



# APAN

paisaje y resiliencia



# APAN

## paisaje y resiliencia

Este documento fue elaborado en el marco del proyecto Apan, Paisaje y Resiliencia (*Landscape conservation and livelihood restoration in the Mexican ejidal altiplano: the case of Apan, Hidalgo*) con el apoyo del programa UK PACT México.

**Marzo 2021- Marzo 2022**

**Hecho en México por EET ESTUDIO arquitectura + urbanismo sa. de cv.**

### *Autores principales*

Gustavo Madrid Vazquez  
Charlotte Chambard  
Diane Davis  
Lorena Bello Gómez  
Raúl Mejía Garza

### *Equipo técnico*

Gabriela Degetau Zanders  
Elisa de Simone  
Laura Edith Sánchez Vargas  
Yadira García Montero  
Angie Paola Quintero Ardila  
Samuel Tabory  
Edgard Alejandro Ruíz Ramírez  
Pavel Cervantes Jurado  
Jorge Alberto Cuevas Vargas  
Luis Alberto Meouchi Velez  
Miguel Angel Flores Peralta  
Daniel Cruz González

**eeT** estudio  
climate change planners

**UK PACT**

### **DERECHO DE AUTOR Y DESLINDE DE RESPONSABILIDADES**

Se permite la reproducción total o parcial por razones educacionales o sin ánimo de lucro de este reporte, sin la autorización especial del portador de derecho de autor siempre y cuando la fuente sea citada.

Los hallazgos e interpretaciones expresadas en este documento están basados en la recopilación de información por los colaboradores. No se garantiza la precisión o integridad de la información y EET Estudio no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.





# Índice

<b>Reporte de diagnóstico del territorio de los llanos de Apan</b> .....	7
I. Definición del territorio de estudio: los Llanos de Apan .....	15
II. Historia reciente del territorio y principales tendencias socioambientales .....	37
III. Caracterización prospectiva: el territorio y sus principales problemáticas socioambientales bajo el escenario del cambio climático .....	82
<b>Anexos</b> .....	128
Diagnóstico en materia de regulación de agua en México, enfocado a la regulación local en el Estado de Hidalgo y, en específico en el municipio de Apan. ....	129
Monitoreo hidrológico en Apan y Almoloya .....	159
Reporte final del monitoreo de parcelas .....	261
Estudio general de la biodiversidad en los municipios de apan y almoloya .....	289
<b>Governance analysis and recommendations report</b> .....	392
Introduction .....	396
Context, Strategy and Recommendations Analysis .....	397
Appendix .....	412
<b>Catálogo de Soluciones Basadas en la Naturaleza para la mitigación y adaptación al cambio climático en los Llanos de Apan</b> .....	433
Introducción .....	435
I. Soluciones basadas en la naturaleza existentes .....	438
II. Soluciones basadas en la naturaleza complementarias .....	463



# Reporte de diagnóstico del territorio de los llanos de Apan



## Resumen

**L**os Llanos de Apan representan una zona de altiplano que abarca varios municipios del sur del Estado de Hidalgo así como algunos municipios de Puebla y Tlaxcala. El alcance de este proyecto se concentra en la parte de los Llanos localizada en los municipios de Apan y Almoloya, en el Estado de Hidalgo. Esta área de más de 500 km<sup>2</sup> está conformada por llanos agrícolas con algunos pueblos y ciudades pequeñas, rodeados por montañas, con una altura entre 2400 y 3000 msnm y que forman parte de la cuenca del Valle de México.

De clima templado subhúmedo, la zona se caracteriza por una vegetación compuesta por bosques de pino-encino, matorrales y pastizales inducidos.

El sistema hídrico de los Llanos de Apan está caracterizado por escasos recursos superficiales encauzados en un sistema de canales diseñado para el desalojo de las aguas hacia el Río Tula. De forma que de los 600 mm de precipitación anual, una cantidad muy reducida se puede infiltrar al acuífero mientras los lagos y humedales se desecan poco a poco.

Los canales agrícolas se extienden a lo largo y ancho del territorio con el propósito de drenar el territorio e impedir la acumulación de agua en las originarias planicies lacustres, ahora convertidas en superficies de cultivo, y que alguna vez alcanzaron más de 300 Km<sup>2</sup><sup>1</sup>. La captación del agua de lluvia viene a complementar este sistema con la existencia de jagüeyes y algunas presas de uso agropecuario que se encuentran actualmente muy azolvados. El acuífero, aunque clasificado con disponibilidad de agua, está sujeto a varias vedas que impiden la extracción para uso no-doméstico. No obstante, en este estudio se ha encontrado que las vedas de extracción no se están cumpliendo adecuadamente y que la disponibilidad del acuífero ha bajado alarmantemente en los últimos diez años. Como resultado, el acuífero de Apan tiene una disponibilidad casi nula a principios de 2020<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Cálculo propio en base al modelo hidrológico reconstruido.

<sup>2</sup> Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional de Información del Agua. Disponibilidad Acuífero 1320 Apan, publicado en el Diario oficial de la Federación el 17 de septiembre 2020. Acceso en Junio 2021 en <http://sina.conagua.gob.mx>

De clima templado subhúmedo, la zona se caracteriza por una vegetación compuesta por bosques de pino-encino, matorrales y pastizales inducidos. Los llanos están ocupados por la agricultura, principalmente el monocultivo de cebada. El paisaje resultante presenta poca cobertura vegetal y una desertificación muy aparente en temporada seca. La crisis climática en los últimos dos años ha extendido la sequía y disminuido los volúmenes de lluvia de manera alarmante<sup>3</sup>.

En 2018, la tasa de pobreza del municipio de Apan era de 35%, un indicador alto según el Índice básico de las ciudades prósperas<sup>4</sup>. El uso de suelo es poco eficiente en términos de urbanización, caracterizado por una tasa de crecimiento de la mancha urbana del 4%.

El patrimonio biocultural local está basado en el uso de las especies vegetales para la gastronomía, la medicina y la artesanía, así como un paisaje agrícola tradicional constituido por las parcelas de cultivo temporal y el ganado. En un informe de 1789 se describe el cultivo de la cebada para engorde de ganado porcino y del maguey para la producción del pulque, enviado entonces a Ciudad de México y Puebla<sup>5</sup> para su comercialización. Con la introducción de la línea ferrocarril México-Puebla en 1869 el maguey y la producción de pulque, se intensificó y comenzaron a ser transportados hacia todo el país, antes de ser reemplazada a mediados del XX S por la producción de cebada para la industria cervecera. Este cambio en la producción agrícola impactó el territorio con una degradación del suelo y pérdida de vegetación perenne a gran escala.

Además de los procesos de degradación del suelo agrícola y de deforestación iniciados desde hace varias décadas, así como el desalojo de agua para facilitar la desecación de lagunas y producción de tierras de cultivo, han surgido nuevas presiones urbanas e industriales sobre la cantidad y la calidad de los recursos hídricos, acentuando la degradación del sistema hídrico en los Llanos de Apan.

La pérdida asociada a los ecosistemas y la depreciación de la actividad agrícola conlleva a un aumento de la pobreza y amenazan el patrimonio biocultural. Además, la erosión del suelo, principalmente hídrica en las faldas de los cerros, afecta al 40% del territorio, donde la ausencia de vegetación y la pendiente favorecen este fenómeno, lo que convierte a las áreas de matorral y bosque en zonas prioritarias de conservación ecológica<sup>6</sup>.

En cuanto a la agricultura, vemos diferentes tendencias entre la predominante producción de cebada para la industria cervecera y la producción de cultivos para el consumo local, en particular de leguminosas y maíz.

---

3 Comisión Nacional del Agua. Datos meteorológicos de las estaciones de Apan (13002, 13045). Acceso en Abril 2021 en [smn.conagua.gob.mx](http://smn.conagua.gob.mx)

4 ONU-Habitat y Infonavit. (2018). Índice de las Ciudades Prósperas, Apan, Hidalgo. Acceso en Marzo 2021 en [https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/cpi/2018/13008\\_Apan.pdf](https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/cpi/2018/13008_Apan.pdf)

5 José Mariano de la Pesa y Casas y Bernardo Bonavía. (1789). File concerning the town and district of Apam: Mexico. Berkeley Bancroft Library. Acceso en Junio 2021 en <https://oac.cdlib.org/search?query=apam;idT=UCb112223084>

6 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Hidalgo. (2013). Diagnósti-



En las partes planas cultivadas, el suelo ha sido gravemente afectado por el repetido monocultivo de cebada por lo que carece de materia orgánica y presenta una textura alterada que reduce su capacidad de retención del agua<sup>7</sup>. Las zonas agrícolas ocupan la mayoría de los llanos, principalmente para la agricultura temporal (entre marzo y noviembre). La reducida proporción de áreas boscosas está presionada por la expansión de las zonas de cultivo y también por la ganadería que se desarrolla en los pastizales inducidos o en los matorrales.

En cuanto a la agricultura, vemos diferentes tendencias entre la predominante producción de cebada para la industria cervecera y la producción de cultivos para el consumo local, en particular de leguminosas y maíz. Estas pequeñas producciones locales orientadas al consumo familiar están disminuyendo, mientras la producción orientada al uso agroindustrial se mantiene estable.

Con la pérdida del valor del suelo agrícola y la degradación de la naturaleza en la zona, se intensifican las dinámicas de urbanización e industrialización. La disponibilidad "estimada" del acuífero y la cercanía con la Ciudad de México reforzada por la inclusión de nuevas infraestructuras como la autopista Arco-Norte, hacen crecer el interés económico de la zona.

De forma que el desarrollo urbano en la región deriva en mucho de una etapa de disminución de las actividades agropecuarias y el cambio de uso de suelo a urbano o la instalación de industrias. En seguida, se observa una urbanización cercana a estas industrias, para recrear estas mismas condiciones propicias de servicios y mano de obra. Finalmente, estas áreas periurbanas se vuelven parte de la urbe y el fenómeno se deslocaliza hacia la nueva periferia, contribuyendo así al crecimiento general de la mancha urbana<sup>8</sup>.

La estrategia de desarrollo del estado de Hidalgo abunda en este sentido, buscando atraer el capital privado a través de "mejora regulatoria, que permite que las empresas tengan

La pérdida asociada a los ecosistemas y la depreciación de la actividad agrícola conlleva a un aumento de la pobreza y amenazan el patrimonio biocultural.

---

co, Programa de ordenamiento ecológico de la región de Apán en los municipios de Tlanalapa, Tepeapulco, Apan, Almoloya y Emiliano Zapata en el Estado de Hidalgo. Acceso en Abril 2021 en <http://201.99.98.88/POETAPAN/Banco%20Mundial%20OET%20Apan/Diagn%C3%B3stico.pdf>

7 Prieto-Méndez, et al. (2013). Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del Estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Acceso en Abril 2021 en <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5412/>

8 Raúl Rodarte García, María de Lourdes Gutiérrez V., Emmanuel Galindo Escamilla. (2011). Hidalgo, desarrollo y regionalización. Dos estudios para el desarrollo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Acceso en Mayo 2021 en <http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Hidalgo-Desarrollo-Y-Regionalizacion.pdf>

más facilidades que en otros estados para la inversión e instalación”<sup>9</sup>, con la idea de generar recursos y empleos. Esto se refleja en las noticias alrededor de la implantación en 2018 de una planta de producción cervecera Grupo Modelo en Apan, con notas de prensa que hacían referencia a “Apan, Hidalgo, a la puerta de la nueva industrialización”<sup>10</sup>.

Asimismo, se puede suponer que Apan está siguiendo el mismo camino que muchas zonas periféricas de la Ciudad de México, trayectoria que refleja estos procesos de urbanización e industrialización aunque a una velocidad e intensidad más bajas que en la periferia directa de la capital mexicana. El cultivo de cebada sigue siendo una de las actividades principales que está frenando este proceso pero que se ve afectada por la degradación del suelo y el sistema hídrico.

Aunque estos procesos toman varias décadas en desarrollarse, todo indica que Apan podría perder su vocación agrícola y rural a través de esta urbanización e industrialización, como ha ocurrido en varias áreas de planicies alrededor de la Ciudad de México. Por ejemplo, la ciudad de Toluca ha visto un desarrollo rápido de parcelas agrícolas a parcelas industriales, acompañado por la creación de viviendas de manera formal e informal. Se puede considerar que Toluca representa el estado intermediario entre la urbanización tipo centro de la Ciudad de México y zona agrícola tipo Apan.

A esta dinámica que refuerza procesos de escasez de agua, erosión del suelo y pérdida de la biodiversidad, se suman los efectos del cambio climático. Durante los últimos 30 años ha incrementado la temperatura media mensual de hasta más de 1°C en ciertos meses. Los patrones de precipitación han cambiado hacia menos predictibilidad y más incertidumbre. En los últimos años el territorio ha vivido sequías prolongadas, las cuales podrían hacerse más frecuentes con el cambio climático. Mitigar los efectos del cambio climático y preparar la adaptación es urgente para no sumar esta presión a los procesos poco sustentables que están transformando la zona.

En los últimos años el territorio ha vivido sequías prolongadas, las cuales podrían hacerse más frecuentes con el cambio climático. Mitigar los efectos del cambio climático y preparar la adaptación es urgente para no sumar esta presión a los procesos poco sustentables que están transformando la zona.

---

9 El Economista. (16 de Julio 2019). Ante el actual escenario nacional el estado de Hidalgo se declara listo. Artículo en línea recuperado en Abril 2021 en <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Ante-el-actual-escenario-nacional-el-estado-de-Hidalgo-se-declara-listo-20190716-0024.html>

10 Mauricio Flores. (27 de Noviembre 2017). Una Modelo en los Llanos de Apan. Artículo del periódico La Razón recuperado en línea en <https://www.razon.com.mx/columnas/una-modelo-en-los-llanos-de-apan/>



# Contenido

<b>I. Definición del territorio de estudio: los Llanos de Apan</b> .....	15
A. TERRITORIO GEOFÍSICO, SOCIO-POLÍTICO Y ADMINISTRATIVO .....	15
1. Unidades geofísicas .....	15
2. Unidades hidrográficas .....	18
3. Unidades administrativas .....	25
2. Unidades culturales .....	27
B. HISTORIA GENERAL DE LOS LLANOS DE APAN	30
C. MULTI-ESCALA DE INTERVENCIÓN .....	35
<b>II. Historia reciente del territorio y principales tendencias socioambientales</b> .....	37
A. TRAYECTORIA DE TERRITORIO LACUSTRE A ESCASEZ DE AGUA .....	37
1. Desaparición de los cuerpos de agua .....	
2. Incremento reciente de la extracción de aguas subterráneas y disminución de la disponibilidad de las aguas superficiales .....	44
B. TRAYECTORIA DE GLOBALIZACIÓN Y RELACIONES URBANAS-RURALES EN EL HINTERLAND .....	63
C. TRAYECTORIA DE VOCACIÓN AGRÍCOLA A URBANA E INDUSTRIAL .....	67
1. Un largo proceso de urbanización .....	67
2. Cambio de paisaje agrícola .....	76
3. Erosión del suelo .....	80

<b>III. Caracterización prospectiva: el territorio y sus principales problemáticas socioambientales bajo el escenario del cambio climático</b>	82
A. CLIMATE CHANGE ESCENARIO PROSPECTIVO	82
1. Temperatura	82
2. Precipitación	84
3. Escenario 2030-2050	86
B. RECURSOS HÍDRICOS AMENAZADOS	88
1. Disminución de la disponibilidad de aguas superficiales	88
2. Un sistema de drenaje diseñado para desalojar el agua de las cuencas	92
3. Contaminación por las aguas negras no tratadas	94
4. Acuífero sobreexplotado para usos públicos y industriales	97
C. SUELO: EROSIÓN, AGOTAMIENTO Y CAMBIOS DE USOS NO CONTROLADOS	101
1. Cobertura vegetal reducida y erosión	101
2. Pérdida de la calidad (fertilidad y productividad) del suelo	103
3. Cambios de usos de suelo provocados por la presión urbana e industrial	105
D. DESAPARICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL	108
1. Ecosistemas de superficies reducidas sin continuidad ecológica	108
2. Control de fuegos insuficiente	109
3. Destrucción de fauna y flora por prácticas extractivas no controladas	111
4. Contaminación del agua y del suelo	112
5. Prácticas agropecuarias dañinas	114
E. ACENTUACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE GOBERNANZA E DESIGUALDAD	115
1. Estructura de Gobierno y Regulaciones Internas	117
2. Gobernanza ejidal y programas de apoyo al campo	119
B. PROBLEMÁTICAS SOCIOECONÓMICAS PRINCIPALES	119
1. Desigualdad y marginación	119
2. Cambios socioeconómicos y demográficos en la región	121
3. Una agricultura poco resiliente y vulnerabilidad de los productores	122



# I Definición del territorio de estudio: los Llanos de Apan

**E**s importante para nuestro estudio la delimitación geográfica del territorio que estamos abordando. Para esto, como es natural en este tipo de ejercicios, existen varias escalas y magnitudes que nos ayudan a crear los límites de estudio, análisis y actuación del proyecto. Más allá de las divisiones políticas de estados y municipios, y con una aproximación fisiográfica, la primera organización que utilizamos como límite es el sistema de cuencas y subcuencas en las que se ha dividido el país.

