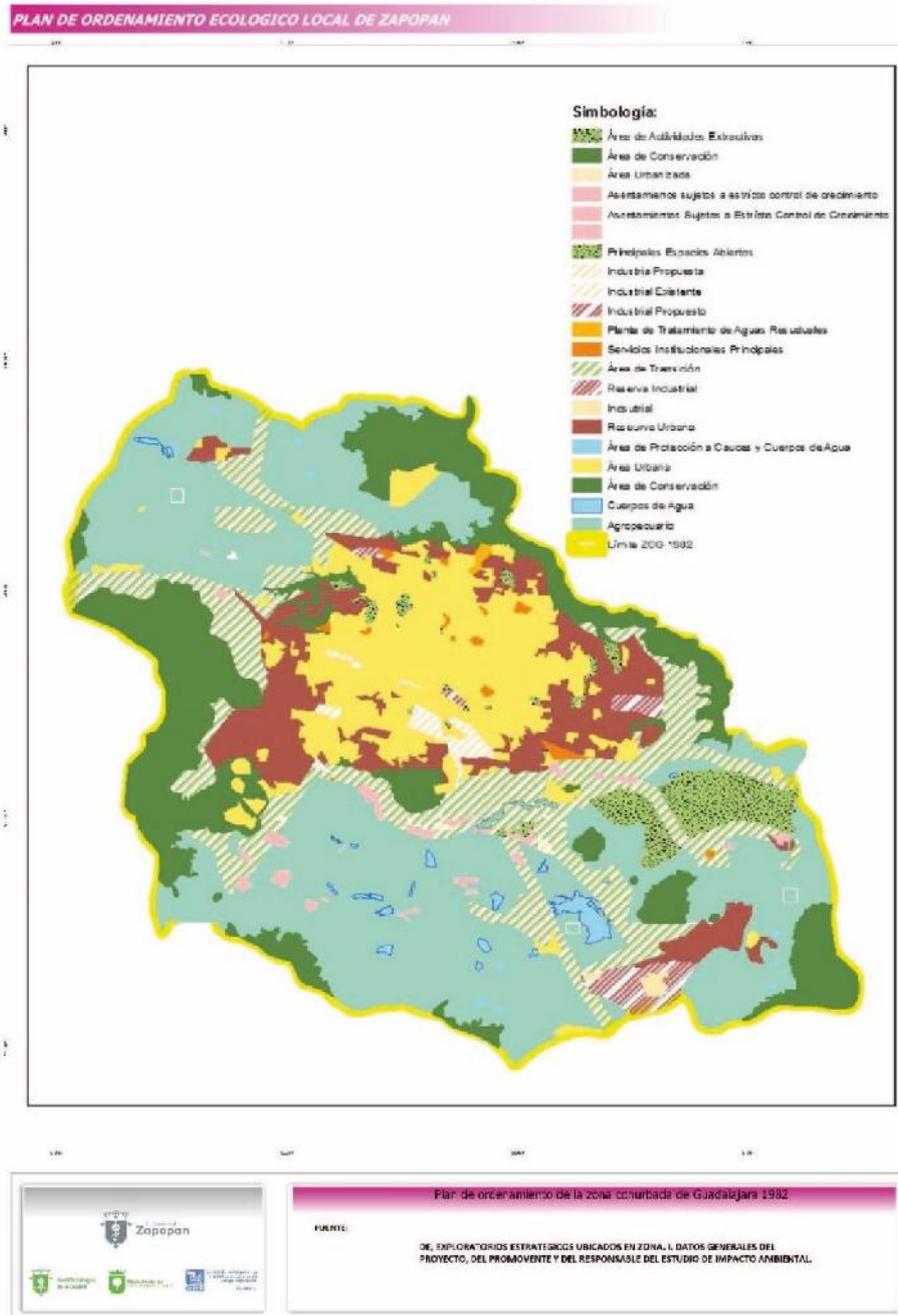
² El POTMET (p. 15) determina la zonificación primaria [por su forma] de clasificación más simple, tal como se usa en múltiples regiones desarrolladas del mundo. Distingue entre suelo urbano, suelo urbanizable y suelo no urbanizable. El primero es aquel en el que se realizan ya actividades urbanas típicas; el segundo es el conocido como “reserva urbana” y tiene el potencial de asimilar el crecimiento futuro de la ciudad en su componente físico; y el tercero, es el conjunto de áreas y suelos en los que, bajo ninguna circunstancia, se pueden desarrollar transformaciones a usos de ciudad. Sus definiciones fundamentales servirán de base para el diseño y armonización de las políticas públicas en materia de infraestructura y equipamiento, desarrollo económico y combate a la desigualdad, movilidad y medio ambiente.

condiciones para incrementar la densificación de la ciudad buscando un número mágico, sino reconocer las condiciones actuales del territorio, para proponer una densificación adecuada a tales características. (POTMET p. 69)

El municipio de Zapopan es una ciudad troncal de conexión hacia el pacífico con la parte norte de México. Por su territorio corren las principales vías de comunicación que conectan la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) con las autopistas importantes que van hacia las ciudades de Manzanillo, Colima y Zapotlán el Grande y por otro lado, hacia la zona costa y norte del Pacífico hacia Nayarit, Puerto Vallarta y Nogales.

Como debiera suceder siempre, el crecimiento de las ciudades debe regularse a partir de los instrumentos de planeación. En el caso de la ZMG existen antecedentes muy importantes para la planeación urbana que se remontan al año de 1943 cuando se elaboró el plan regulador de Guadalajara. En 1947, se creó la Junta General de Planeación y Urbanización del Estado, en 1970 se avanza y presenta un primer análisis del desarrollo urbano de Guadalajara, en 1976 se decreta La Ley General de Asentamientos Humanos del Estado de Jalisco, en 1977 se crea el departamento de Planeación y Urbanización de Estado de Jalisco, mientras que en 1982 se decreta el Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de Guadalajara (figura 1). Mientras que en el 2015 se instituye el instituto Metropolitano de Planeación cuya función primordial es la de ordenar el territorio metropolitano de la ZMG cuyo crecimiento había comprendido ya a 9 municipios: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, Ixtlahuacán de los Membrillos, El Salto, Juanacatlán y Zapotlanejo.

Figura 1. Plan de Ordenamiento de la zona conurbada de Guadalajara



Fuente: Sistema de Información Geográfica POELZ 2018

Pero vale la pena analizar cómo se han procesado los cambios en los planes de desarrollo urbano a nivel metropolitano a partir del año 2000. Ese año, se elaboró el documento correspondiente al Plan de Ordenamiento, mientras que en el 2007 se planteaba el Plan intermunicipal (PIDU) que si bien sirvió de base para estudios y procesos posteriores se quedó como propuesta. En 2008, se aprueba

el código urbano de Jalisco y en el 2011 la Ley de Coordinación Metropolitana. Entre el 2010 y 2012 se avanza en los trabajos del Plan de ordenamiento de la región metropolitana, el cuál finalmente se prueba en el 2016 como el Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano mejor conocido como el POTmet.

1. El Carácter del Desarrollo Urbano de Zapopan

El crecimiento urbano en las grandes ciudades tiene que enfrentar actualmente grandes retos, derivados de los impactos sociales, económicos, culturales, ecológicos y políticos que afrontan los procesos de urbanización. Según estudios de ONU Hábitat en México se ha venido dando un proceso de urbanización acelerada. En América Latina se prevé que la población urbana aumente hasta 609 millones de habitantes para el año 2030 que fundamentalmente se ubicarán en zonas urbanas (ya se afirma que ahora vive ahí el 85% de la población).

El crecimiento de una ciudad se refleja en los cambios de la estructura urbana que se asocian al fenómeno del crecimiento territorial y al aumento de su población. Los factores que propician este crecimiento son variados, influye el factor de la migración, que se origina por el abandono precipitado de las zonas rurales y la crisis productiva del campo y la falta de rentabilidad de las actividades agropecuarias. Otro elemento es la conurbación limítrofe entre municipios cercanos, en el caso de la Zona Conurbada de Guadalajara en la cual convergen 5 grandes municipios de la ZMG. (Zapopan, Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque y Tlajomulco de Zúñiga).