Asimismo, esta primera parte del diagnóstico tiene como finalidad definir el objeto de estudio en toda su complejidad y riqueza, con el fin de sentar las bases sobre las cuales se identificarán las problemáticas a las cuales se enfrenta la población del territorio y los riesgos resultantes del proceso de cambio climático.

*“El territorio se define como la porción de la superficie terrestre apropiada por un grupo social con el objetivo de asegurar su reproducción y la satisfacción de sus necesidades vitales” (Bailly, Ferras et al., 1995: 606).*

En nuestro caso de estudio, se puede aplicar esta definición a varias escalas complementarias para poder entender la complejidad de las relaciones entre la zona de intervención y su contexto tanto local como regional, nacional e internacional.

## a. Territorio geofísico, socio-político y administrativo

### 1. Unidades geofísicas

Primero, el territorio puede ser analizado en términos de conjuntos de condiciones geofísicas en las cuales viven los grupos poblacionales y que por su particularidad permite crear una identidad.

## 1.1. Provincia fisiográfica Eje Neovolcánico

El altiplano de México es una enorme extensión de territorio que se desplaza desde la frontera de Estados Unidos al norte del país, hasta conectar con el eje neovolcánico al sur. Este territorio delimitado por las dos grandes cadenas montañosas que cubren el país cuenta con unas características particulares en su geomorfología que a su vez se divide en dos espacios la Mesa del Norte y la Mesa Central.

Nuestro territorio se inscribe en la parte sur de este espacio, en lo que sería la Mesa Central y que se empalma en buena parte con el otro espacio geográfico conocido como el eje Neovolcánico. Se trata de un corredor que integra la cordillera volcánica que divide el país en dos desde el atlántico y hasta el pacífico constituido por una masa volcánica en altitud, caracterizada por grandes volcanes (2624-5747 msnm) y cuencas cerradas o endorreicas, muchas veces ocupadas por lagos (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2000)<sup>11</sup>. De forma tal que los Llanos de Apan están rodeados por estas configuraciones volcánicas al norte y al poniente, particularmente cerca de la cordillera que conforman los Volcanes del Popocatepetl e Iztaccihuatl, Pagayo, y el Monte Tlaloc.

Esta configuración geográfica es fundamental para entender el sistema edafológico de nuestra región de estudio, ya que la presencia de estas cadenas volcánicas arrojaron grandes cantidades de material volcánico que forman parte de la estratigrafía del suelo.

## 1.2. Subprovincia fisiográfica: Lagos y Volcanes de Anáhuac

Dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, nos enfocaremos en la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, la cual se caracteriza por grandes sierras volcánicas y volcanes individuales entre los cuales se encuentran grandes vasos lacustres, resultantes del bloqueo del drenaje por episodios volcánicos<sup>12</sup>.

### 1.3. Los Llanos de Apan: zonas de llanos y lomeríos

El proyecto se enfoca en un territorio llamado Llanos de Apan, que se corresponde a las áreas de predominancia de llanos y lomeríos en la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. Según la clasificación de la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO)<sup>13</sup>, los Llanos de Apan constituyen una entidad caracterizada por:

- Suelos de tipo Regosol, Feozem y Cambisol,
- Un clima templado subhúmedo y semiseco con lluvias de verano, con una precipitación entre 600-700 mm y una temperatura media anual 12-14C,
- Actividades principales industriales y agrícolas,

---

11 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2000). Geografía de México. Acceso en Marzo 2021 en <http://www.inegi.org.mx> › 1-geografiademexico

12 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2000). Geografía de México. Acceso en Marzo 2021 en <http://www.inegi.org.mx> › 1-geografiademexico

13 CONABIO. Llanos de Apan. Acceso en Marzo 2021 en [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_069.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_069.html)





## 2. Unidades hidrográficas

El topónimo Apan de origen Náhuatl, se compone de dos contracciones, Atl (agua) y Pan (arriba), es decir arriba o sobre el agua. Esta breve explicación etimológica resulta de vital importancia para la naturaleza del tema que pretendemos desarrollar a través de esta investigación, enfocada hacia la construcción de una estrategia de resiliencia regional ante el Cambio Climático y fuertemente apoyada en la restauración y conservación de sus cuerpos de agua y suelo. En el citado informe de 1789, Apan se traduce como “zanja de agua”<sup>14</sup>.

El altiplano de México se caracterizaba hasta antes de la llegada de los europeos por ser un vasto territorio con grandes superficies de humedales y lagos, a una altura superior a los 2200 msnm. Actualmente se acepta que este sistema llegó a tener una superficie aproximada de 2000 km<sup>2</sup>. Esta extensión se ha reducido hoy día a una fracción casi simbólica de aquel gran territorio originario y se calcula que sólo quedan cerca de 35 km<sup>2</sup> en la actualidad<sup>15</sup>. Sin embargo, las cuencas continúan vivas y las lluvias, aunque cada vez más reducidas, continúan circulando en los valles.

El agua es un eje central de este proyecto y también un vector muy importante de identi-

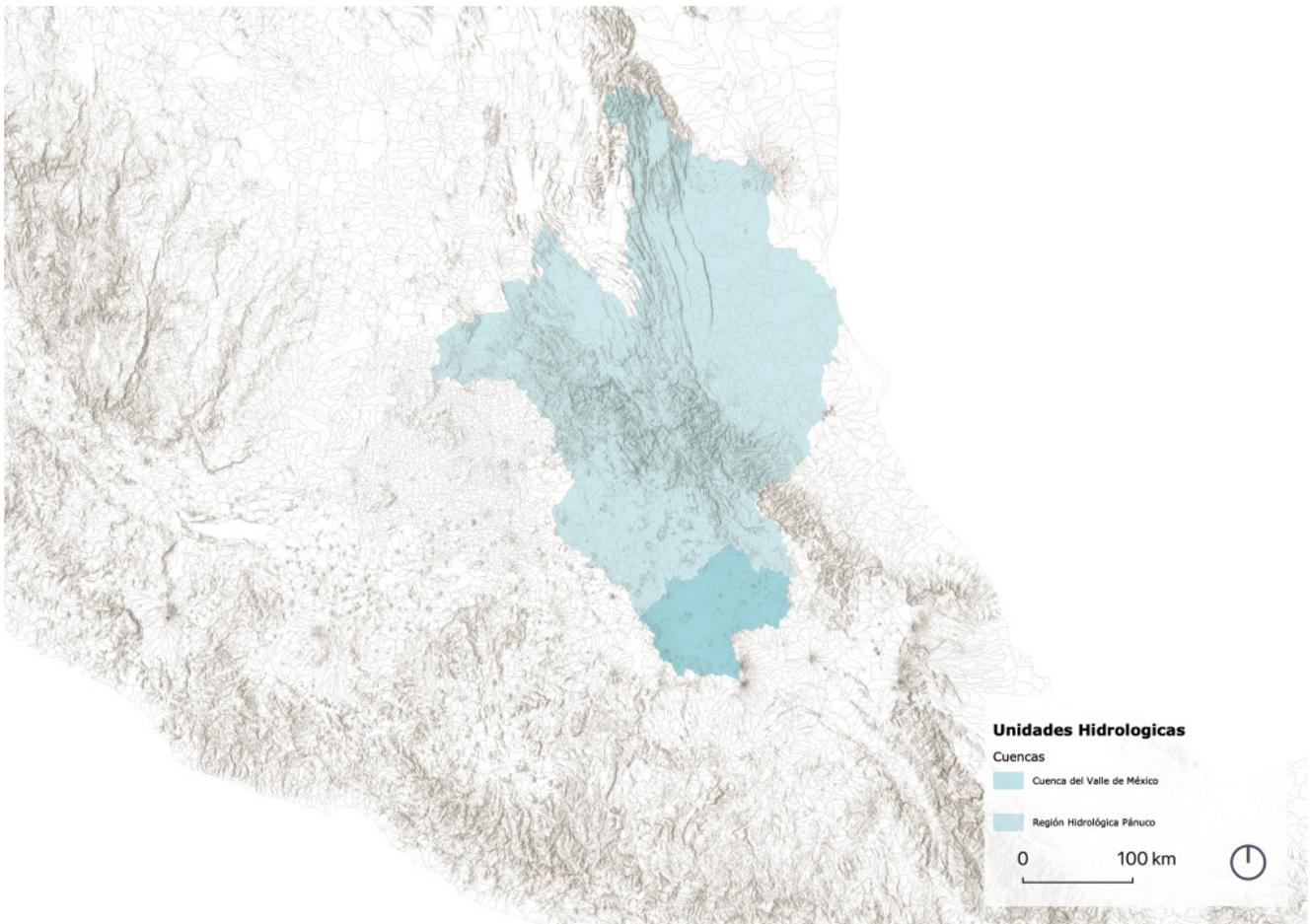
---

14 Jose Mariano de la Pesa y Casas y Bernardo Bonavía. (1789). File concerning the town and district of Apam: Mexico. Berkeley Bancroft Library. Acceso Junio 2021 en <https://oac.cdlib.org/search?query=apam;idT=UCb112223084>

15 Lo que representa menos del 2% lo que alguna vez se extendió, los humedales se caracterizan por crecer y decrecer a lo largo del ciclo de lluvias, por lo que determinar la escala del sistema lacustre es siempre aventurado, sin embargo quienes se han abocado a esta labor coinciden con la posible proporción del sistema de lagos de agua dulce y salada que lo componía.

El altiplano de México se caracterizaba hasta antes de la llegada de los europeos por ser un vasto territorio con grandes superficies de humedales y lagos, a una altura superior a los 2200 msnm.





dad territorial. De este modo, las unidades hidrográficas se incluyen dentro de la geofísica de nuestro territorio de estudio. Además, muchas de las relaciones que caracterizan el territorio de estudio tienen que ver con los flujos de agua, conectándolo con otros territorios y escalas.

### 2.1. Región hidrológica Panuco (RH 26)

Desde 2007 México se divide en 1471 cuencas, establecidas por acuerdo, según sus condiciones físicas, por las principales dependencias del país que abordan estos temas: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

La región hidrológica Pánuco abarca un área de más de 96 mil kilómetros cuadrados con un escurrimiento natural medio superficial anual de casi 20 mil hm<sup>3</sup> y está constituida por 77 cuencas hidrológicas. Apan se inserta en la Cuenca del Río Moctezuma. Una cuenca



Inicialmente nuestra zona de estudio estuvo clasificada como parte de la subcuenca de Tecocomulco, que ha sido recientemente reclasificada.

y sus actividades económicas asociadas, esta cuenca está sobreexplotada y se beneficia de trasvases de agua masivos de otras cuencas. Por lo tanto, se podría considerar que las cuencas proveedoras de agua de la Cuenca del Valle de México, las cuencas Cutzamala y Lerma, forman también parte de su sistema hídrico.

### 2.3. Subcuencas de Tochac-Tecocomulco y Río de las Avenidas de Pachuca

A su vez los Llanos de Apan se asientan en la sub cuenca de Tochac - Tecocomulco<sup>17</sup>, que toma su nombre de las dos lagunas que persisten en el territorio de forma permanente en la actualidad. Esta subcuenca tiene una superficie aproximada de 1901 km<sup>2</sup> y una elevación media de 2400 m, donde también es posible identificar una serie de microcuencas que se organizan en el territorio. La suma de algunas de estas microcuencas es la escala de trabajo a la que nos referiremos a lo largo de este estudio.

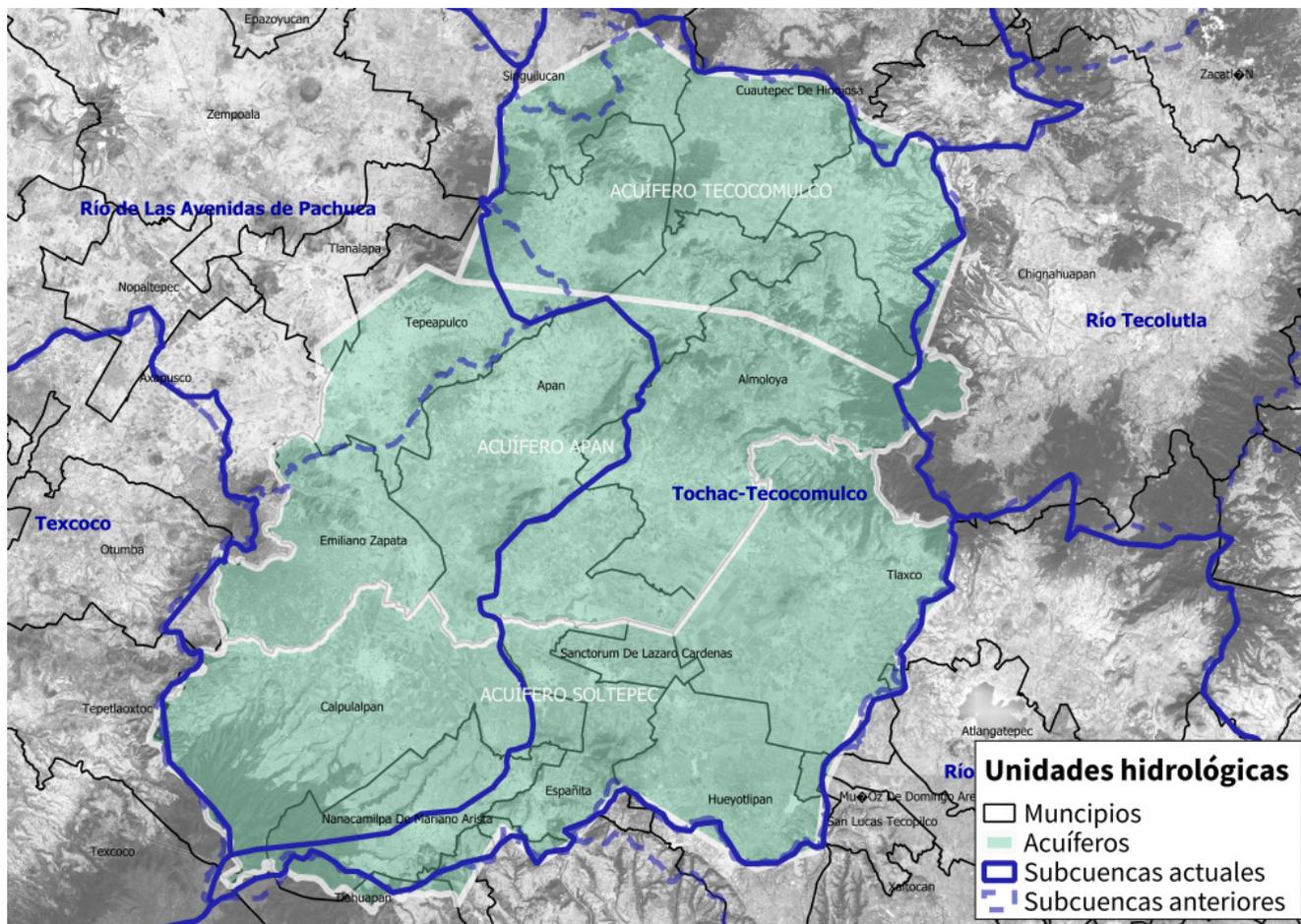
Inicialmente nuestra zona de estudio estuvo clasificada como parte de la subcuenca de Tecocomulco, que ha sido recientemente reclasificada. En este proceso, una parte de los Llanos de Apan, que abarca la ciudad de Apan y La Laguna, fue reubicada recientemente como parte de la subcuenca Río de Las Avenidas de Pachuca sin que esté muy claro el motivo.

Asimismo, las subcuencas hidrológicas principales de nuestra zona de estudio son Tochac-Tecocomulco de más de 1,300 km<sup>2</sup> y Río de las Avenidas de Pachuca de más de 2,600 km<sup>2</sup><sup>18</sup>. Estas dos subcuencas forman parte de la Cuenca del Valle de México. En

---

17 CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua. Capas GIS de Disponibilidad de cuencas hidrológicas. Recuperado en Marzo 2021 en <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=mapa#&ui-state=dialog>

18 CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua. Capas GIS de Disponibilidad de cuencas hidrológicas. Recuperado en Junio 2021 en <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=mapa#&ui-state=dialog> . Nota: Existe una diferencia con los límites de la subcuenca obtenidos en Marzo 2021.



## 2.4. Acuífero de Apan

El agua fluye de manera superficial y subterránea, con dinámicas de intercambio de flujos entre estos dos planos. Los acuíferos constituyen al igual que las cuencas, una unidad clave. Muchas veces, por ser menos visibles y más complejas, las aguas subterráneas no han sido objeto de la construcción de un territorio hidro-social. Aunque distinguimos las aguas superficiales de las subterráneas, es muy importante tener en cuenta sus relaciones, ya que ciertas áreas de las cuencas se convierten en áreas de recarga o descarga de los acuíferos.

La CONAGUA subdivide y clasifica a su vez el territorio nacional por acuíferos, una unidad territorial, que pretende determinar la disponibilidad de agua subterránea en el territorio y que de acuerdo con la propia dependencia se explica de la siguiente manera:

De acuerdo con la CONAGUA “El acuífero Apan, se localiza en la porción suroriental del Estado de Hidalgo, en el límite con el Estado de Tlaxcala, ocupando una superficie de 733 km<sup>2</sup>

“Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos cuyos nombres oficiales fueron publicados en el DOF el 5 de diciembre de 2001 y desde entonces se inició un proceso de publicación de la disponibilidad media anual de agua subterránea con base en la NOM-011- CONAGUA”.

Estos 653 acuíferos están distribuidos por todo el país y sus límites obedecen a condiciones particulares y distintas a las delimitaciones de las cuencas y subcuencas fisiográficas.

La importancia primordial de esta delimitación es un factor que se denomina disponibilidad, es decir, la capacidad que tiene el acuífero para ser explotado. Hay que explicar que este valor resulta de primordial importancia para el trabajo que aquí realizamos ya que es precisamente la disponibilidad de agua para uso humano lo que se ha visto comprometido en los últimos años debido a la explotación del acuífero y los efectos del cambio climático en la región.

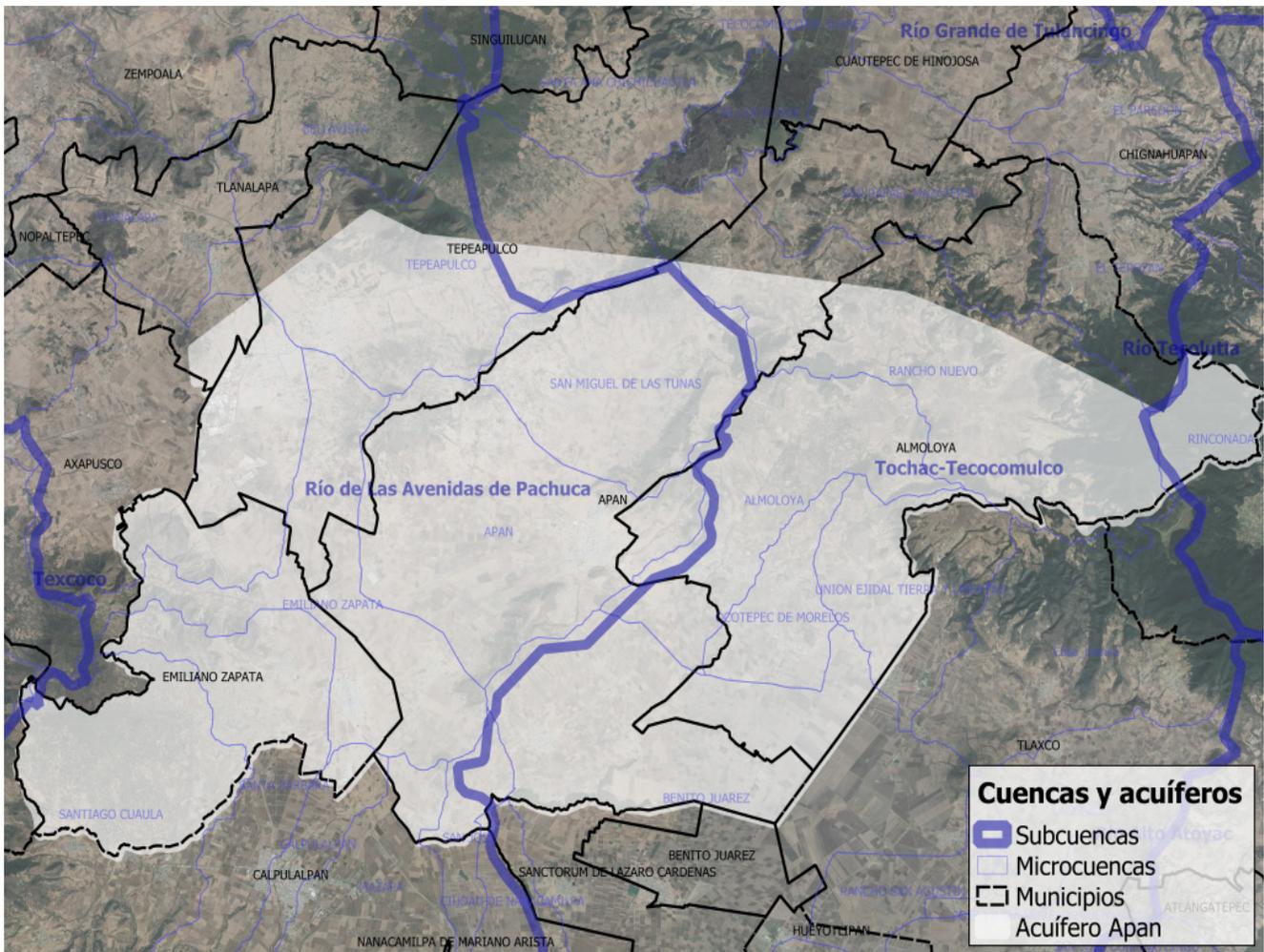
También de acuerdo con la CONAGUA “El acuífero Apan, definido con la clave 1320 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea de la Comisión Nacional del Agua (SIGMAS), se localiza en la porción suroriental del Estado de Hidalgo, en el límite con el Estado de Tlaxcala, ocupando una superficie de 733 km<sup>2</sup>:

“Limita al norte con el acuífero Tecocomulco, perteneciente al Estado de Hidalgo; este y sur con el acuífero Soltepec, perteneciente al Estado de Tlaxcala y al oeste con el acuífero Cuautitlán-Pachuca, perteneciente al Estado de México. Una pequeña porción de su extremo oriental, limita con el acuífero Tecolutla, perteneciente al Estado de Veracruz. Geopolíticamente comprende la totalidad del municipio Emiliano Zapata, la mayor parte de Apan, Almoloya y Tepeapulco, así como una pequeña porción del municipio Tlanalapa”.

Por lo tanto, es muy notable la perfecta superposición de la delimitación inicial de la subcuenca Tecocomulco con los 3 acuíferos de Tecocomulco, Apan y Soltepec, cuyos funcionamiento están vinculados. Según registros de la CONAGUA el acuífero de Soltepec se encontró por mucho tiempo unido al de Apan demostrado que durante un periodo estuvieron considerados como un solo acuífero<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> CONAGUA, Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Estudio de Evaluación Hidrogeológica del Acuífero de Soltepec, Tlaxcala. Tomo I Informe Final. Contrato No. GAS-014-PRO02. Recuperado en los Archivos históricos de la CONAGUA en Agosto 2021.



## 2.5. Microcuencas

Si nos acercamos al nivel de las microcuencas, una de las microcuencas de la subcuenca Río Avenidas de Pachuca tiene como nombre Apan. Esta microcuenca quizás constituye la escala más reducida a la cual se puede llegar en el territorio de Apan en cuanto a su aspecto hídrico. No obstante, esta microcuenca está directamente conectada con la microcuenca de San Miguel de las Tunas al norte y con las microcuencas de Emiliano Zapata y Sahagún por canales. Al este, la microcuenca es adyacente a las microcuencas de Almoloaya y Benito Juárez.

Todas estas microcuencas, además de Tepeapulco, Santa Bárbara, San José, Tierra y Libertad, Unión Ejidal y Rancho Nuevo, aunque corresponden a dos subcuencas diferentes, comparten la superficie del acuífero de Apan. Asimismo, nuestro territorio de estudio tiene una multitud de unidades hidrológicas que se vinculan entre sí a través de los flujos superficiales y subterráneos.

Las características geofísicas de un lugar determinan su identidad y la relación de la población con él, constituyen una parte importante de lo que llamamos territorio. Además de esta primera dimensión primordial en nuestro estudio, en México se usan unidades administrativas que reflejan el modelo de gobernanza del país con sus diferentes escalas de administración. La complejidad administrativa del territorio descrito necesita estudiarse en profundidad para poder así entender sus competencias legales en lo que compete a la implementación de las iniciativas de conservación ambiental que se persiguen en este proyecto.

### **3 Unidades administrativas**

México es un país, lo que significa que en su historia se constituyó esta identidad de territorio nacional a la cual se sobrepone un régimen político como república democrática representativa, laica y federal que determina la gobernanza a diversas escalas. Esta autodeterminación tiene como consecuencia la creación de unidades administrativas con relaciones jerárquicas, unidades cuyo fin es la gestión del territorio del país para alcanzar metas que se reclaman del bien común de la nación.

#### **3.1. Estados**

El territorio nacional se divide primero en estados que tienen un cierto grado de independencia en sus decisiones. Los estados tienen un gobierno electo, libre y autónomo en la decisión sobre sus políticas económicas, desarrollo social, seguridad pública y administración de sus recursos financieros. Los Llanos de Apan se ubican en el estado de Hidalgo, aunque los lomeríos y llanos se extienden también sobre el estado de Tlaxcala al sureste y Puebla al noreste.

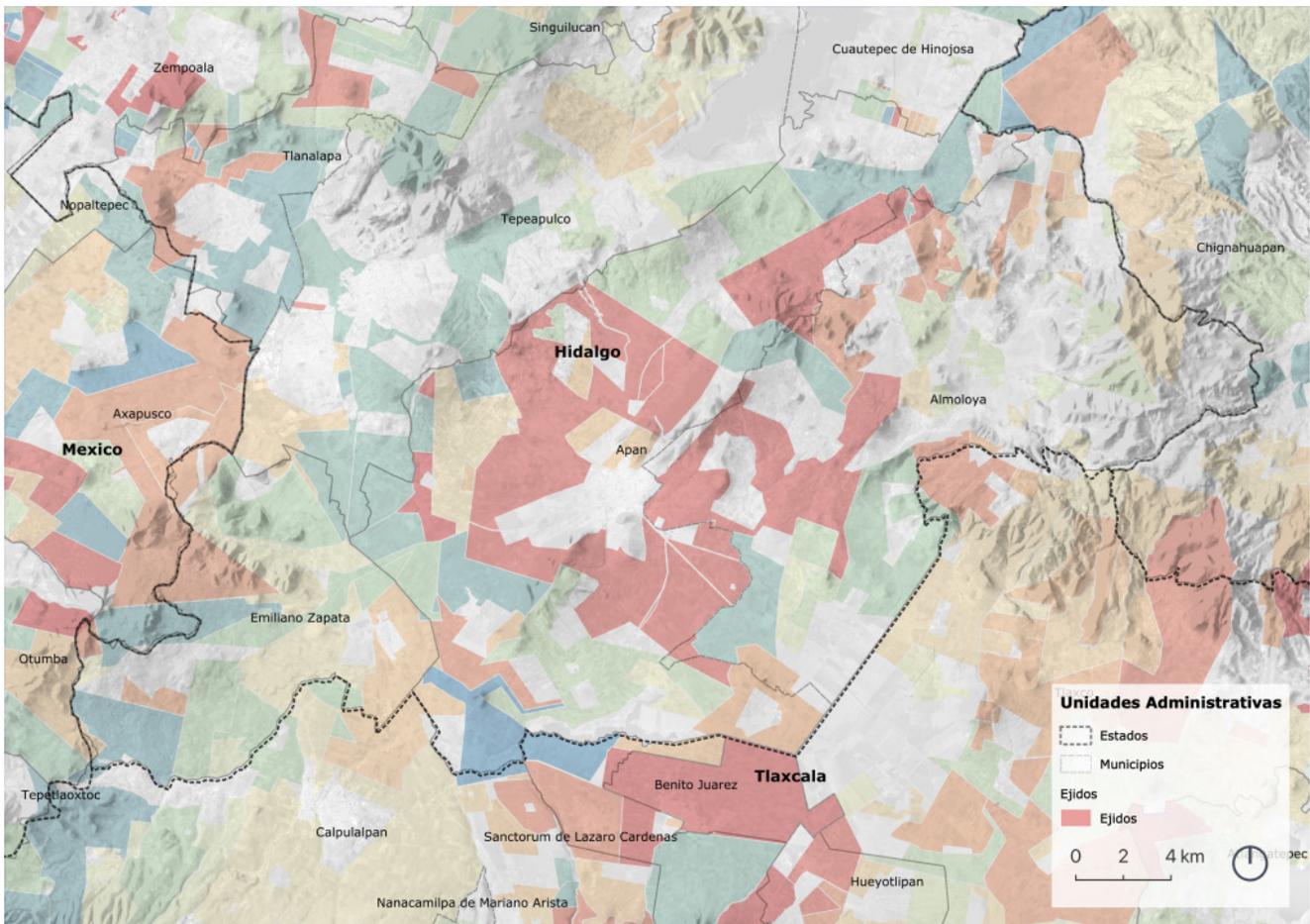
#### **3.2. Municipios**

Los estados están divididos en municipios, que tienen un cierto grado de autonomía para la gestión de los servicios, incluyendo servicios de agua y saneamiento. En esta primera etapa del proyecto nos enfocamos en los municipios de Apan y Almoloya (que hasta 1936 formaban un solo municipio con Emiliano Zapata). En efecto, estos municipios se ubican en el centro de nuestro territorio de estudio formando parte de todas las unidades mencionadas precedentemente y constituyen una escala de análisis suficiente y bien delimitada para este proyecto.

#### **3.3. Regiones hidrológico-administrativas**

Otra unidad geográfica a la que tenemos que hacer referencia es la clasificación que hace la Comisión Nacional del Agua Conagua sobre las Regiones hidrológico-administrativas. En esa clasificación el país se divide en 13 unidades, aquí Apan se ubica en el organismo de Aguas del Valle de México que hace referencia a un espacio más bien cultural conocido como la Cuenca de México.

El que Apan esté integrada a esta estructura administrativa donde habita la mayor población del país ha sido desde siempre una realidad complicada para sus habitantes. Debi-



do a esta integración, la región se encuentra sometida a una veda que impide por ejemplo el uso de las aguas subterráneas para riego agrícola, o explotación industrial<sup>20</sup>, factores que se han usado muchas veces para explicar el rezago en materia productiva de la zona.