Autores como Haig (1927), Clark (1974) y Hort (2005) afirmaban que las vías de comunicación se convirtieron en los factores detonantes del el crecimiento urbano.³ Otro factor decisivo para el crecimiento territorial y poblacional es el surgimiento de nuevos cotos residenciales, áreas de comercios, infraestructura y diversos equipamientos, además de la dotación de servicios.

Los diversos estudios urbanos citados antes, coinciden en que las principales transformaciones que han experimentado durante las dos últimas décadas las ciudades de América Latina, muestran que la principal causa de producción del

³ Análisis de Crecimiento Urbano: Una aproximación al estudio de los factores de crecimiento de la Ciudad de Manizales. Ana Andrea Cifuentes Ruiz. Ed. Juan Pablo Londoño Linares, 2010

espacio urbano está asociada a las estrategias del negocio inmobiliario de corte neoliberal. Derivado de ello, el gobierno ha dejado de tener el mayor peso en la planificación urbana. De hecho, el desarrollo urbano se rige cada vez en mayor medida por la oferta y la demanda del suelo urbano y urbanizable. Ese factor ha ocasionado un aumento considerable en la fragmentación de las ciudades y una mayor polarización y segregación social.

La ZCG se ha expandido en la última década de forma caótica. Ese proceso se ha evidenciado mayormente en el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, el cual comparte límites territoriales con Zapopan y Guadalajara. Una vez que Tlajomulco ha empezado a estabilizar ese desorden, dado que ha logrado limitar la construcción de nuevos fraccionamientos y ejercer mayores controles sobre sus reservas urbanas, el proceso explosivo tendió a ubicarse en Zapopan puesto que el municipio de Guadalajara ya no tiene grandes extensiones de suelo para urbanizar.

Para comprender el contexto de la expansión urbana de Zapopan hay que entender que han existido movimientos importantes de habitantes que decidieron salir de la zona centro de Guadalajara y trasladarse a la periferia, aunque esto trajera como consecuencia que sectores importantes de los nuevos pobladores se encontraran lejos de los centros de trabajo, de las instituciones escolares y de las fuentes de esparcimiento.

Otro elemento importante para detonar el crecimiento de la ciudad Zapopan es la migración de la población de municipios considerados chicos que cuentan con pocas oportunidades de trabajo y de educación, dado que no cuentan con instituciones educativas de nivel superior a su alcance. Se trata, en ese sentido, de movimientos de población rural que migran a la ZMG en especial al municipio de Zapopan y esos nuevos pobladores buscan cumplir un sueño y contar con oportunidades de trabajo, de educación y mejores condiciones de vida. Esto se asocia con las posibilidades de hacer un mejor negocio económico que es un factor que acelera el crecimiento de la urbe en Zapopan, porque atrae la instalación de grandes corporativos nacionales e internacionales de bienes y servicios.

Los elementos anteriores hacen un fuerte contrapeso en la formación de

espacios urbanos dentro del área urbana y urbanizable de Zapopan e incluso en las áreas que no debieran urbanizarse. En ese sentido, la ciudad y sus mecanismos de planeación y regulación de los usos del suelo se ven rebasados en sus capacidades para proveer los servicios mínimos indispensables que se requieren para la población como lo son; el agua, drenaje, luz, y servicios de salud, entre otros. Además de que no se puede garantizar la cercanía con el trabajo, ni tampoco un sistema de transporte de calidad para todos los habitantes en edad de trabajar y estudiar que habitan en el municipio de Zapopan.

Zapopan en la última década ha presentado un cambio radical en el uso de los suelos con vocación agrícola, el cual deja en evidencia un proceso de especulación que genera la existencia de diversos intereses dentro del proceso de cambio del uso del suelo agrícola a urbano. Entre los actores relevantes que promueven ese cambio de uso de suelo, podemos encontrar sectores de ejidatarios, los líderes de los colonos, las burocracias de los tres niveles de gobierno, algunos representantes populares, así como regidores y diputados locales, aparte de algunos colonos como ha identificado el fenómeno que ocurre en diversas ciudades del país (Trujeque en Cuervo González, 1998: 44 y 45). Es notorio que las políticas de urbanización neoliberales no promueven el bienestar integral de la población y agravan la inequidad y marginación entre los habitantes puesto que no se ocupan de satisfacer las necesidades básicas y se interesan muy poco en la preservación de los recursos naturales. Debido a ello, ese tipo de urbanización profundiza los problemas medio ambientales y agudiza los conflictos relacionados con la falta de empleos, favorece una sobre demanda de los servicios básicos. Por otra parte relacionado con el acelerado proceso de ocupación de las áreas productivas de alimentos a nivel local, se escasea la producción de alimentos a nivel local y el agua, entre otros impactos desfavorables.⁴

De esta manera, hay que considerar a Zapopan como un ejemplo muy característico de lo que sucede en los municipios de América Latina, en especial de las zonas conurbadas de México en donde las autoridades municipales no han logrado ejercer a plenitud su rol rector en la planificación urbana. Es por ello,

⁴ La modificación del suelo agrícola a urbano en el municipio de Texcoco, Estado de México

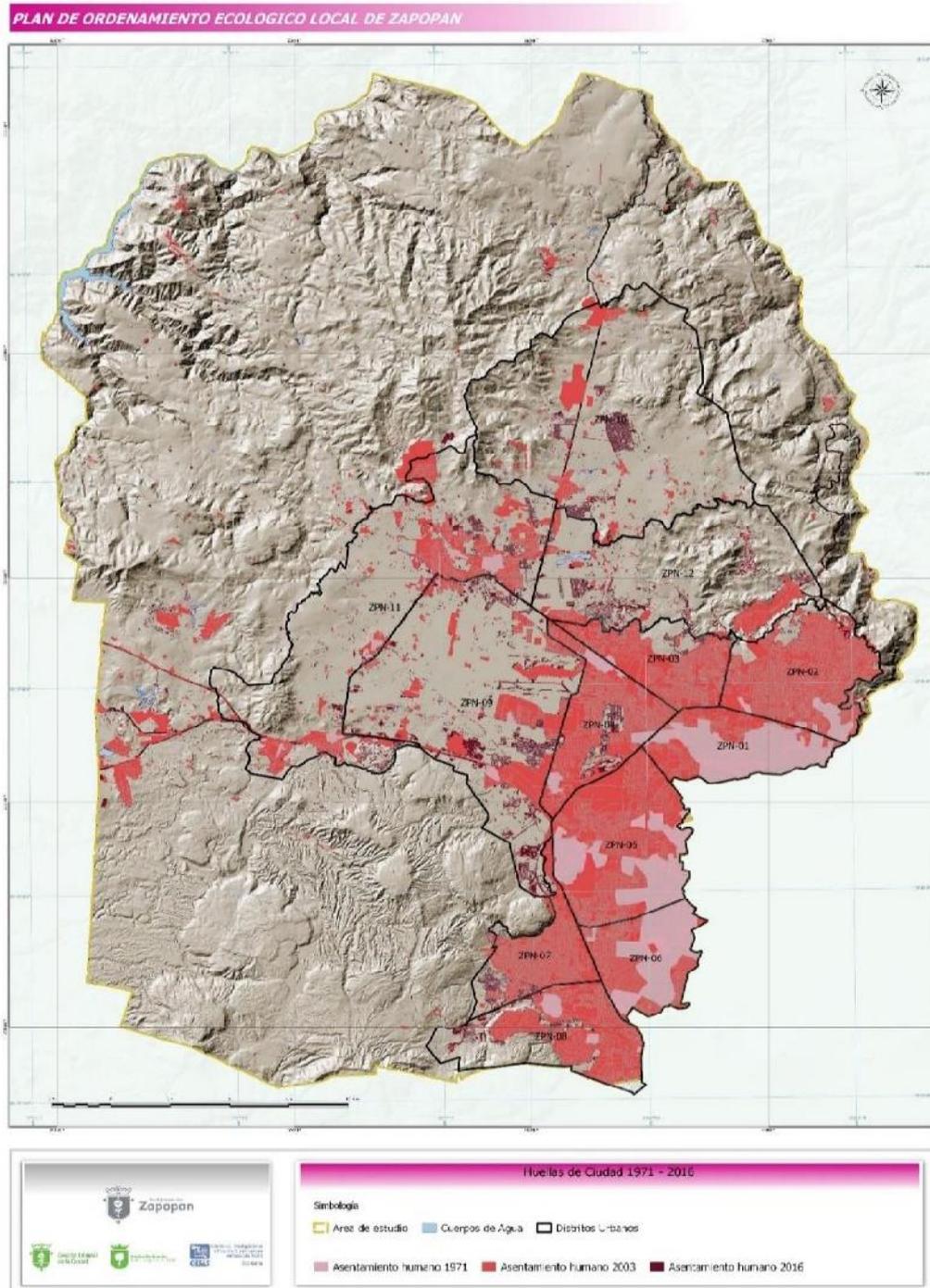
que en el estudio del índice de prosperidad de ONU Hábitat 2016 y 2018 se mantiene un bajísimo índice de gobernanza de la urbanización de 0 % y que se relaciona con la baja eficiencia del uso del suelo que no corresponde a las mejores condiciones de planeación ni de mayor aptitud urbana y tampoco ha contado con la participación ciudadana que avale dicho crecimiento. Este hecho, es convergente con el enfoque que ha prevalecido de dejar en manos de desarrolladores urbanos y otros factores ajenos a la planificación, la promoción del crecimiento de la urbe que se rige por la oferta y la demanda del suelo urbanizable e incluso no urbanizable.

Existe el supuesto de que las reservas urbanas deben justificarse y crearse para atender necesidades sentidas de los centros de población de la ciudad. Como establece Larissa Valdés (2015) las reservas son funcionales y servirán fundamentalmente para mejorar las condiciones de vida y satisfacer las necesidades de los habitantes de la ciudad y tener espacios para el crecimiento.⁵ Es decir, se busca superar las deficiencias de una ciudad dispersa, distante de los centros de trabajo, desconectada (del transporte y vialidades) y desigual. El uso de las reservas estratégicas de la ciudad (áreas urbanizables) debe dirigirse a establecer una ciudad compacta, cercana (a los centros de trabajo, educación, atención a la salud y con mejores condiciones para la prestación de servicios municipales), conectada (por transporte y vialidades adecuadas) y equitativa entre las distintas zonas (POTmet p. 14). Por no existir esas condiciones se ha ocasionado un aumento considerable en la fragmentación urbana y la segregación social. La Figura 2 presenta como ha ido expandiéndose la huella de ciudad Zapopan en los últimos 10 años en los que se cubren anticipadamente las reservas territoriales que debieran ser de largo plazo y que estarían condicionadas. En el estudio de Expansión Urbana un análisis y prospectiva 1970-2045 del IMEPLAN (p.92) se conciben dichas reservas territoriales como estratégicas para Zapopan, tanto por sus posibilidades para conectar la ciudad como para establecer corredores biológicos necesarios para la preservación de las áreas naturales de la ciudad y para la preservación de las reservas de agua.

⁵ Ver Larissa Valdés Reservas Territoriales Presentación PREZI , Marzo 13 de 2015.

Se observa que en un plazo muy corto de tiempo (la última década) se han ocupado territorios que incluso no son de la mejor aptitud urbana. Cabe señalar, que se trata de áreas que no están bien conectadas por vialidades y transporte público e incluso son zonas inundables y/o con escasez de agua y que no son zonas cuya fuente principal de agua pueda ser cubierta por la red de distribución del SIAPA. Como se muestra en la figura 2 las áreas desconexas que consumen reservas estratégicas prevalecen en tres zonas clave del municipio hacia el norte y el oriente del mismo.

Figura 2 Huella de Ciudad Zapopan a partir de las dos últimas décadas.



Fuente: Elaboración Propia, con base en imágenes satelitales 1971-2016, información de Planes parciales, 2000, Traza Urbana INEGI 2010 y Manzanas de Catastro del H. Ayuntamiento de Zapopan 2016.

2. La Huella de Ciudad y el reflejo del tipo de urbanización

Para el periodo 1971- 2003 la huella de la ciudad aumento 5.38 veces su tamaño con una tasa de crecimiento anual en sus momentos más extremos del 16.68%. Este dato confirma que se ha dado un crecimiento acelerado del territorio urbanizado, con todas las implicaciones que ese hecho acarrea en términos de la prestación de servicios municipales, movilidad y calidad de vida de sus habitantes. Cabe señalar, que no se han tenido las provisiones necesarias ni de parte del gobierno municipal, ni de parte de los ciudadanos que viven cerca de esas áreas sobre todo en algunos pueblos tradicionales como Tesistán, San Esteban, La Venta del Astillero y Nextipac. para anticiparse y tener una infraestructura adecuada.

Tabla 1. Crecimiento de la Huella de Ciudad

| SUPERFICIE URBANA | | |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| AÑO | HA. | TASA DE CRECIMIENTO ANUAL |
| 1971 | 3,841.72159 | |
| 2003 | 20,658.9716 | 13.68 % |
| 2016 | 37,345.3612 | 6.21 % |

Fuente: Elaboración Propia, con base en imágenes satelitales 1971-2016, información de Planes parciales, 2000, 2012, Traza Urbana INEGI 2010 y Manzanas de Catastro del H. Ayuntamiento de Zapopan 2016

Con estos datos de la huella de ciudad se puede observar que la ocupación del territorio para el desarrollo urbano produce alta fragilidad en el territorio de la ciudad sobre todo en las periferias por la baja capacidad del gobierno para seguir dotando de servicios a los territorios que están fuera de las áreas ya urbanizadas, por esa razón, es frecuente que la urbanización de esas áreas sea de menor calidad y a futuro pueda volverse insostenible. El factor explicativo es sencillo y se deriva del hecho de que se han rebasado las fronteras de las zonas con mejor infraestructura en la actualidad y la capacidad del gobierno en sus tres niveles es limitada para cubrir esas posibilidades.

En los últimos 17 años, se han realizado modificaciones a los planes parciales de desarrollo urbano aprobados de Zapopan. En el año 2000 se aprobó la actualización de los 10 distritos urbanos existentes en esa época, en diferentes momentos en los que se realizaron modificaciones a distritos y sub distritos

indistintamente. Fue en el año 2012 que se realizó una modificación general y se reestructuraron los límites de los Distritos Urbanos que pasaron de 10 a 12. Cabe destacar, que los planes parciales se limitan a planificar el territorio que se encuentra dentro de los Distritos Urbanos propiamente y buscan proyectar las áreas urbanizables bajo el supuesto de que son las áreas de reserva urbana de mayor aptitud para vivienda e infraestructura urbana. Otro supuesto es que las áreas de menor aptitud y las no urbanizables quedan fuera del ámbito de los planes parciales. El problema es que son áreas que por diversas circunstancias han quedado expuestas a manejos de corte especulativo que las vuelven más vulnerables. En la generalización y estandarización de todos los planes parciales se pasaron por alto esas condicionantes y además se crearon nuevas reservas urbanas. Ver tabla 2

Tabla 2. Evolución legal de los planes Parciales

| Distrito | Sub distrito | Año de Aprobación Planes Parciales | | | | | | | | | | |
|----------|--------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2012 |
| ZPN-1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 2 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 3 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 6 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 7 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 9 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 10 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 11 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 12 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| ZPN-2 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 2 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 3 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 4 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 5 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 6 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 7 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 9 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 10 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 11 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 12 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 13 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 14 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 15 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| ZPN-3 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | 2 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 3 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 4 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 5 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | 1 |

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN JALISCO

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|
| | 6 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 7 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| ZPN-4 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | 2 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | 3 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | 4 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 5 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 6 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 7 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 9 | | 1 | | 2 | | | | | 1 | | 1 |
| | 10 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 11 | | 1 | | 1 | | | | | | | 1 |
| ZPN-5 | 1 | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 2 | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 3 | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 4 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 5 | 1 | 1 | | 1 | | | | | 1 | | 1 |
| | 6 | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | 1 |
| | 7 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 9 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 10 | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | 11 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 12 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 13 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 14 | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 15 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| ZPN-6 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 2 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 3 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 4 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 5 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 6 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 7 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 9 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 10 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 11 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 12 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 13 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| ZPN-7 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 2 | 1 | | 1 | | | | | | | | 1 |
| | 3 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 4 | | 1 | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 5 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 6 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 7 | | 1 | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 9 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 10 | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| | 11 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 12 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| ZPN-8 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| | 2 | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| | 3 | | 2 | | | | | | 1 | | | 1 |
| | 4 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| | 5 | 1 | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | 6 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 7 | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | 8 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 9 | 1 | | | | | | | 1 | | | 1 |