La Cuenca de México es a su vez una unidad territorial integrada por cuatro valles en la región del altiplano, Valle de México, Valle de Cuautitlán, Valle de Tizayuca, y Valle de Apan, que es el que a nosotros nos compete. Esta Cuenca es también en muchos sentidos una referencia cultural del centro del país y pese a que no obedece a una condición fisiográfica acotada a los principios acordados entre dependencias del gobierno, su historia e importancia en la vida del país es sin duda relevante.

La Cuenca de México está también relacionada a las transformaciones urbanas de la región más poblada de México, por lo que relevancia económica y social es enorme. Es esta región la más poblada del país y como es de esperarse debido a su extensión cuenta con

<sup>20</sup> Pese a esto, desde hace una década y mediante mecanismos poco transparentes se han concedido pese a la veda una serie de concesiones de agua sobre todo al sector industrial que han afectado la disponibilidad de agua del acuífero, sobre el acuífero hablaremos más adelante.

diversos ecosistemas y manifestaciones culturales que le hacen un territorio altamente diverso y complejo.

Además de las regiones hidrológicas, se crearon regiones hidrológicas - administrativas que reflejan unidades hidrológicas agrupadas con finalidades de facilitar el manejo administrativo por municipios. Los Llanos de Apan se encuentran en la región administrativa XIII, la cual abarca la Cuenca del Valle de México y la Cuenca del Río Tula.

#### 3.4. Comunidades agrarias: los ejidos

Los ejidos fueron creados como consecuencia de la revolución agraria de 1917 y constituyen un tipo de unidad administrativa dedicada al manejo de tierras de uso común por las poblaciones que las trabajan. Los ejidos tienen su propio sistema de democracia interna para la toma de decisiones.

Nuestra zona de estudio se caracteriza por una presencia muy importante de ejidos, constituyendo componentes claves para entender las dinámicas del territorio de estudio. En esta primera etapa de estudio, nos enfocaremos en los ejidos de Apam, Almoloya, Santa Cruz, Tlalayote, La Laguna y Santiago Tetlapayac que abarcan la zona central de los municipios de Apan y Almoloya con zonas de llanos cultivados y cerros boscosos<sup>21</sup>.

### 4. Unidades culturales

Apan es uno de los municipios más al sureste del estado de Hidalgo que a su vez se ubica en el centro de México. Junto con Almoloya y Tepeapulco alguna vez conformaron una unidad territorial que se remonta a tiempos coloniales y que persistió hasta el inicio del siglo XX. Los Llanos de Apan son también una región fisiográfica con una carga cultural importante, que aporta y forma parte de la identidad histórica y cultural de México como país. Su fuerte tradición relacionada sobre todo a la cultura campirana, expresada en la charretería, a los paisajes volcánicos, los magueyes y el pulque, así como una gastronomía propia del centro del país, hacen referencia a esta fuerte identidad de lo “mexicano” en el contexto del territorio del altiplano.

#### 4.1. Región geocultural de la Altiplanicie Pulquera

El Estado de Hidalgo está subdividido en regiones geoculturales que se corresponden con características tanto geofísicas, como socioculturales y económicas. Nuestro territorio de estudio corresponde a la Altiplanicie pulquera, una zona de llanos en el altiplano donde se producía el pulque de forma intensiva durante varios siglos hoy venido a menos. El pulque es una bebida fermentada prehispánica hecha a partir de los azúcares de distintas variedades de agave nativas de nuestra región de estudio.

Una base importante de la identidad de esta región es la cultura agrícola enfocada a la producción de granos predominantemente cebada, y en mucho menor volumen agaves, cultivos que se pudieron adaptar a la altura y el clima. En esta regionalización cultural, se

---

<sup>21</sup> Selección con base en el interés demostrado por estas comunidades.

relaciona a la naturaleza arcillosa de los suelos, relacionada al pasado lacustre del territorio que solo perdura en una pequeña proporción. Igualmente, el origen volcánico en la conformación del relieve es parte de la identidad de esta región<sup>22</sup>.

#### 4.2. Cultura prehispánica

Se sabe de la existencia de asentamientos de origen Mexica desde el periodo Clásico tardío es decir 1350 - 1521, precisamente en las zonas elevadas que asoman en la vasta altiplanicie de varios miles de hectáreas que componen este territorio. En estas montañas se han identificado también cuevas que se presume fueron habitadas incluso antes de estos primeros rasgos de civilización, aunque basados en evidencias podemos asegurar que hay expresiones culturales en la región desde el año 1000 AC y se suponen ocupaciones previas.

Nuestra zona de estudio hasta antes de la conquista fue parte de la Tripe Alianza en la región conocida como Acolhua, y estaba bajo jurisdicción de rey de Texcoco<sup>23</sup>. Lo que le convierte en un territorio de Influencia Nahua y a su vez frontera con el Señorío de Tlaxcala, rival del imperio Azteca. Aunque en algunos documentos históricos se menciona que la región prestó ayuda a Cortés en su huida de México Tenochtitlan luego de la derrota de la Noche Triste, lo que indica una influencia tlaxcalteca en la región.

La rápida expansión del Virreinato Novo Hispano aunado a las graves epidemias que aparecieron de manera sucesiva en los primeros años de la colonia, mermaron fuertemente la población originaria, los que sobrevivieron huyeron a las montañas de la parte norte de la región y los que no lo lograron fueron enviados a las minas de Plata y Oro de Real del Monte donde trabajaban hasta morir.

Posterior mente mediante decretos se trató de reconcentrar la población en los valles a fin de que pudieran servir en la hacienda de la región, pero esto no fue un proceso fácil, debido a que hubo una gran resistencia a abandonar las religiones originarias, y las zonas altas brindaban buen refugio. De forma que es de imaginarse que personas originarias de otras regiones fueron trasladadas para servir en las encomiendas españolas que se otorgaron al inicio de la colonia.

Un territorio de Influencia Nahua y a su vez frontera con el Señorío de Tlaxcala, rival del imperio Azteca.

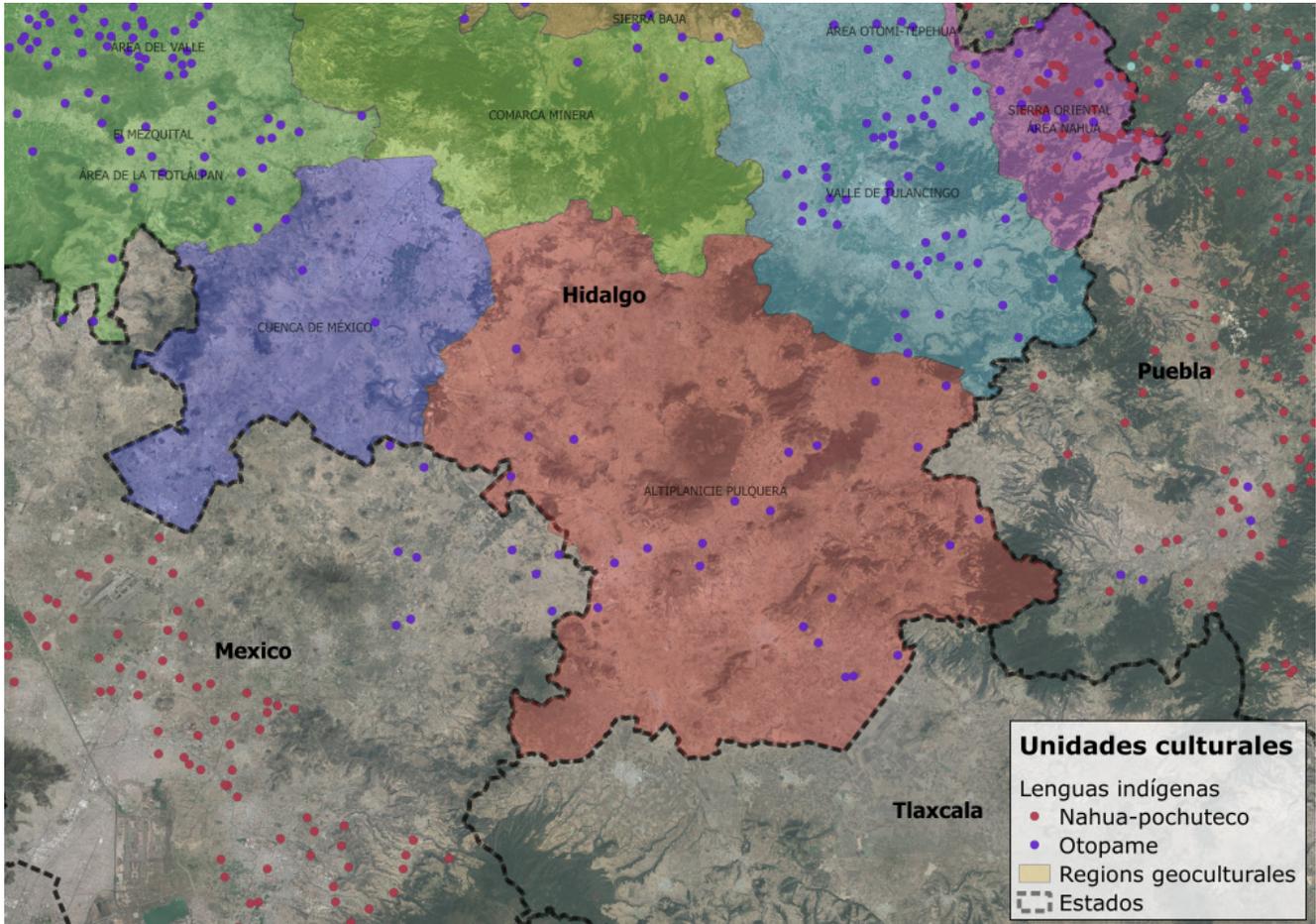
---

22 Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal INAFED. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Hidalgo. Acceso en Marzo 2021 en <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/regionalizacion.html>

23 Angélica Galicia Gordillo, APAN. UN BREVE ENCUENTRO CON SU HISTORIA, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM An. Antrop., 43 (2009), 117-141, ISSN: 0185-1225



Las raíces indígenas de un territorio se pueden identificar también a través de los idiomas y a veces las prácticas artesanales que han permanecido tras la colonización de México. Estos indican el grupo étnico al cual pertenecían los pobladores de la zona antes de la colonización se bajo este criterio nuestra región de trabajo se ubica en una zona de influencia Otomí, casi al contacto de zonas de influencia náhuatl al este<sup>24</sup>.



Se sabe de la existencia de asentamientos de origen Mexica desde el periodo Clásico tardío es decir 1350 - 1521, precisamente en las zonas elevadas que asoman en la vasta altiplanicie de varios miles de hectáreas que componen este territorio.

24 Ávila Blomberg, Alejandro de, Norma Gpe. Moreno Díaz. (2008). Distribución de las lenguas indígenas de México. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. Acceso en Marzo 2021 en: [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/lim07gw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/lim07gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no)

## b. Historia general de los Llanos de Apan

El territorio es una construcción social bajo un proceso histórico que desarrollan los grupos que lo habitan, su identidad como sus características evolucionan con el tiempo. Para entender un territorio entonces es relevante basarse no solamente en sus características actuales, sino también en los procesos que le llevaron a ser lo que es.

Ya mencionamos que previo a la colonia la región formó parte del Imperio Mexica o Azteca controlado desde el reino de Texcoco. A la llega de los colonizadores españoles la región se debió encontrar densamente poblada y se puede describir cómo un territorio lacustre donde más la mitad del territorio se encontraba ocupado por cuatro grandes cuerpos de agua, Apan, Soltepec, Tochac y Tecocomulco<sup>25</sup>.

Es importante recordar que las poblaciones indígenas disminuyeron en número debido a las epidemias y a la explotación a la que se vieron sometidos por los colonos. Esto explica que la población actual tiene en su mayoría orígenes mestizos y un reducido número de personas hablando su lengua indígena<sup>26</sup>. Lo que se constata mediante el informe sobre la región de 1789 donde se menciona una población de una población total de 2425 habitantes hablantes predominantemente de lengua nahuatl<sup>27</sup>, en un territorio de mas de 500 km<sup>2</sup> con abundancia de recursos y buen clima.

Durante toda la colonia la región mantuvo una población creciente, aunque nunca supero los 12 mil habitantes dedicados a sobretodo a la ganadería y las actividades agrícolas, particularmente el pulque que tomó auge desde el Siglo XVII y se transformo en la industria mas importante de la región hasta ya bien entrado el siglo XX<sup>28</sup>.

Durante el período Colonial Apan se consolidó como el epicentro de un vasto territorio que incluiría los actuales municipios de Tepeapulco, Tlanalapa y Almoloya. Si bien, en un inicio Tepeapulco fungió como centro de esta región, hacia el S XVII, debido a distintas circunstancias, como las epidemias que aquejaban la zona, motivaron el traslado de la diócesis de Tepeapulco a Apan.

Para la guerra de independencia altiplano fue el teatro de enfrentamientos entre realistas e insurgentes, lo que llevó a la destrucción de haciendas, viviendas y poblaciones. Distintos eventos históricos de ese periodo acontecieron en la región, el territorio fue desde el

---

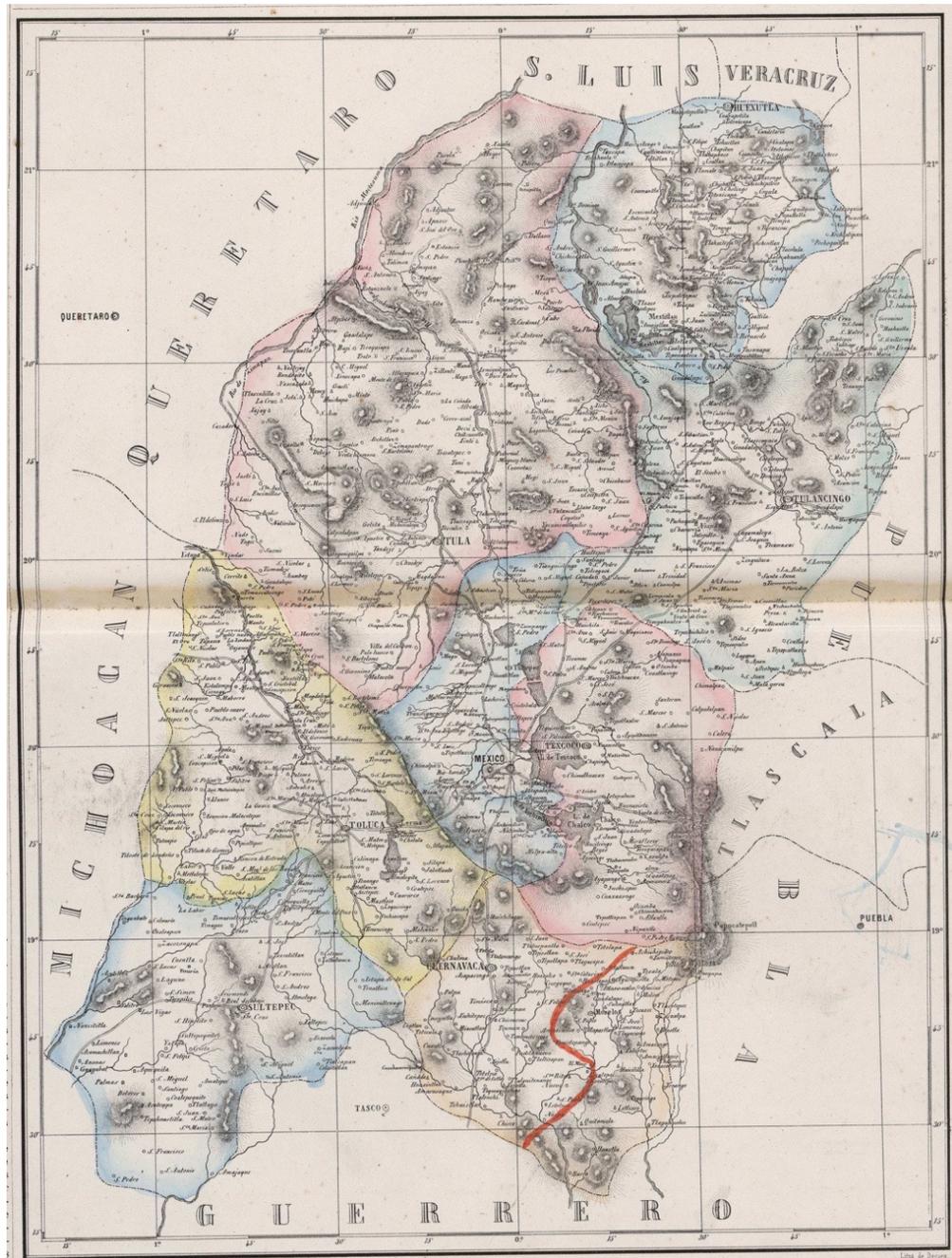
25 Ver mapa

26 Rogelio Cortés Espinoza. (2011). *Inventario del Archivo Histórico Municipal de Apan, Hidalgo*. Fundación Apoyo al Desarrollo de Archivos y Bibliotecas de México A. C. Acceso en Marzo 2021 en <http://www.adabi.org.mx/vufind/Record/adabi272704>

27 Jose Mariano de la Pesa y Casas y Bernardo Bonavía. (1789). File concerning the town and district of Apam: Mexico. Berkeley Bancroft Library. Acceso Junio 2021 en <https://oac.cdlib.org/search?query=apam;idT=UCb112223084>

28 Edgar Iván Roldán Cruz. (2018). Reparto agrario. Reestructuración del espacio y producción alimentaria en Hidalgo (Mexico), 1917-1940. *Revista de El Colegio de San Luis*. Acceso en Marzo 2021 en <https://revista.colsan.edu.mx/index.php/COLSAN/article/view/785/1013>





Mapa del Estado de México 1825

inicio de la contienda partidario de la Independencia y pese a cambiar de control realista al independentista en múltiples ocasiones siempre hubo una clara tendencia hacia la independencia que en cierta forma beneficiaba a los grandes terratenientes que dominaban el mercado del pulque el cual pagaba altas tasas a la corona.