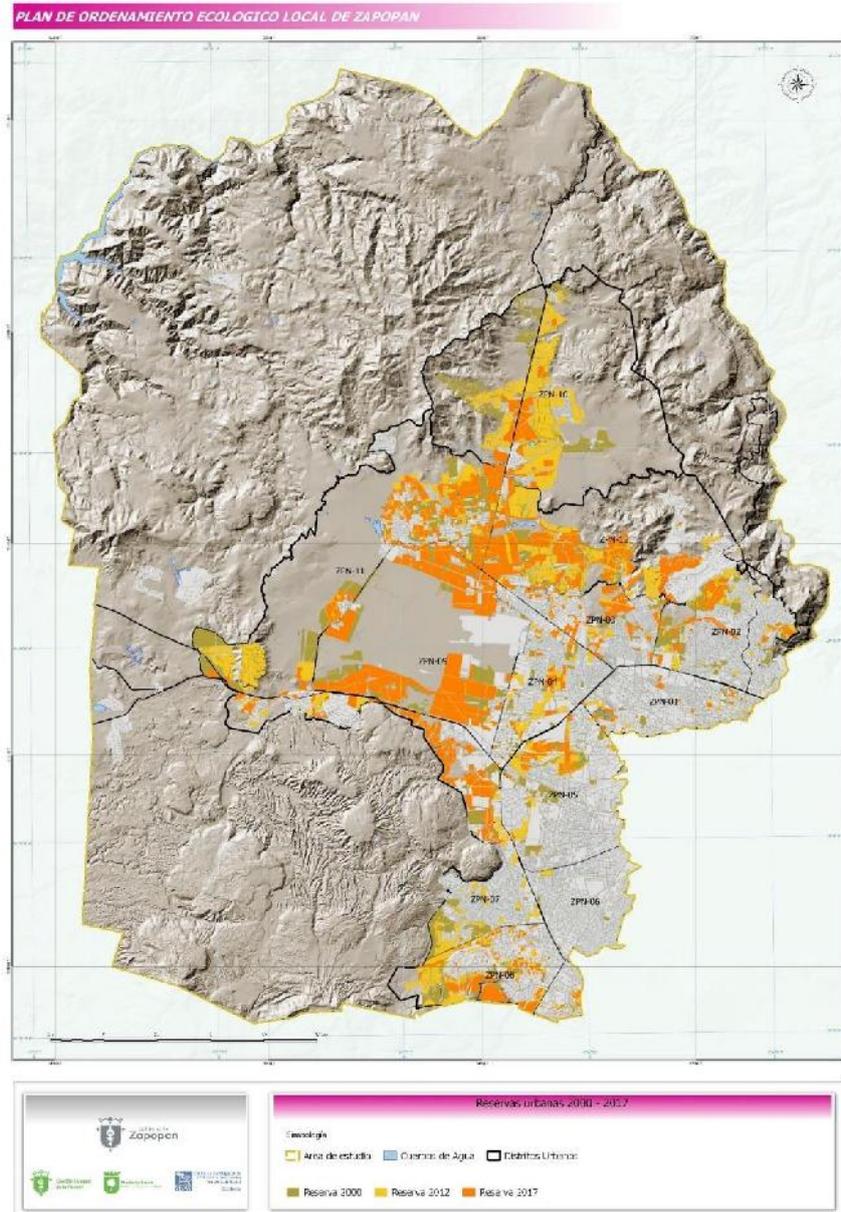
PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN JALISCO

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | |
| | 11 | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | |
| | 12 | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| ZPN-9 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| | 2 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | |
| | 3 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 4 | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | |
| | 5 | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | |
| | 6 | 1 | | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 7 | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| | 8 | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | |
| | 9 | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | |
| | 10 | | 1 | | | | | | | | 1 | |
| | 11 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | |
| | 12 | 1 | 2 | | | | 1 | | | | 1 | |
| | 13 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 14 | 1 | | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 15 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | 16 | 1 | | | 1 | | | | | | 1 | |
| | 17 | 1 | | | 1 | | | | 1 | | 1 | |
| | 18 | 1 | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | |
| | 19 | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | 20 | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | 21 | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | 22 | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| | 23 | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| | 24 | | | | | | | | | | | 1 |
| | 25 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| | 26 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 27 | | | | 1 | | 1 | | | | | 1 |
| | 28 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 29 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 |
| | 30 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 31 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | 32 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| 33 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | |
| 34 | | | | 1 | | | | | | | 1 | |
| 35 | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | |
| 36 | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | |
| 37 | | | | | | | | 1 | | | 1 | |
| 38 | | | | | | | | 1 | | | 1 | |
| 39 | | | | | | | | 1 | | | 1 | |
| 40 | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| ZPN-10 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 | |
| | 2 | | | | | 1 | | 1 | | | 1 | |
| | 3 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | |
| | 4 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | |
| | 5 | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | |
| | 6 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | |
| | 7 | | | | | 1 | | | | | 1 | |
| | 8 | | | | | 1 | | | | | 1 | |
| | 9 | | | | | 1 | | | | | 1 | |
| | 10 | | | | | 1 | | | | | 1 | |

Fuente: Elaborado con datos de la dirección de Ordenamiento territorial de Zapopan

Las reservas urbanas con que ha contado el Municipio de Zapopan desde el año 2000 al 2012 se reflejan en la figura siguiente. Se puede observar en la figura 3 las reservas del 2017 tendieron a ubicarse en las zonas desconexas y de la ciudad menos compacta.

Figura 3. Localización de reservas Urbanas de Zapopan al 2012.



Fuente: Elaboración Propia, con base en información de Planes parciales, 2000 y 2017 del Municipio de Zapopan

En los planes parciales modificados a partir del año 2000 se contó con 7,823.0 Hectáreas de reservas urbanas de las cuáles para el año 2010 se habían consumido 3,776.16 hectáreas aproximadamente. Entonces sólo quedaban 4,046.85 ha. aproximadamente por urbanizar. De éstas se eliminaron 673.88 hectáreas en el 2012.

En los planes parciales del 2012 se autorizaron nuevas reservas urbanas llegando a un total de 8,269.69 lo que significó un incremento del 10.43% respecto a las reservas que quedaban por consumir antes de la aprobación de

los planes en el año 2012. A febrero del 2016 se consumieron 2,707.86 hectáreas, quedando por consumirse 5,561.82 hectáreas. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Hectáreas efectivamente ocupadas como reservas urbanas

| RESERVAS URBANAS | | RESERVAS URBANAS CONSUMIDAS | |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Año | Superficie en Hectáreas | Año | Superficie en Hectáreas |
| 2000 | 7,823.00 | 2000-2010 | 3,776.16 |
| 2012 | 8,269.69 | Del 2010 al 2017 | 2,707.86 |
| 2017 | 5,409.45 | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Planes Parciales de desarrollo Urbano de Zapopan 2000 y 2012

Algo importante que se debe de buscar en la planificación urbana es la asignación de sitios de la mayor aptitud para un uso apropiado del suelo urbano. En el caso específico del uso óptimo de las reservas para asentamientos humanos, esa selección se ha basado en un conjunto de criterios del territorio que no siempre guardan absoluta congruencia entre ellos, (uso actual del suelo, pendiente, riesgos naturales y antrópicos, disponibilidad del recurso hídrico, vías de comunicación, disponibilidad de servicios básicos, cercanía con fuentes de trabajo, entre otras). Lo ideal es hacer una evaluación con criterios de optimizar el costo-beneficio de forma transparente para la toma de decisiones de las autoridades municipales y la población en general.

De esa manera, la futura expansión urbana podrá trascender ciertas restricciones y limitantes que pueden considerarse como contradictorias y está contempladas en el código urbano, como lo son zonas afectadas por peligros naturales, inundación, deslizamiento, cauces de ríos, gasolineras, ductos de combustible, así como zonas decretadas como áreas naturales protegidas.

Los peligros naturales no se pueden evitar, por lo que el riesgo es un factor muy importante a considerar en la ubicación de las reservas urbanas. Un terreno con pendiente mayor a 15 grados además de que incrementa las posibilidades de provocar inundaciones, de por sí, es menos favorable para urbanizarse porque eleva los costos de construcción y de la dotación de los servicios básicos. Otro elemento no menos importante es contar con dotación de agua potable. Se

enlistan en la tabla siguiente una serie de restricciones que son limitantes para el desarrollo de espacios urbanos y que deben descontarse a las superficies de las reservas urbanas. De hecho, en el código urbano esas restricciones se conciben como áreas de restricción efectivas que se relacionan con la protección a cuerpos y cauces de agua, con instalaciones ferroviarias, militares, áreas de riesgo, áreas por donde pasa una infraestructura, instalaciones de agua potable y drenaje y áreas de transición de Áreas Naturales Protegidas.

Las medidas de restricción que presenta cada una de las condicionantes establecidas en diversas leyes, normas y reglamentos que se aplican a cada tipo de superficie. Ejemplo de ello son las siguientes:

De acuerdo a las normas vigentes, la NRF-014-CFE de Comisión Federal de Electricidad y la Norma Oficial Mexicana NO-001SEDE-2005, las torres de alta tensión eléctrica no deben estar sobre zonas de viviendas o escuelas.

En las normas de seguridad, la CFE explica que la franja de derecho de vía para las líneas de 155 mil voltios es de 21 metros, para las de 230 mil volts es de 32 metros; y para la red de 400 mil voltios de 42 metros.

Las áreas de restricción de instalaciones ferroviarias: en cuanto se trate de estaciones de ferrocarril de pasajeros y carga, con sus respectivos patios de maniobras, así como a las vías ferroviarias, se supone que deberán respetar las instalaciones y áreas colindantes según las normas, limitaciones y restricciones a la utilización del suelo que señale al respecto la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a partir de la Ley de Vías Generales de Comunicación y demás leyes y reglamentos aplicables en la materia. En tratándose de vías de ferrocarril, se establece una franja mínima de 15 metros a cada lado del eje de la vía como servidumbre de la misma, debiendo estar esa área libre de edificaciones o instalaciones permanentes, salvo las que permitan las leyes federales. Estas áreas se identifican con la clave de las áreas de restricción de instalaciones especiales más la sub-clave (FR).

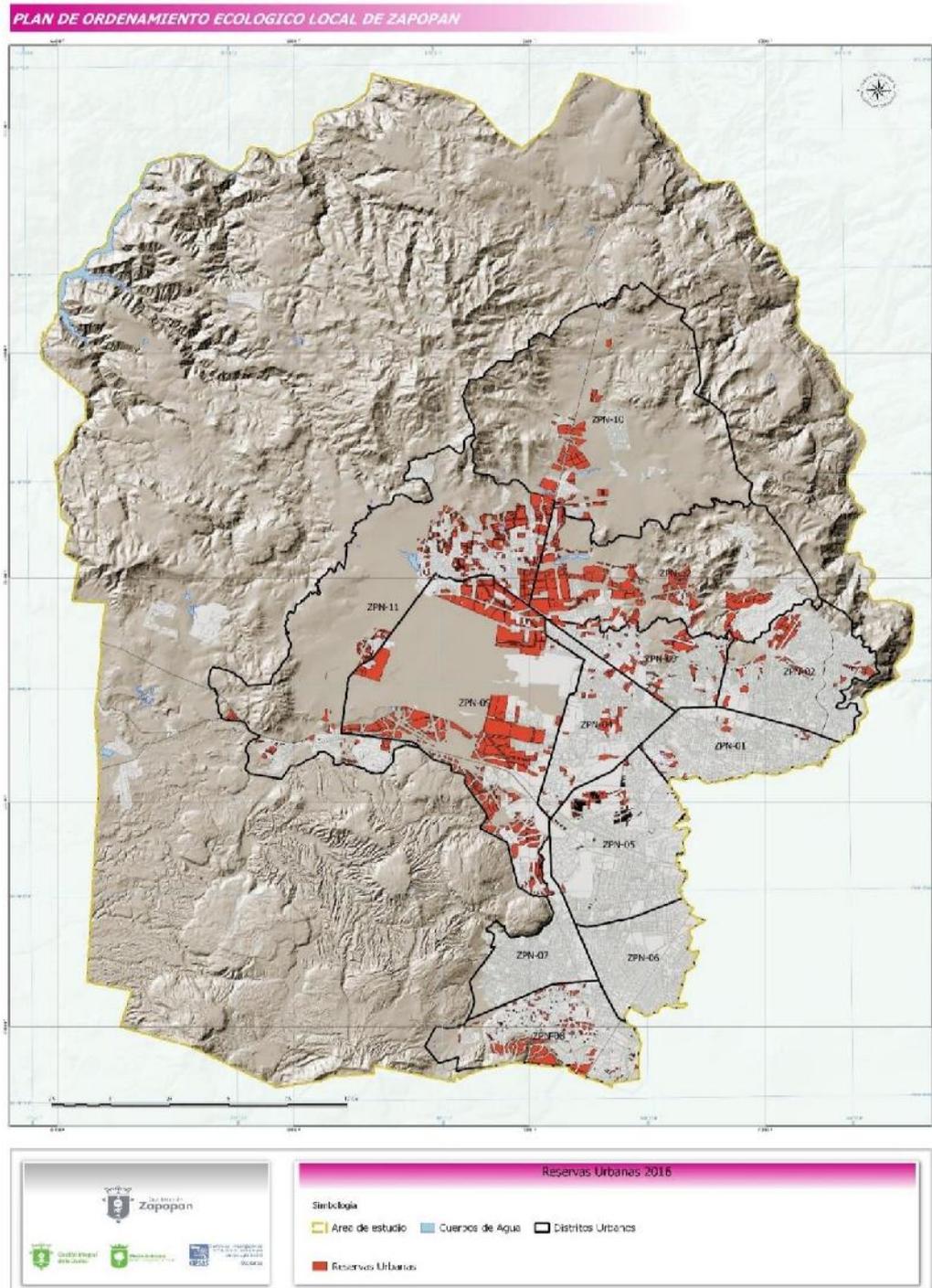
Sin ser exhaustivos en esa contabilización de superficies en la tabla y figura siguientes se ubican superficies que se deberán descontar a las reservas urbanas. Ver tabla 4 y Figura 4.

Tabla 4 Superficies con restricciones en zonas de reservas urbanas

| CONCEPTO | Superficie en Hectáreas |
|--|-------------------------|
| Reservas por urbanizar al 2016 | 5,409.45 |
| Buffer de 50 metros en áreas cercanas a estaciones de gasolina | 2.44 |
| Buffer de 250 metros en áreas de vertederos | 56.24 |
| Buffer de 250 metros en áreas cercanas Rastros | 8.14 |
| Buffer de 50 metros en áreas de escurrimientos | 630.17 |
| Buffer de 50 metros en áreas cercanas a vías férreas | 10.32 |
| Buffer de 100 metros en áreas de amortiguamiento de las Áreas Naturales Protegidas | 44.74 |
| Buffer de 50 metros en áreas cercanas a cuerpos de agua | 54.15 |
| Buffer de 50 metros en áreas cercanas a gasoductos | 15.96 |
| Buffer de 50 metros en áreas debajo de cables alta tensión | 361.55 |
| Zonas de Inundación Alta y Muy Alta | 19.68 |
| Zonas de Hundimientos Alta y Muy Alta | 15.40 |
| Total de Reservas aptas para urbanizar | 4,190.65 |

Fuente: Elaboración Propia, con base en información de Planes Parciales de Zapopan, Leyes Federales, Leyes Estatales y reglamentos Municipales de Zapopan. Insumos de INEGI, e insumos del mismo POEL Zapopan.