La sobre explotación de la población continuó después de la independencia y las haciendas ejercieron un brutal control sobre la población originaria mediante el uso de meca-

nismos de deuda que obligaban a individuos y familias a estar siempre en deuda con la Hacienda, lo que limitaba su libertad. Estas deudas eran incluso transferidas a su descendencia, de forma una persona que nacía en esa condición le resultaba extremadamente complejo sobrepasarla lo que de facto generaba un modelo esclavista.

Este modelo de explotación desencadenó en buena parte a inicios del siglo XX la Revolución Mexicana, evento que marca el inicio del México moderno y tendrá importantes repercusiones en la organización del territorio. Durante casi una década distintos grupos revolucionarios se enfrentaron contra el gobierno federal y entre ellos para tomar las riendas del país y construir una nueva constitución.

Uno de los logros de este documento es que reconoce el derecho de los pueblos originarios sobre la tierra que les fue arrebatada en la colonia, pasarán un par de décadas antes de que esto se haga verdad, pero eventualmente mediante la reforma agraria iniciada en la década de los 30 iniciará el reparto de tierras mediante un modelo de posesión comunal conocido como ejido que llegará a abarcar más del 80% del territorio Nacional.

De forma que desde finales de la revolución mexicana, el estado de Hidalgo y en particular el recién creado municipio de Apan, inicia un largo proceso de reparto de tierras que durará hasta la segunda mitad del siglo XX. Esto cambiará el patrón de tenencia de la tierra antes concentrada en enormes haciendas y ahora distribuida mediante el modelo ejidal y comunal.

Para la época del México independiente del siglo XIX los Llanos de Apan estaban comprendidos en lo que entonces era el estado de México, un enorme territorio que posteriormente será dividido en los estados de Guerrero, Morelos e Hidalgo. Apan pertenecía entonces al distrito de Tulancingo, uno de los seis distritos que conformaban el estado y a su vez formaba partido con los municipios de Tepeapulco y Tlanalapa.

Una vez que el estado de Hidalgo fue creado durante la presidencia de Benito Juárez, el hasta entonces Partido de Apan se convirtió en un distrito lo que confirmó la importancia de la región en el contexto local y nacional. De esta forma que Apan había adquirido relevancia y asumido un papel central en la región, lo que prevaleció hasta el inicio del siglo XX, para luego pasar a ser fragmentado y poco a poco perder la importancia política que alguna vez representó.

Esta importancia pasada tiene que ver con que desde muy temprano en la colonia se inició el aprovechamiento extensivo del territorio creando mediante el desecamiento del sistema de lagos vastas extensiones de tierra plana conocidas como los Llanos de Apan. Se trataba de un territorio de cientos de kilómetros cuadrados de ciénagas que requirieron de una enorme cantidad de trabajo e infraestructura para transformarlas en suelos primero aptos para la ganadería y luego cultivables.

En la región de Apan se establecieron rápidamente diversas haciendas<sup>29</sup> que se encargaron de la explotación y administración del territorio. Estas encomiendas que datan de

---

29 Ver Mapa





Cultivo de Maguey  
Inicios del Siglo XX  
Fototeca Nacional INAH

tiempos coloniales llegaron hasta bien entrado el siglo XX como proveedoras de productos de origen agrícola que se vendían sobre todo en el centro del país.

El modo de vida relacionado a la hacienda en México perduró más allá de la colonia y ha sido ampliamente descrito por diversos autores que nos dejan ver la explotación humana como medio de producción a gran escala. Apan con sus más de 500 mil hectáreas aptas para la producción, una vez transformadas de humedales a campos productivos no fue la excepción más de 100 haciendas, y ranchos se establecieron en sus límites administrando y explotando el territorio de la región <sup>30</sup>.

Dada su cercanía con la Ciudad de México, primero mediante carros tirados por animales y a partir del siglo XIX mediante el ferrocarril que llegaría a la región de Apan con la línea México Veracruz, primera construida en el país y con su primer tramo a Puebla inaugurado en 1869. Los productos agrícolas de los llanos de Apan generaron grandes fortunas que se pueden ver reflejadas en la suntuosidad de los cascos de las haciendas y otros edificios públicos construidos a lo largo de su historia.

Ya hemos mencionado que todos estos productos es quizás el pulque el que generó un mayor impacto en la región, la economía y el territorio. Durante décadas y siglos el pulque fue la bebida alcohólica por excelencia en el país, y era precisamente Apan la zona produc-

---

<sup>30</sup> Ibidem.

tora principal de esta bebida<sup>31</sup>. El paisaje de los llanos durante siglos era predominantemente agavero, miles de hectáreas se dedicaron a la producción de esta planta y con ello una actividad de gran relevancia en México.

El maguey o agave o metl en náhuatl, merece una distinción aparte a lo largo de este relato. Esta planta endémica de la zona y del país en general, representa en muchas formas el territorio mismo. Su uso ampliamente extendido a lo largo y ancho de la región, aunque hoy en desuso, formó parte de la vida cotidiana de todos los que habitaban esta parte de México por siglos y perfiló el paisaje de la región donde los campos de agave se perdían en el horizonte.

Las distintas variedades de agave proporcionaban a los habitantes de la zona refugio, vestido, alimento y bebida, su representación cosmogónica en las culturas mesoamericanas es relevante y su uso y explotación se extendió por varios siglos. Hasta que el uso de fibras sintéticas y de bebidas alcohólicas destiladas vino a competir con los productos derivados del agave lo que marcaría su casi completa desaparición del paisaje y contexto de la región.



Nopal Maguey y Palma códice

31 El Pulque es una bebida alcohólica de origen prehispánico que se elabora a partir de la fermentación de la sabia de cierto tipo de agaves que producen grandes cantidades de azúcares. Su producción en la región de Apan para su venta en la Ciudad de México se extendió hasta mediados del siglo XX. Fuente?

Es importante notar que la historia ambiental de los Llanos de Apan fue marcada por la era del pulque donde la producción y comercialización de esta bebida fue un factor determinante en su evolución socio-económica y política. A partir de mediados del siglo XX y por la entrada al mercado de otras bebidas alcohólicas como la cerveza esta bebida y la producción de agaves que predominó por siglos fueron reemplazada por la producción de cebada malta.

El cultivo de la cebada inicia una nueva era de producción industrial de cerveza cuyo apogeo podría culminar con la reciente instalación en 2018 de una de las plantas de transformación de cerveza más grandes del continente.

Miles de hectáreas, alguna vez sembradas de maguey pulquero, se convirtieron en campos de cebada maltera, comenzando una profunda transformación de las condiciones ambientales y territoriales de toda la región. Ya que para lograr que esta explotación a gran escala fuera posible en las distintas épocas que marcan el lugar, fue necesario un tremendo esfuerzo de gran escala, para transformar los parcelados agrícolas destinados al agave y los suelos ganados a los lagos en suelos cultivables.

Un territorio donde se produjeron por mucho tiempo productos tan importantes en la economía del país a lo largo de los siglos desde la producción de carne, el agave pulquero o más recientemente ser la principal zona productora de cebada maltera en lo nacional.

La suma de estas transformaciones a los ecosistemas marcan la superficie del territorio y se conjugan décadas o siglos después después en forma de amenaza a las sociedades ante los efectos que acarrea el Cambio Climático al planeta.

### **c. Multi-Escala de intervención**

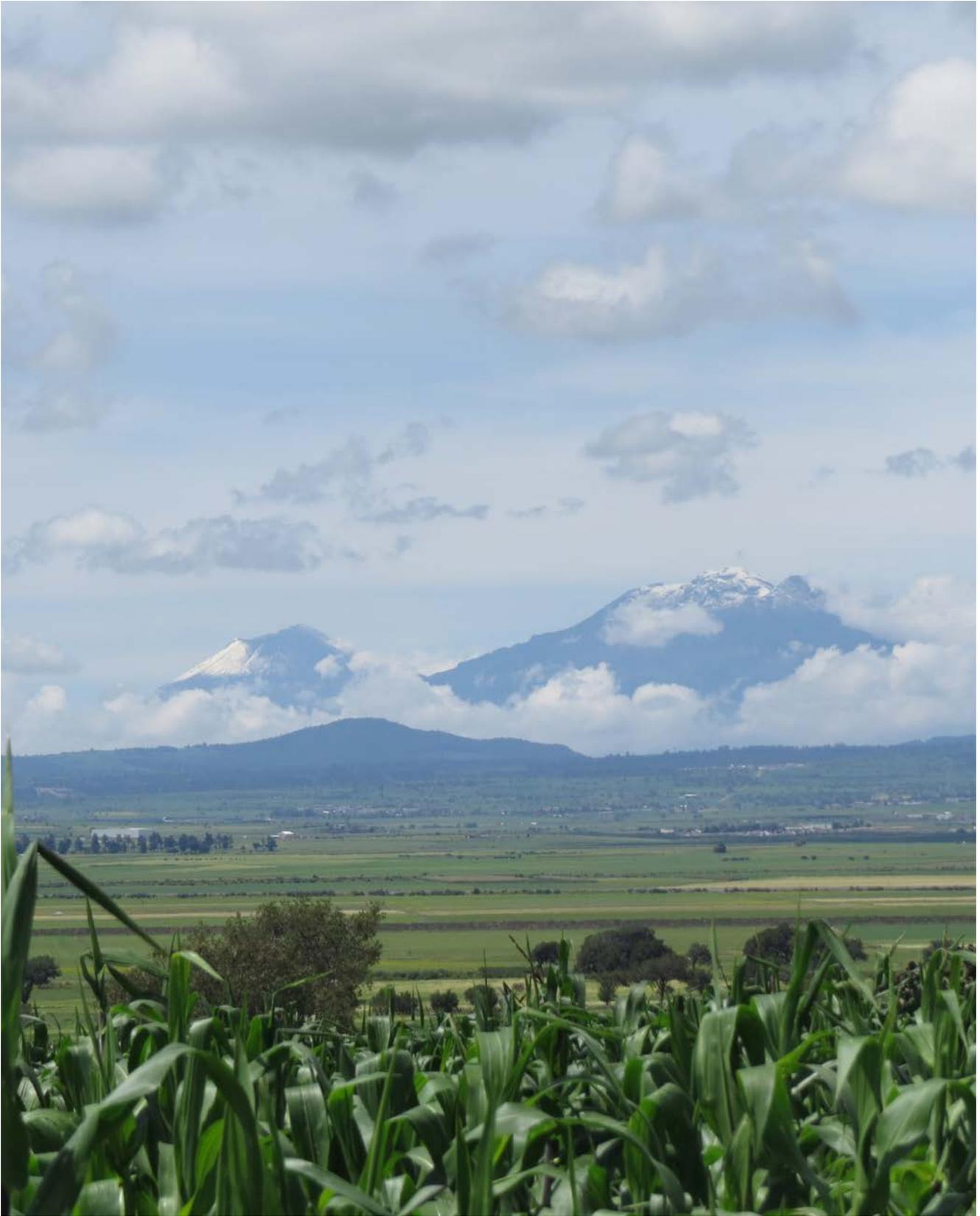
A través de reconocer la multitud de unidades que pueden servir para caracterizar el territorio de estudio, queremos evitar la circunscripción de este a una sola unidad física, administrativa o cultural. Para más bien advocar por la toma en cuenta de todas estas dimensiones en la constitución de un territorio cuyos límites son múltiples y aportan distintas perspectivas de una misma problemática.

Asimismo, abriremos la investigación de los Llanos de Apan a la diversidad y complejidades de las relaciones que estos territorios entretejen entre sí y con otros territorios. Estas relaciones se entienden en el espacio y tiempo a través de la multitud de unidades y sus escalas y permiten relacionar las problemáticas a las cuales se enfrenta la zona de estudio en un marco muy amplio.

Con el fin de delimitar el estudio, elegimos una serie de unidades territoriales piloto para la investigación a profundidad y con la participación de los miembros de los ejidos de Apam, Santa Cruz, La Laguna, Chimalpa Tlalayote en el municipio de Apan y Almoloya y Santiago Tetlapayac en el municipio de Almoloya.<sup>32</sup>

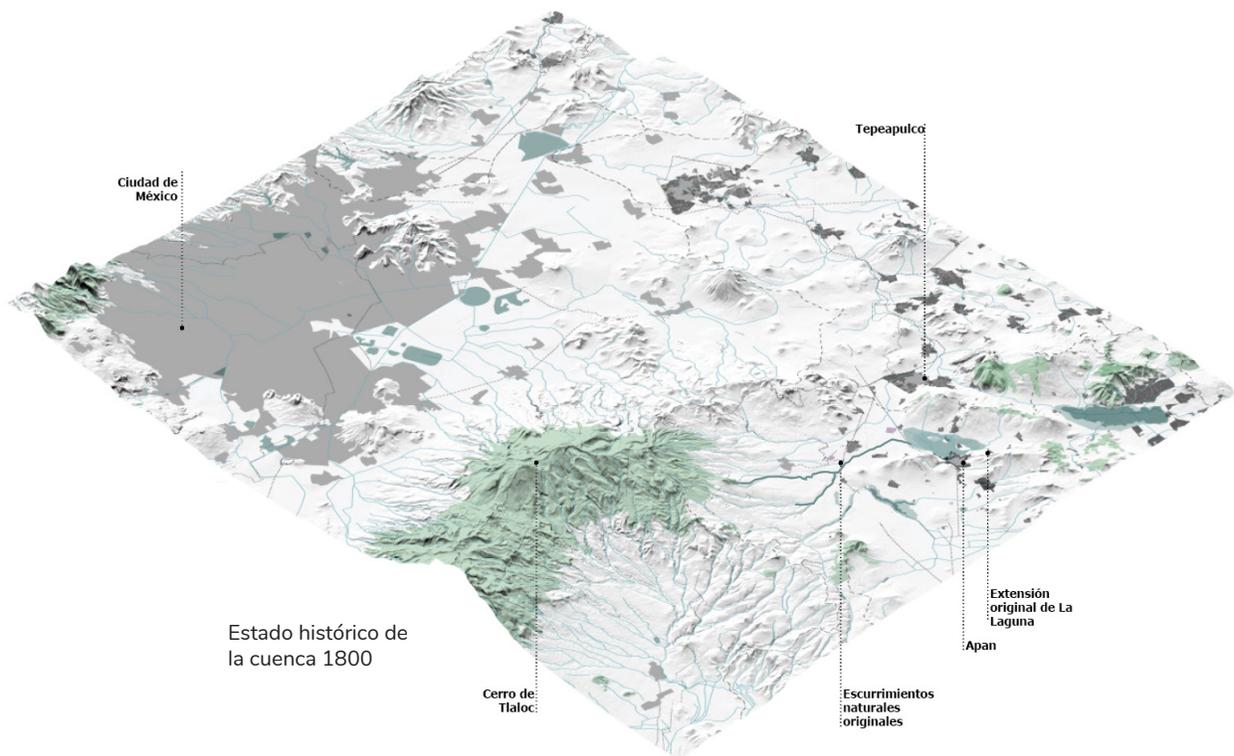
---

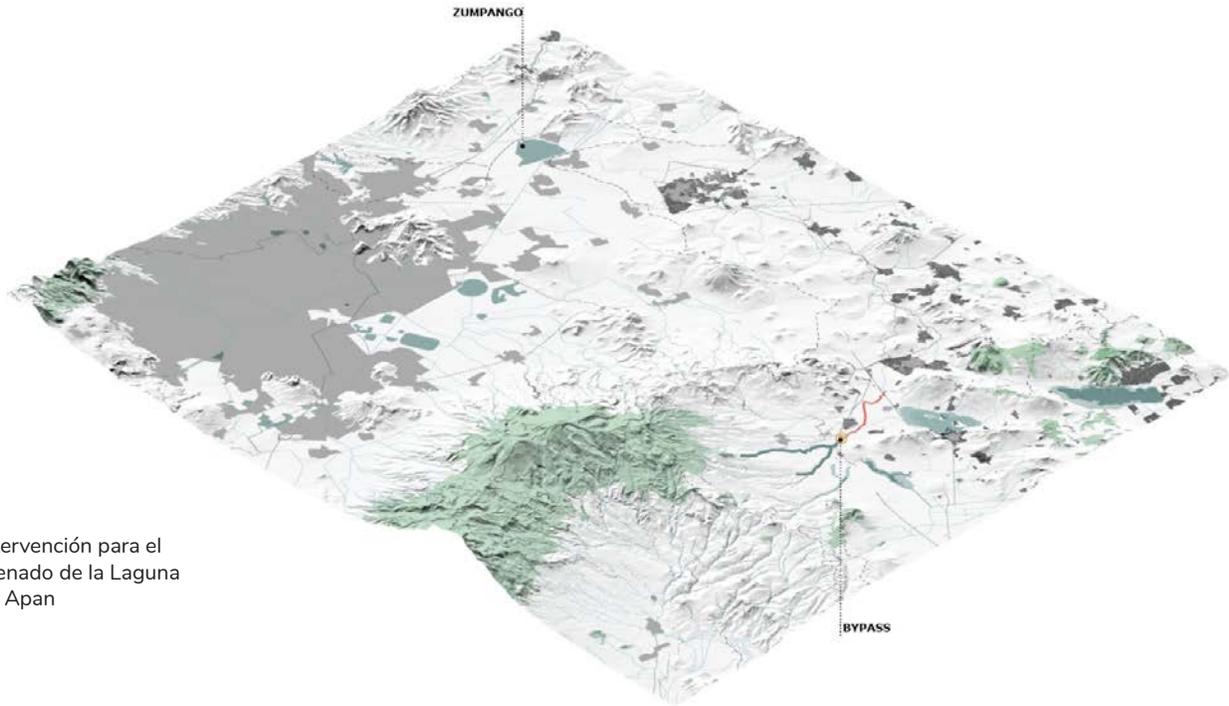
32 Ver plano



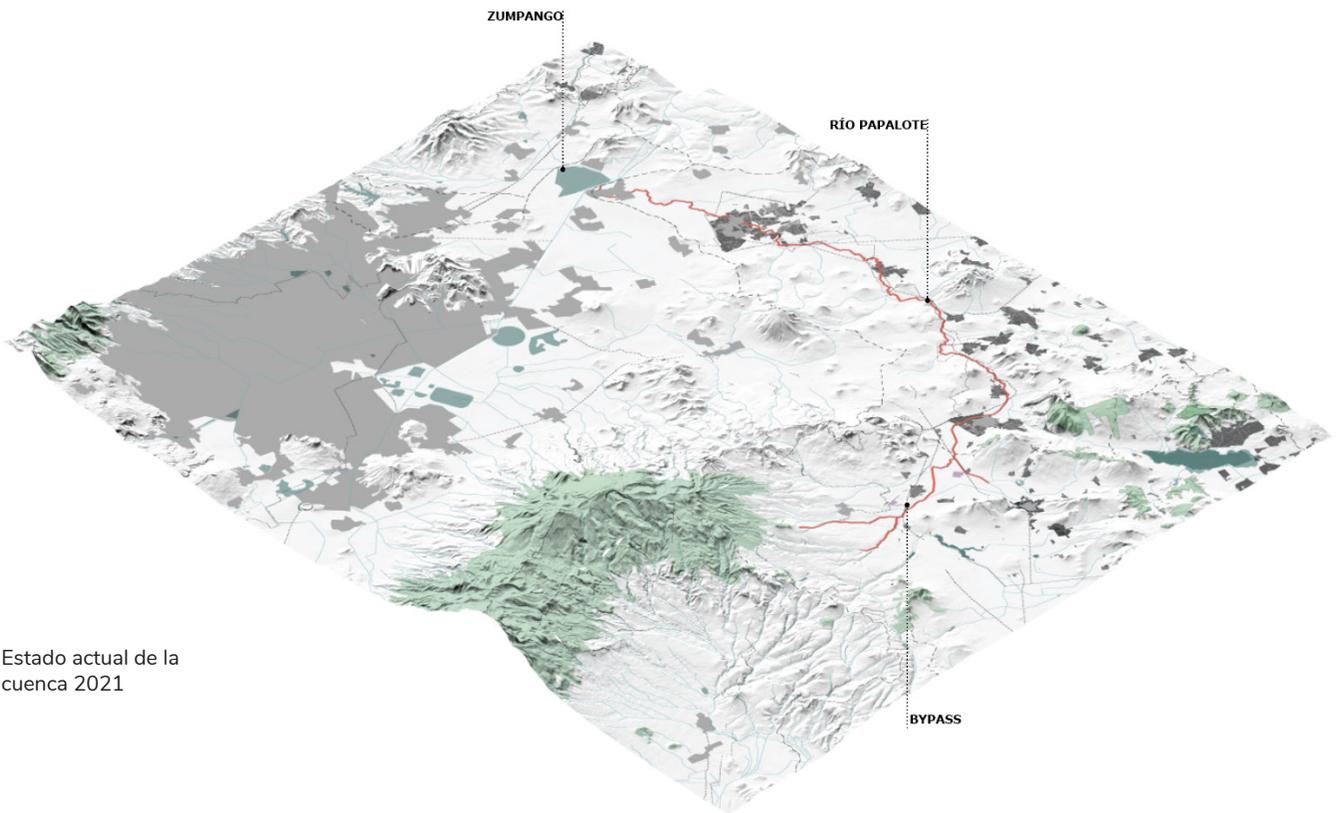
## II. Historia reciente del territorio y principales tendencias socioambientales

### a. Trayectoria de territorio lacustre a escasez de agua





Intervención para el drenado de la Laguna de Apan



Estado actual de la cuenca 2021

Existe una tendencia que marca el periodo colonial en el centro y occidente de México y es la constante lucha en contra del agua y de los sistemas hídricos que de forma natural y milenaria se emplazaban en estas partes del país. Conocemos bien el caso de la Ciudad y el Valle de México, donde durante generaciones sus habitantes se dieron a la tarea de desalojar las aguas de su sistema lacustre, que en su periodo precolonial abarcó casi 200 mil hectáreas.

Esta planicie está bordeada por un sistema montañoso al norte y poniente que abrazan las vastas extensiones del altiplano central mexicano que se extiende por cuatro estados: Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México.

Desde la caída del imperio Mexica y a medida que el colonial se alzaba, fue tarea forzada abrir nuevas tierras para el disfrute y usufructo de los colonos que rápidamente afectaron el equilibrio ecológico del sistema de lagos. Para esto han realizado distintas obras de infraestructura que en algunos casos duraron siglos enteros hasta que por fin lograron drenar el agua de estos cuerpos, para primero promover su explotación y con el tiempo su ocupación como suelo urbano.

Estas acciones suscitaron grandes debates desde la época colonial, la desecación de un lago no es nunca un tema que se tome a la ligera. Pero la necesidad de repartir tierras y encomiendas para atraer colonos a la llamada Nueva España y que estos pagaran tributos a la metrópoli tuvieron el peso necesario para que esto sucediera.

No es de extrañar que procesos similares sucedan en otras partes del territorio como es nuestro caso en los Llanos de Apan. Este territorio se ubica apenas a 80 km en línea recta con la ciudad de México, y se caracteriza en la actualidad por un paisaje llano que deja ver el eje neo volcánico que cruza el centro del país y que su vez lo encierra.

Esta planicie está bordeada por un sistema montañoso al norte y poniente que abrazan las vastas extensiones del altiplano central mexicano que se extiende por cuatro estados: Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México.

Al verlo en la actualidad cuesta imaginar que alguna vez este territorio fue un sistema de humedales interconectado del que al día de hoy solo prevalecen remanentes. No es hasta que nos adentramos en el entendimiento de cómo este paisaje funciona, que podemos comprender la magnitud de la transformación.

Sobre los Llanos de Apan en la actualidad persisten dos lagunas permanentes y dos que reaparecen cada temporada de lluvias y que de acuerdo a la cartografía histórica alguna vez fueron permanentes. Otros muchos cuerpos de agua naturales y artificiales emergen cada temporada de lluvias, hay que decir que de forma cada vez menos perenne, debido a la drástica disminución de las lluvias.

Tanto la Laguna de Tochac como la de Tecocomulco, son cuerpos de agua que todo el año mantienen un nivel de agua que permite considerar que se tratan de cuerpos de agua vivos. Esto pese a que en el caso de la de Tochac es evidente la falta de biodiversidad tanto dentro como en sus inmediaciones, así como la desaparición de diversidad acuática.



Laguna de Tochac  
(San Antonio Atocha)  
en marzo 2021



Laguna de Tecocomulco  
en noviembre 2021

Pese a todo, la laguna de Tecocomulco presenta aún un estado aceptable siendo un humedal vivo con una diversidad biológica constante. Esto en buena parte a que su principal surtidor el río Cuatlaco que le transporta agua desde la zona montañosa ubicada al este en el municipio de Almoloya aun corre con un flujo constante todo el año, aunque este se mezcla con agua de algunas descargas urbanas.



Esta laguna se extiende dependiendo de la temporada del año por varios cientos de hectáreas entre los bordes de tres municipios, y representa uno de los pocos ejemplos vivientes de cómo fue el sistema de humedales primigenios del Valle de México previo a la llegada de los europeos.

La laguna de Apan, de la que los habitantes de la región tienen referencias históricas recientes sobre su extensión ha ido perdiendo su capacidad de retener agua y en la actualidad desaparece por completo durante más de seis meses al año. Mismo caso sucede con otra laguna de menor tamaño a la que se le conoce como Laguna de las Ánimas que solo retoma su espejo de agua durante la temporada de lluvias.

Las lagunas de Apan y de las Ánimas comparten un hecho trágico que marcará su destino y transformará el territorio y su climatología para siempre. Ambas fueron desconectadas de manera artificial de sus ríos surtidores.

Otro cuerpo de agua de estas características se registra en la zona en el municipio de Soltepec en el vecino estado de Tlaxcala, alguna vez un humedal permanente actualmente casi extinto<sup>33</sup>.

Las lagunas de Apan y de las Ánimas comparten un hecho trágico que marcará su destino y transformará el territorio y su climatología para siempre. Ambas fueron desconectadas de manera artificial de sus ríos surtidores.

El caso de la laguna de Apan es particularmente violento que la hizo pasar de una extensión máxima histórica de 9000 hectáreas previo a la colonia a solo 60 hectáreas, es decir menos del 1% de su superficie original. Esto fue el resultado del desvío de los afluentes que conducía agua desde la cordillera de la Sierra Nevada en los límites del Estado de México y Tlaxcala hasta la laguna de Apan.

Este proceso arrancó seguramente en el periodo colonial temprano cuando se conectó el Río Papalote al Río de las Avenidas de Pachuca, permitiendo el drenado del llano de Irolo, así la laguna se redujo a más de la mitad de su tamaño, esto prevaleció hasta mediados

del siglo XX. Sin embargo, en algún momento entre los años treinta y cincuenta del siglo XX las aguas del Río Amaxac, (otro alimentador de la laguna) fueron desviadas mediante un canal<sup>34</sup> para ser conectadas también al río Papalote que llega hasta la laguna de Zumpango.<sup>35</sup>

---

33 Aquí cabe hacer una reflexión descriptiva, si bien estos cuerpos de agua reciben el nombre de laguna y en la cultura de las personas así se les refiere. La verdad es que se trata de lagos y humedales, la definición de laguna se refiere exclusivamente a cuerpos de agua dulces o salados que se relacionan con las costas, por lo que se sale de la definición formal que aquí aplicamos. Sin embargo, por cuestiones de relación al lugar mantendremos el uso del término laguna casi como un topónimo al lugar referido.

34 Un dato relevante es que no existe antecedente legal de este trasvase de una cuenca a otra para conseguir el drenado de la cuenca, seguramente se realizó bajo el impulso del movimiento agrarista de los años treinta con el objetivo de obtener más tierra para el reparto agrario que entonces acontecía.

35 Ver mapa

De este modo se dio fin a una laguna que había existido por milenios y que determinaba buena parte de las condiciones ambientales de toda la región.

El otro gran cuerpo de agua que casi desapareció y de cual sólo existe dos cuerpos de agua uno permanente y otro temporal fue la Laguna de Tochac-Soltepec este cuerpo de agua fue el mas grande del sistema y llego a ocupar hasta 125 mil hectáreas. Poco a poco sus afluentes cómo el río Capulac o Tetlapayac fueron desviados para igualmente darles salida por el río Papalote disminuyendo gradualmente su nivel hasta reducirlos a cuerpos de agua fragmentados de los cuales sobreviven la Laguna de Tochac y la de Las Animas sólo al primera cuenta con agua todo el año.

Pero también el siglo XX estos cuerpos de agua remanentes fueron de nuevo afectados, en el caso de la Laguna de las Ánimas fue el Río Malayerba que descendía de las partes elevadas al norte del municipio de Almoloya el que fue desconectado de la laguna para dirigir sus aguas a la Laguna de Tochac. Desde Tochac, el agua fluye al norte y se conecta de nuevo al río Papalote a través del río Amaxac. De forma que las aguas que deberían quedar en las planicies de Apan son desalojadas mediante el trasvase que hemos mencionado antes trasvase.

De esta manera se pierden, no solo las aguas superficiales del llano que ya es un fenómeno de alto impacto que altera el paisaje de manera definitiva, sino que se reduce la capacidad de recarga del acuífero de Apan, que en la actualidad se encuentra bajo una gran presión debido a la disminución en los regímenes de lluvia y el aumento en los volúmenes de extracción.

La transformación de secado del territorio para ganar tierra productiva al sistema de humedales está estrechamente conectada con la construcción de un complejo sistema de canales agrícolas. Estos permiten el traslado del agua que capta el llano hacia las lagunas existentes y en otros casos conduce estas aguas varios kilómetros fuera de la cuenca hasta conectarse al sistema de Zumpango al poniente y salir por cuenca del río Tula al Golfo de México.