Figura 4. Ubicación de Superficies de zonas de Reserva Urbana



Fuente: Elaboración Propia, con base en información de Planes Parciales de Zapopan, Leyes Federales, Leyes Estatales y reglamentos Municipales de Zapopan. Insumos de INEGI, e insumos del mismo POEL Zapopan.

3.- Las restricciones y posibilidades de control de las superficies urbanizables

En el 2011, se crearon por iniciativa de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) y la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) los Perímetros de Contención Urbana, cuya orientación primordial se dirige a contener el crecimiento disperso de las ciudades con población mayor a 15 mil habitantes.

Los polígonos de contención urbana se convierten en criterios indicativos para apoyar con créditos a los desarrollos urbanos dentro de áreas de reserva urbana que se ubican fuera de dichos polígonos. De esa forma, la política de vivienda y la de desarrollo urbano se vinculan buscando no sólo construir casas sino consolidar entornos y ciudades dignas.

Estos perímetros también conocidos como polígonos de contención Urbana (PCU), sirven para orientar los subsidios a la vivienda mejor ubicados, es decir que están próximos al empleo y a las facilidades de contar con servicios urbanos e infraestructura en el contorno de las 384 ciudades principales del país.

Uno de los principales objetivos de esta política es evitar la expansión de las manchas urbanas (para evitar) las muchas horas que tienen que dedicar las personas para ir y regresar a sus lugares de residencia.

Los PCU son de tres tipos, mismos que a continuación se describen:

U1: Esta ubicación comprende las áreas con mayores posibilidades para ubicar fuentes de empleo en su entorno y sirven como elemento clave para consolidar y cohesionar las ciudades. Son el resultado de la proporción que existe entre la población ocupada con respecto a la población residente. Se toman en cuenta los AGEBS que hay dentro de la ciudad.

U2. Este perímetro se articula en torno a las posibilidades de contar con servicios e Infraestructura. Se conforman con base en: 1) A partir de las posibilidades de empleo local conforme al U1; 2) incluir las áreas donde existen servicios e infraestructura y 3) Para poder establecer la vinculación con los perímetros U2 se requiere que el 75% de las viviendas de la Área Geo Estadística Básica (Ageb) cuente con servicios de agua y drenaje para la mayor parte de viviendas.

U3 en este se ubican las Zonas de Crecimiento Contiguas al Área Urbana Consolidada. Esas áreas quedan conformadas por un buffer o envolvente que cubre los contornos U1 y U2. De acuerdo con el rango de población de la ciudad se determina el perímetro de expansión. La idea es constituir un borde virtual de contención del crecimiento de las ciudades y orientar el crecimiento hacia las áreas más aptas y con conectividad de servicios, agua y drenaje, así como posibilidades de empleo que permitan hacer más rentable y vivible el entorno urbanizado.

Con esta clasificación se determinan las reservas que pueden ser susceptibles de alcanzar un subsidio para la vivienda ubicada en las reservas territoriales de las distintas zonas de la ciudad. A Su vez se deberán cubrir al menos uno de los siguientes requisitos.

- R1 Reserva adquirida sin uso habitacional
- R2 Reserva adquirida con uso habitacional
- R3 Reserva adquirida con uso habitacional e inversión en infraestructura y urbanización
- R4 Reserva adquirida con uso habitacional, urbanizada, con vivienda construida o en construcción.

En el caso de las reservas urbanas de Zapopan de las 4,190.65 hectáreas que se consideraron aptas para ser utilizadas en la construcción de viviendas, tan sólo 3,086.86 ha. se localizan dentro de los PCU. (Véase Tabla 5).

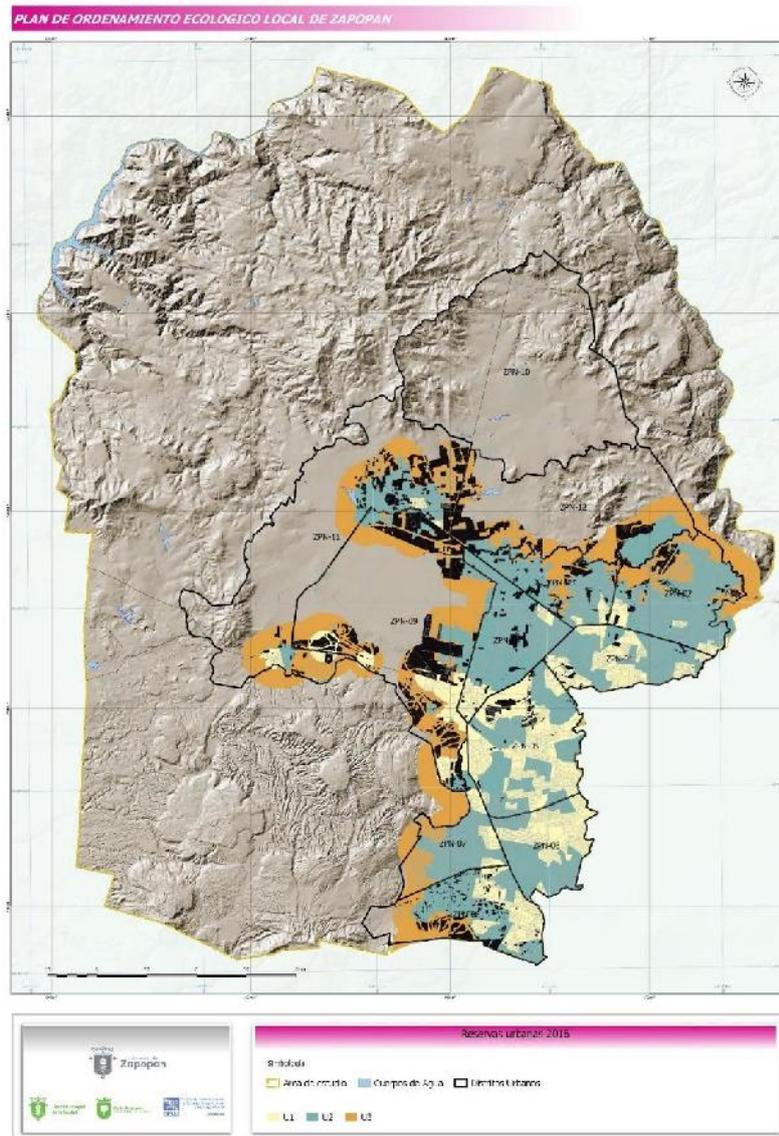
**Tabla 5. RESERVAS APTAS POR POLIGONO DE CONTENCIÓN URBANA
AL 2016**

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN JALISCO

| RESERVAS APTAS DENTRO DE POLÍGONOS DE CONTENCIÓN URBANA | |
|--|-------------------------|
| Tipo | Superficie en Hectáreas |
| U1 | 484.281855 |
| U2 | 1,226.69773 |
| U3 | 1,375.88902 |
| Total | 3,086.86 |

Fuente: Elaboración Propia, con base en información de Planes parciales, H.
Ayuntamiento de Zapopan y Polígonos de Contención Urbana 2015

Figura 5. Polígonos de contención Urbana en distritos de Desarrollo Urbano



Fuente: Elaboración Propia, con base en información de Planes parciales, H. Ayuntamiento de Zapopan y Polígonos de Contención Urbana 2015

Con la política de limitar el crecimiento Urbano se refuerza la idea de urbanizar donde es más adecuado y donde sea más factible y económicamente favorable para la dotación de servicios a toda vivienda de interés social y privada. Con ello, se busca privilegiar que el desarrollo se ubique dentro y no fuera de los límites de los PCU. Otro efecto que se busca es dejar de promover el cambio de suelos de uso agrícola de primera calidad a suelo urbano, de manera legal y sobre todo ilegal.

4.- El modelo de aptitud para el desarrollo urbano

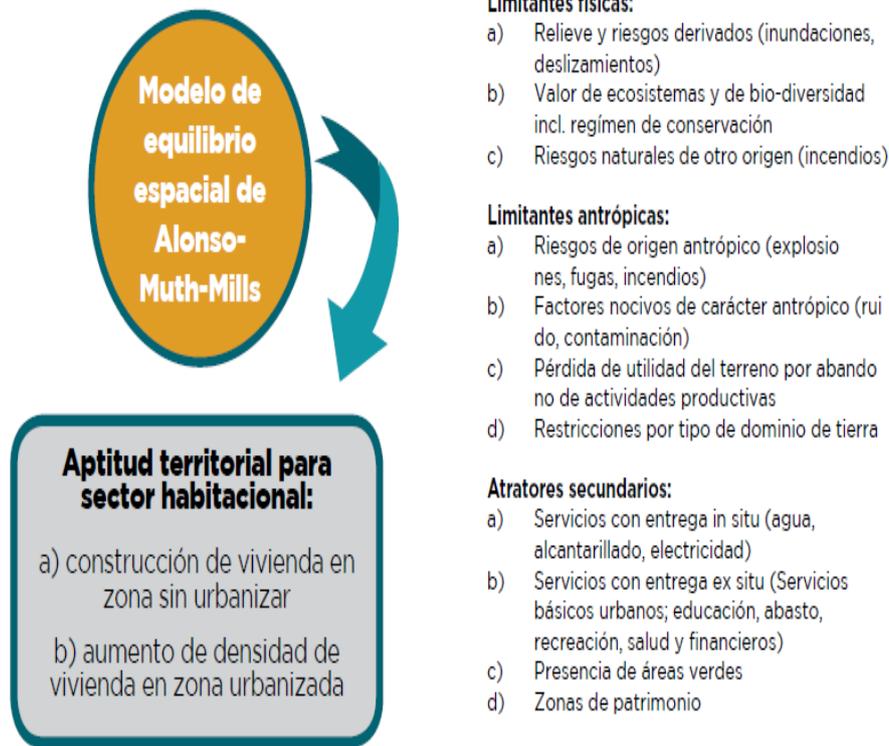
Otros elementos que se consideraron para identificar la aptitud del territorio como criterio para considerar las reservas urbanas en el uso habitacional, son los estudios desarrollados por el Instituto metropolitano de Planeación de la Zona Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN) en 2015 y 2016⁶. En el Plan de Ordenamiento Territorial del AMG se presenta un modelo para identificar la Aptitud Territorial para el Sector Habitacional.

Este modelo permite establecer cuál es el territorio óptimo para la vivienda, el cual queda limitado por cuatro factores: 1) el nivel de ingreso; 2) el costo de transporte; 3) el precio de la renta de la vivienda; y 4) el costo de compra de la misma. Todo lo anterior se caracteriza a partir de las variables físicas y antrópicas que determinan la creación de zonas de vivienda. Por otro lado, se pondera y calcula el peso de la disponibilidad de los servicios básicos urbanos. Los cuales hacen óptimo o menos óptimo el territorio para un desarrollo urbano.

Esta serie de variables limitantes y positivas se incorporan mediante el análisis multicriterio bajo el esquema siguiente:

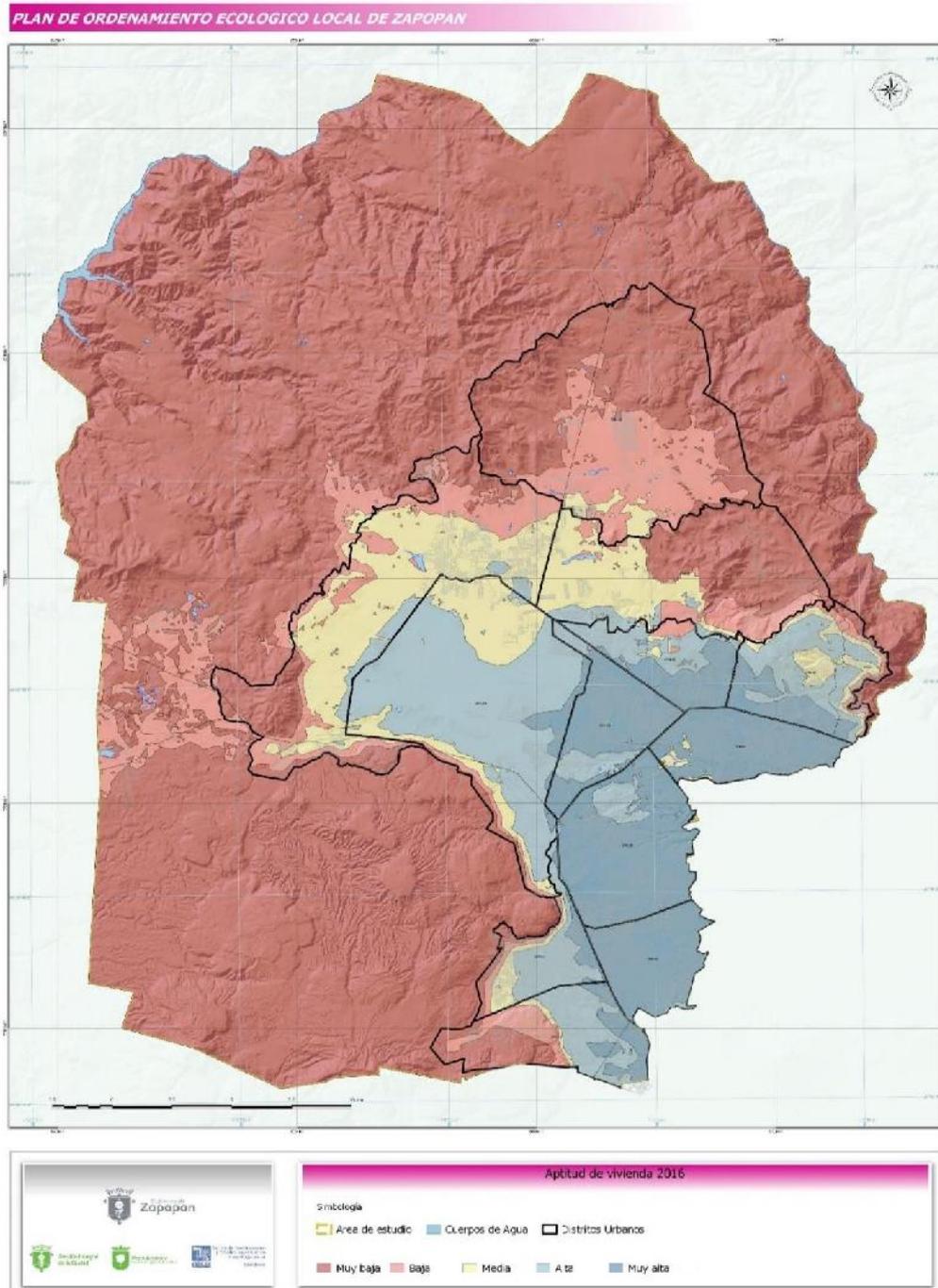
Figura 6. Modelo de identificación de aptitud para urbanización

⁶ El primer estudio es el de Expansión Urbana Análisis y prospectiva: 1970-2045 publicado en Septiembre del 2015 y el segundo el Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano publicado en junio de 2016.



Fuente: IMEPLAN. POTmet 2016 p. 231

Figura 7. Zonas de mayor a menor aptitud para urbanización



Fuente: Elaboración Propia, con Base en Reservas Planes Parciales 2012, raster Aptitud Vivienda, datos abiertos IMEPLAN

De esta manera las 3,086.86 hectáreas que se encuentran dentro de los PCU, se clasificaron de acuerdo con los polígonos de Aptitud habitacional quedando distribuidos de la siguiente manera. (Ver tabla 6).