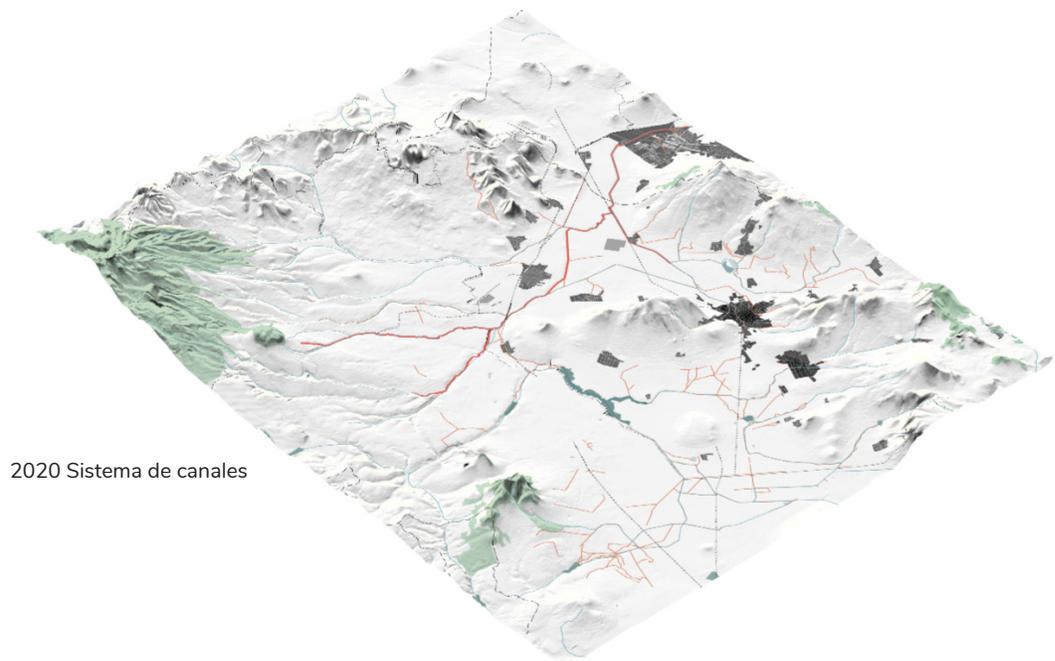
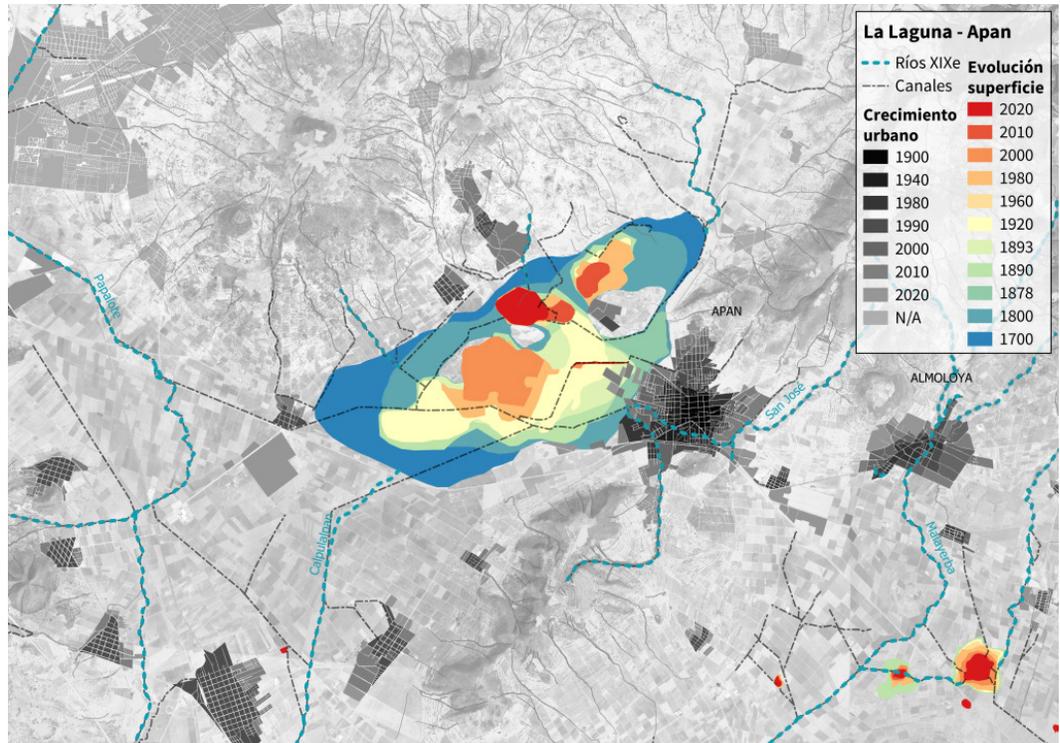
La construcción de este sistema de canales que drenan el territorio lo podemos relacionar como en el caso de la Ciudad de México a los periodos tempranos de la expansión colonial. Donde era necesario incrementar la extensión de tierras laborables a fin de hacer productivas las encomiendas y con ellas la construcción de un modelo económico que perduró por siglos pero se extienden hasta el siglo XX e incluso alguno más reciente en el XXI.

La gran extensión de los humedales es evidente cuando se observa la ubicación de las haciendas de la región que se ubican con muy pocas excepciones en zonas altas en las laderas de las cadenas montañosas rodeando el sistema lacustre, lo que nos habla de la extensión de estos y la gravedad del ciclo hídrico que sucedía cada año.

Está también grabado en la memoria de las personas el hecho de que durante las temporadas de lluvias pueblos enteros quedaron aislados debido a la crecida de las aguas y la recuperación de nivel del sistema lacustre.



Sin este sistema de canales que se encarga de encauzar el agua fuera de las zonas cultivables, cada temporada de lluvias los llanos se verían inundados por los enormes volúmenes de agua que esta cuenca capta cada año. Esto pese a la evidente disminución de los regímenes de lluvia anuales particularmente en los ciclos 2019 y 2020.



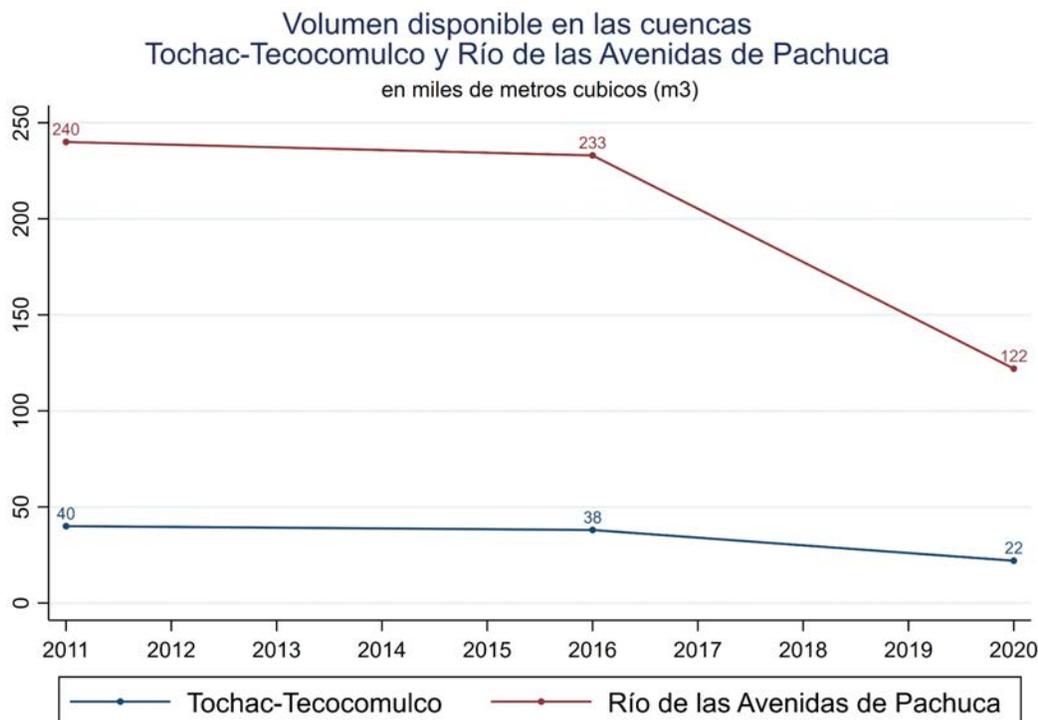
2020 Sistema de canales

## 2. Incremento reciente de la extracción de aguas subterráneas y disminución de la disponibilidad de las aguas superficiales

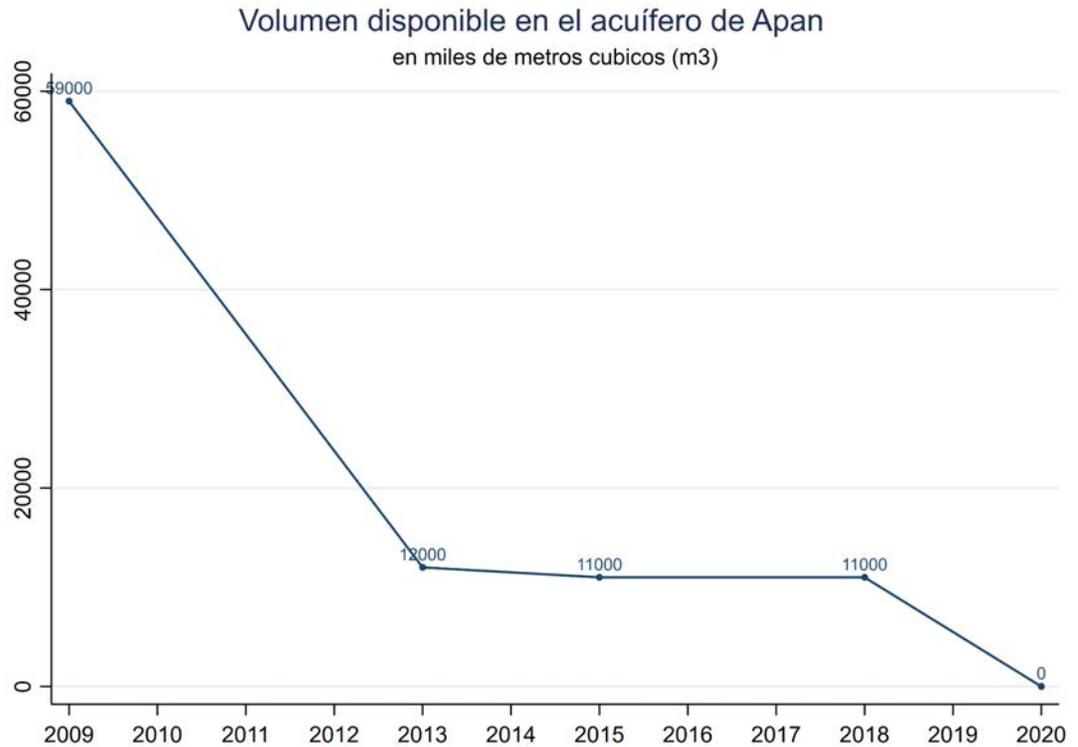
Las cuencas ubicadas en el valle de México y sus acuíferos son de las más afectadas del país ya sea por daños ambientales o su sobre explotación. Al mismo tiempo, la pérdida de superficies boscosas y la urbanización acelerada en estas cuencas han mermado la capacidad del territorio de prestar servicios ecosistémicos, todos estos fenómenos son visibles en el territorio que nosotros analizamos.

La CONAGUA empieza a registrar las concesiones de extracción de agua a partir de 1995 y a evaluar la disponibilidad en cuencas y acuíferos a partir de 2010. Estos datos nos permiten tener la perspectiva reciente y desde un punto administrativo de la sobreexplotación del agua superficial en las cuencas y del agua subterránea en los acuíferos. Nuestra zona de estudio corresponde al acuífero de Apan y está compartida entre dos subcuencas de la Cuenca del Valle de México, las subcuencas de Tochac-Tecocomulco y del Río de las Avenidas de Pachuca.

La disponibilidad del agua superficial en estas cuencas ha venido decayendo desde 2011, y está disminuyendo muy rápidamente desde 2016. No obstante, la escala de estas cuencas no permite obtener un análisis a la escala de los Llanos de Apan.



De igual manera, la disponibilidad del agua subterránea en el acuífero de Apan, muy reducida ya en 2013, presenta una reducción rápida a partir de 2018 para llegar a una disponibilidad casi nula de 0.3 millones de metros cúbicos en 2020. Es notable que la primera evaluación de 2009 registró una disponibilidad muy alta, cuya coherencia con los siguientes cálculos necesita revisión antes de concluir con una disminución drástica de 2009 a 2013.



A través de la recopilación de datos y anexos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), buscamos reconstruir las tendencias y los usos que explican esta disminución drástica de la disponibilidad de agua. El análisis se enfoca a la escala del acuífero ya que permite obtener datos a una escala local, pues las cuencas mencionadas abarcan una extensión de territorio mucho más grande que nuestra zona de estudio.

### 2.1 Concesiones de agua 1995-2020

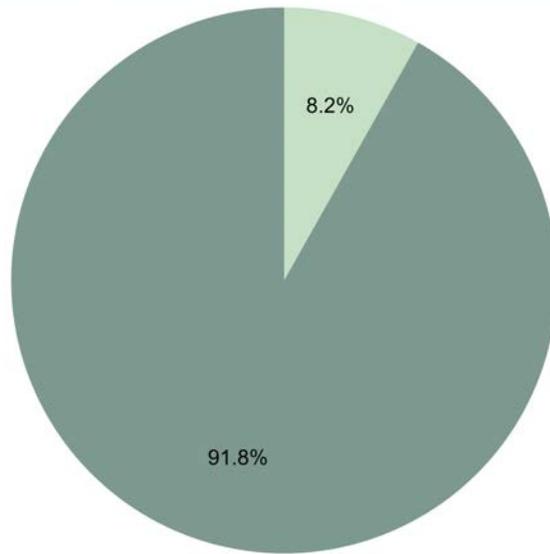
Con el fin de poder analizar este fenómeno a escala del acuífero, analizamos las concesiones de agua registradas en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa) de la CONAGUA en los 4 municipios que abarca su superficie: Apan, Almoloya, Tepeapulco y Emiliano Zapata.

Los volúmenes totales concesionados de 1995 a 2020 en los 4 municipios, 92% proviene de aguas subterráneas<sup>36</sup> y 8% de las aguas superficiales. El volumen total concesionado es de 34,5 millones de m3 por año, con 31,7 proveniente de aguas subterráneas.

<sup>36</sup> Principalmente del acuífero de Apan (número 1320), aunque algunas concesiones están ubicadas en el acuífero de Tohac-Tecocomulco (número 1319).

### Porcentaje de agua superficial y subterránea concesionado en Apan, Almoloya, Tepeapulco y Emiliano Zapata

Porcentaje del volumen total concesionado de 1995 a 2020



Aguas superficiales    Aguas Subterráneas

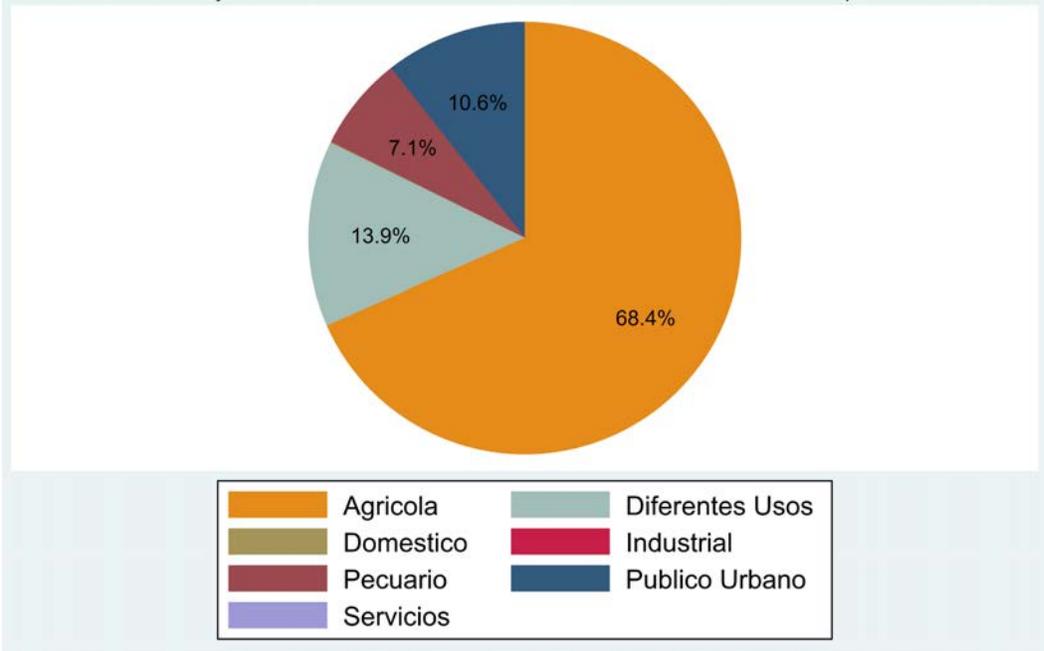
#### AGUA SUPERFICIAL

Las concesiones de agua superficial en los 4 municipios suman 2,8 millones m<sup>3</sup> por año en 2020: 68% para uso agrícola, 14% para diferentes usos, 10% para uso público urbano y 7% para uso pecuario<sup>37</sup>.