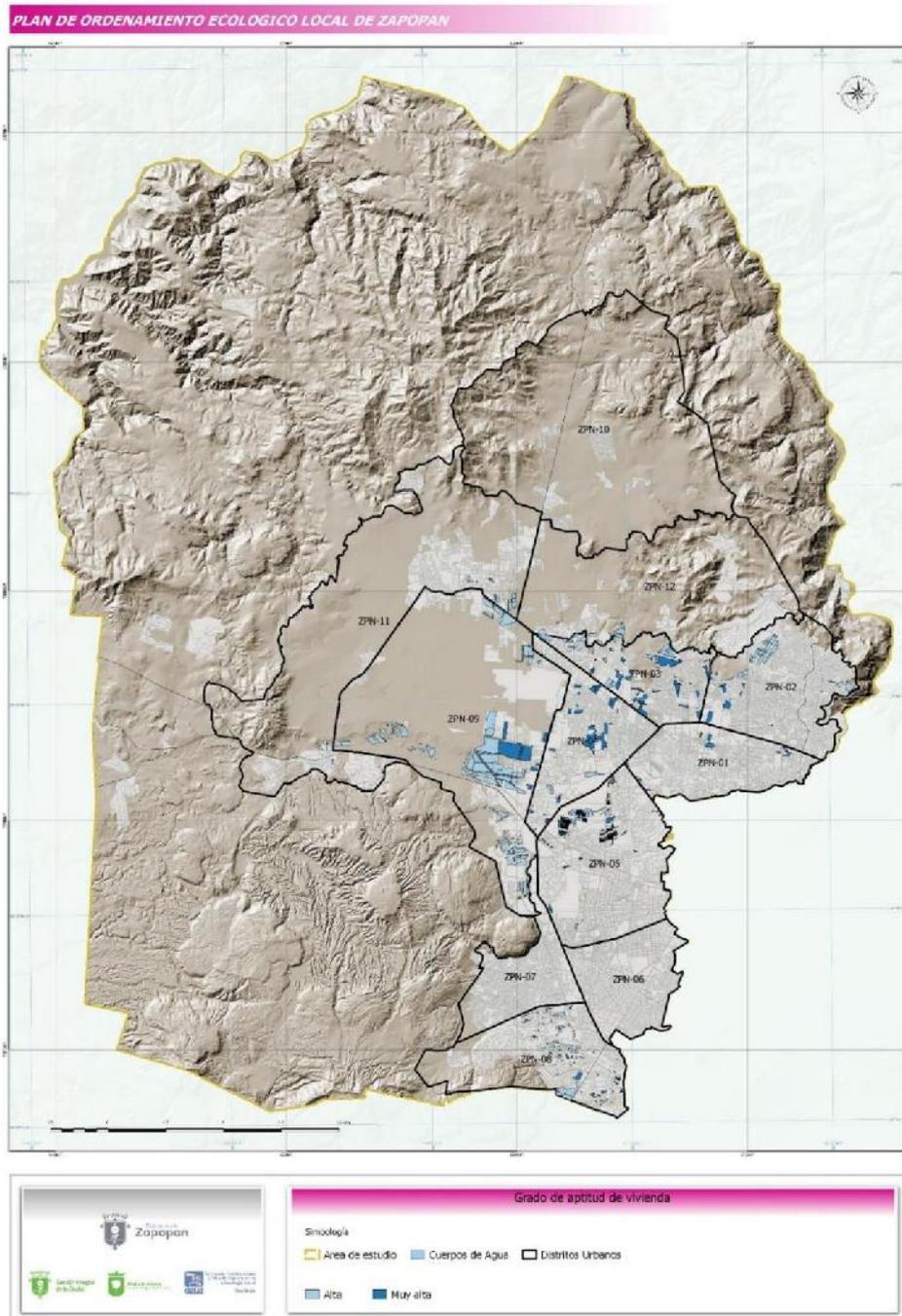
Tabla 6 Aptitud de las reservas Urbanas

| Aptitud habitacional | Superficie en Hectáreas |
|----------------------|-------------------------|
| Muy Baja | 55.1869335 |
| Baja | 513.771429 |
| Media | 1113.37502 |
| Alta | 968.172517 |
| Muy Alta | 436.362704 |

Fuente: Elaboración propia con base en polígonos de Aptitud habitacional publicados en el POTmet

Con base en esta clasificación quedan finalmente 1,404.53 Hectáreas, que tienen aptitud Alta, y Muy Alta, se supone que las restantes que se clasifican de la aptitud media a la baja no deberían urbanizarse.

Figura 8. Grado de aptitud del territorio para vivienda



Fuente: Elaboración Propia, con Base en Reservas Planes Parciales 2012, raster Aptitud Vivienda, datos abiertos IMPELAN

En el caso de las 1,404.53 hectáreas de mejor aptitud que existen como reservas en Zapopan, se debe considerar también el impacto de su transformación e impacto ambiental y contemplar la intervención de diferentes actores como lo son: los que producen las viviendas, instituciones financieras, autoridades gubernamentales de los tres órdenes de gobierno y finalmente los habitantes que son los que las consumen.

El reto que enfrenta la ciudad es evitar que se agraven los problemas de urbanización enfocados a los servicios como el agua potable, la calidad del aire, la conectividad económica, de las formas de comunicación y la falta de empleos. Estos factores son vitales para aspirar a una armonía entre el hombre y el entorno de su hábitat urbano del que depende que se establezcan mejores condiciones de vida que hagan posible el sueño de quienes se han sentido atraídos a vivir recientemente en Zapopan.

Referencias Bibliográficas:

Clark D. L (1974) Studies in the Origins and Development of Growth Theory (1925-1950) PHD Dissertatio University of Sidney Australia

Cifuentes Ruíz, Ana Andrea (2010) Análisis del crecimiento Urbano: Una aproximación al estudio de los factores de crecimiento de la ciudad de Manizales Colombia, como aporte a la Planificación, en Revista Gestión Ambiental,

volumen 13, #1 p. 53-66; ISSN 0124-177X.

Cuervo González Luis Mauricio (1999) Ciudad y Globalización en América Latina: Un estado del arte, ILPES, CEPAL ONU.

Haig, Robert Murray (1927) The Economic Basis of Urban Concentration, Reprinted in the Comitee on the Regional Plan of New York and its environs.

IMEPLAN (2015) Expansión Urbana del Área Metropolitana de Guadalajara: Análisis y Prospectiva: 1970-2045.

IMEPLAN (2016) Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara.

ONU Hábitat- Gobierno de Zapopan, (2017) Índice Extendido de las Ciudades Prósperas.

Trujeque Díaz, José Antonio (1999) Ciudades Rotas. La experiencia de la Globalización en Ciudades de la Frontera Norte de México, V Seminario Internacional de la RII, Toluca México Septiembre de 1999.

Valdés, Larissa (2015) Reservas Territoriales, Presentación Prezi, Marzo 13 de 2015.

Presidente Municipal Jesús Pablo Lemus Navarro

(Rúbrica)

Regidor y Síndico Rafael Martínez Ramírez

Regidora Melina Alatorre Núñez

Regidor Miguel Sainz Loyola

Regidor Sergio Barrera Sepúlveda

Regidora Laura Gabriela Cárdenas Rodríguez

Regidor Iván Ricardo Chávez Gómez

Regidor José Antonio de la Torre Bravo

Regidora Graciela de Obaldía Escalante

Regidora Denisse Durán Gutiérrez

Regidora María Gómez Rueda

Regidora Mónica Paola Magaña Mendoza

Regidora Marcela Páramo Ortega

Regidora Ana Cecilia Pineda Valenzuela

Regidora Wendy Sofía Ramírez Campos

Regidor Oscar Javier Ramírez Castellanos

Regidor Carlos Gerardo Martínez Domínguez

Regidor Abel Salgado Peña

Regidor José Hiram Torres Salcedo

Secretario del Ayuntamiento José Luis Tostado Bastidas

(Rúbrica)

HOJA SIN TEXTO

HOJA SIN TEXTO



Gaceta Municipal Ayuntamiento de Zapopan, medio oficial de publicación del Municipio de Zapopan, Jalisco. Hidalgo No. 151 Cabecera Municipal, C.P. 45100. Responsables de la publicación, L.A.E. Jesús Pablo Lemus Navarro, Presidente Municipal, Mtro. José Luis Tostado Bastidas, Secretario del Ayuntamiento. Responsable de la edición (formato), elaboración y distribución C. Sofía Camarena Niehus, Directora del Archivo General del Municipio. Dr. Luis Farah No. 1080, Col. Los Paraísos. Tel. 38 18 22 00, Ext. 1640.

Si desea consultar la Gaceta Municipal de manera digital ingrese a la página www.zapopan.gob.mx/leyes-reglamentos/gacetas-municipales/