<sup>37</sup> Registro Público de Derechos de Agua (REPD) de la CONAGUA, consultado en Marzo 2021.

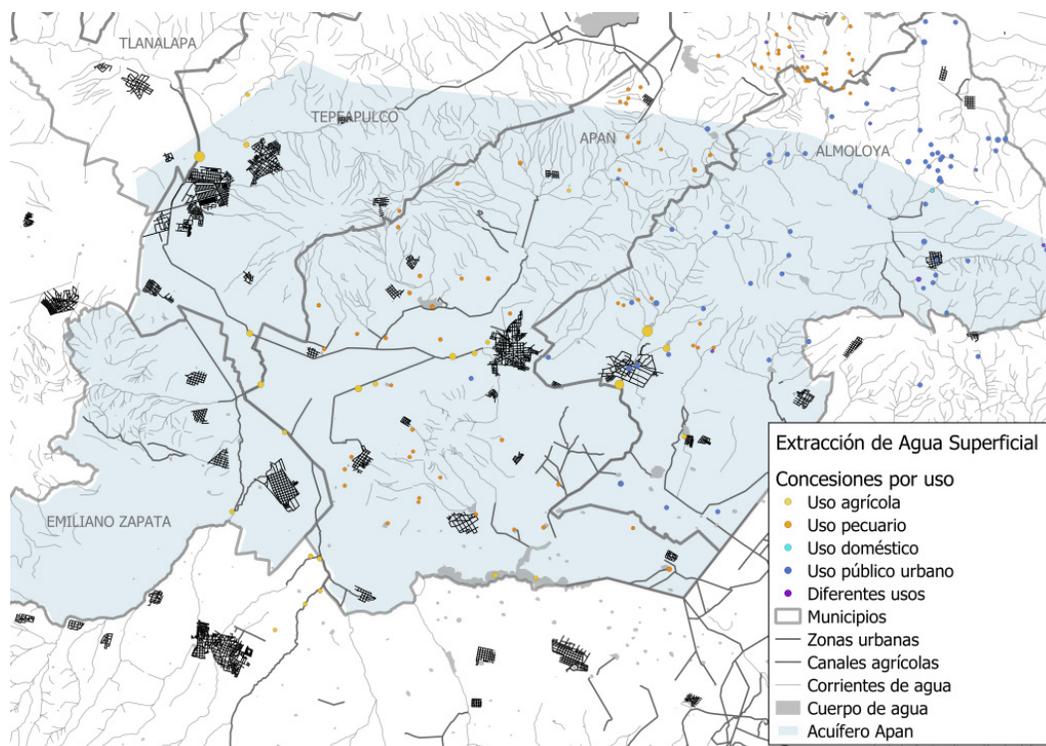
### Volumen de agua superficial concesionado por tipo de uso en Apan, Almoloya, Tepeapulco y Emiliano Zapata

Porcentaje del volumen total concesionado de 1995 a 2020 en miles de m<sup>3</sup> por año



Estas concesiones están distribuidas de la manera siguiente: la mayoría de las concesiones de uso agrícola están ubicadas en la parte sur de los municipios de Tepeapulco, Apan y Almoloya<sup>38</sup>, mientras las múltiples concesiones de poco volumen para uso público urbano y pecuario están distribuidas en la parte norte de estos municipios.

<sup>38</sup> Las concesiones de Tlanalapa no disponen de anexos con coordenadas geográficas y por lo tanto no se puede determinar si hay concesiones de este municipio ubicadas en la zona del municipio que se sobrepone a los límites del acuífero de Apan.



## AGUA SUBTERRÁNEA

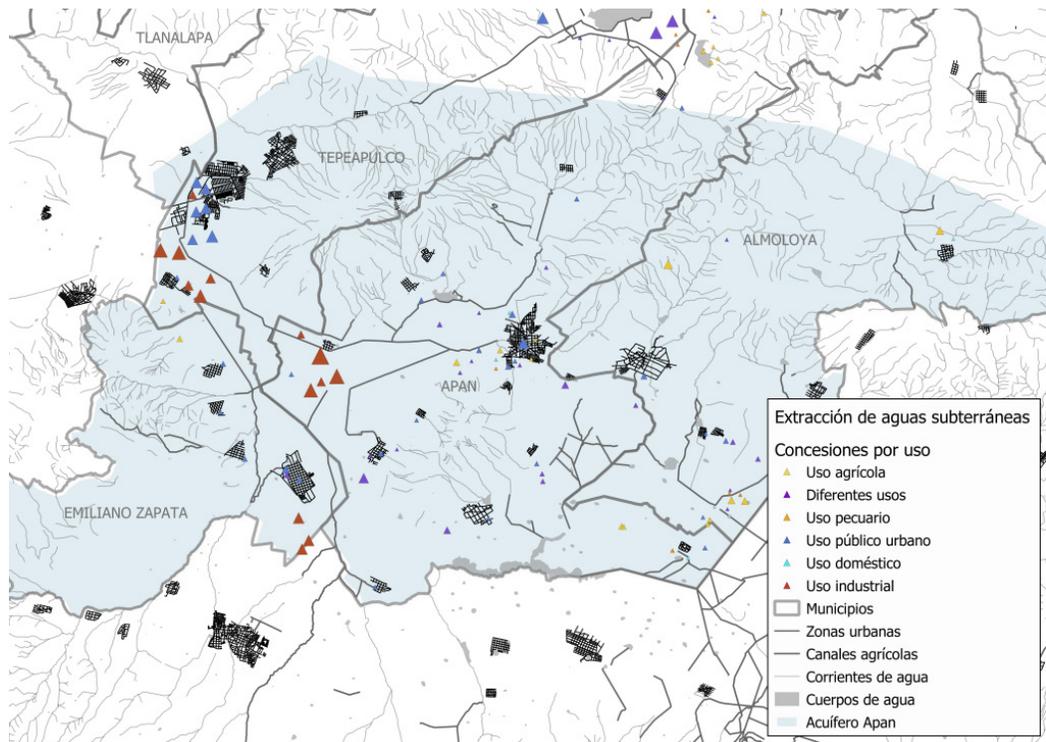
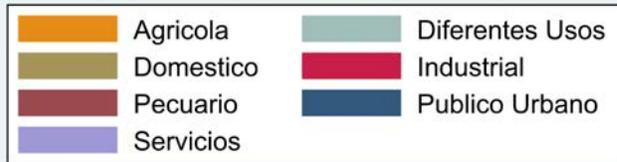
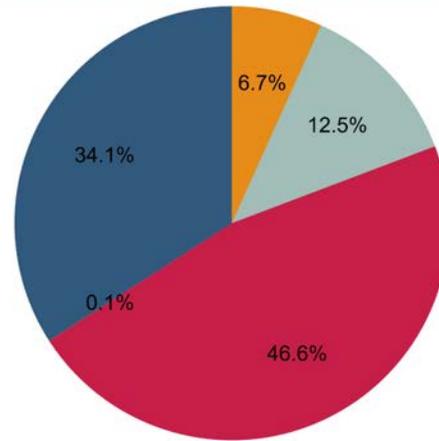
Las concesiones de aguas subterráneas en los 4 municipios suman un total de 31,7 millones de m<sup>3</sup> por año en 2020. 46,6% está clasificado como uso industrial, 34,1% como uso público urbano, 12,5% como diferentes usos y 6,7% como uso agrícola<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la CONAGUA, consultado en Marzo 2021.



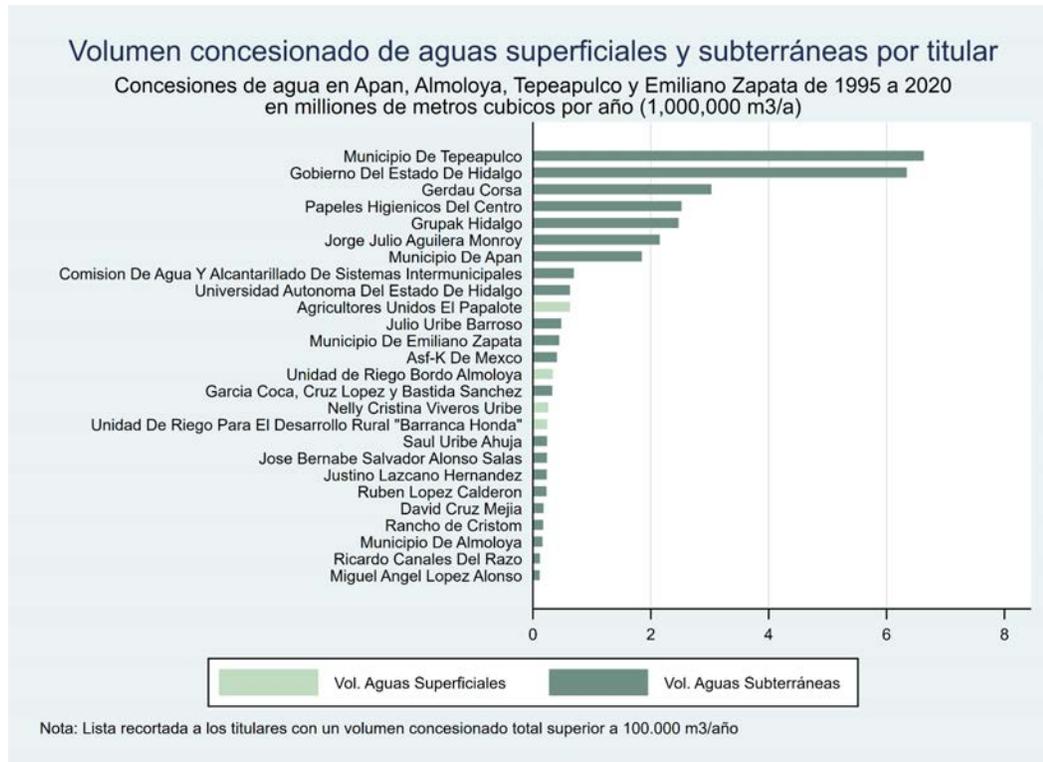
### Volumen de agua subterránea concesionado por tipo de uso en Apan, Almoloya, Tepeapulco y Emiliano Zapata

Porcentaje del volumen total concesionado de 1995 a 2020 en miles de m3 por año



## 1.2.2 Principales usuarios del agua

Los principales usuarios del agua son industriales, seguidos por el uso público urbano y los principales usuarios son entidades de gobierno e industriales.



El Municipio de Tepeapulco tiene dos concesiones de aguas subterráneas, una de 55 mil metros cúbicos al año para uso público urbano y otra de 6,6 millones metros cúbicos al año que también está clasificada con uso público urbano. Esta segunda y más importante concesión está compuesta de 8 anexos que subdividen la concesión. Tepeapulco cuenta con 49,850 habitantes, con un consumo promedio de 350L/día su abasto público debería ser del orden de 6.5 millones de metros cúbicos, es decir, un poco menos que la suma de estas concesiones.

La concesión de aguas subterráneas a nombre del Gobierno del Estado de Hidalgo en Apan de 6,3 millones de metros cúbicos para uso industrial está compuesta de 5 anexos. Es la única concesión en el municipio de Apan que fue atribuida por la Gerencia de Servicios a Usuarios y no por la Dirección Local de Hidalgo o la Dirección del Organismo de Cuenca del Valle de México. Por su ubicación y la fecha de otorgación el 24 de agosto de 2017 así como la información encontrada en la prensa, se puede determinar que esta concesión está a disposición de la empresa cervecera Grupo Modelo.

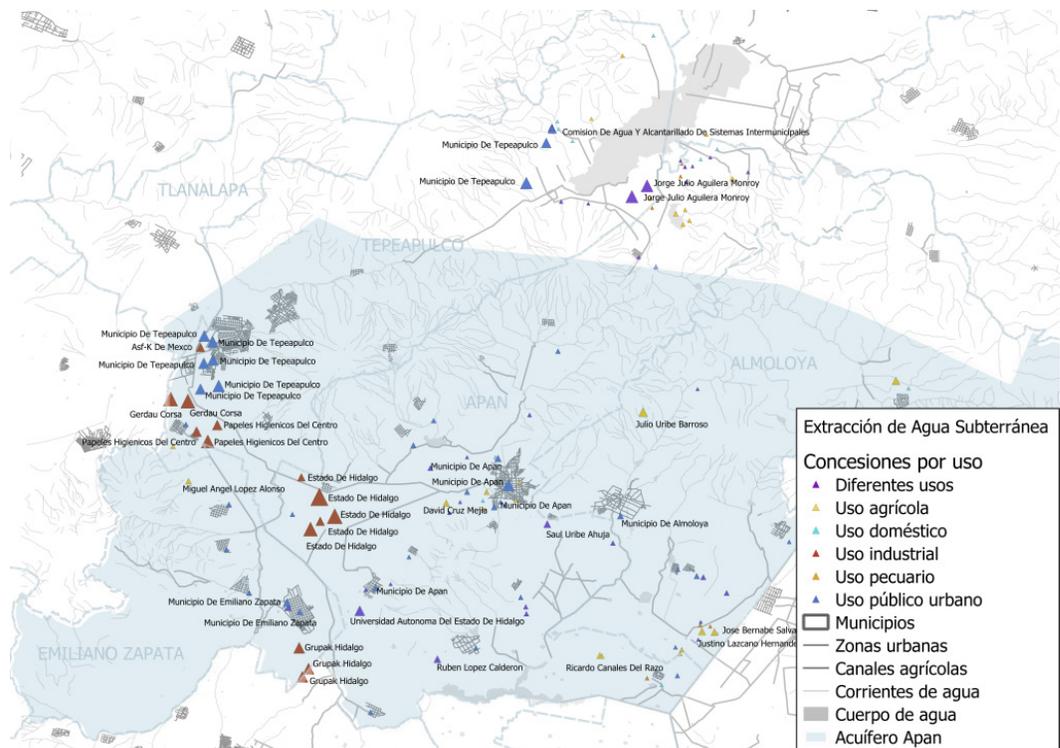
La empresa acerera Gerdau Corsa en Tepeapulco dispone de 1 concesión de aguas subterráneas de 3 millones de metros cúbicos al año desde 2011.

La empresa Papeles Higiénicos Del Centro dispone de 2 concesiones de aguas subterráneas otorgadas en 2012 y 2013 que suman 2,5 millones de metros cúbicos al año.

La empresa papelera Grupak dispone de 1 concesión de aguas subterráneas en Emiliano Zapata de casi 2,5 millones de metros cúbicos al año.

El municipio de Apan tiene una concesión de 2,4 millones de metros cúbicos al año, dividido en 16 títulos obtenidos (8 en 1998 de 1,4 millones de m<sup>3</sup>, 4 en 1999 de 2,6 mil m<sup>3</sup>, 1 en 2018 de 1,9 mil m<sup>3</sup>, 2 en 2020 de 1,8 m<sup>3</sup>). El municipio tiene una población de 28,792 habitantes cuyo consumo se puede estimar a 3,7 millones de metros cúbicos con un consumo de 350L/día por habitante, lo que permite deducir que el uso por habitante en el municipio es mucho menor o que existen fuentes alternativas no registradas por concesiones.

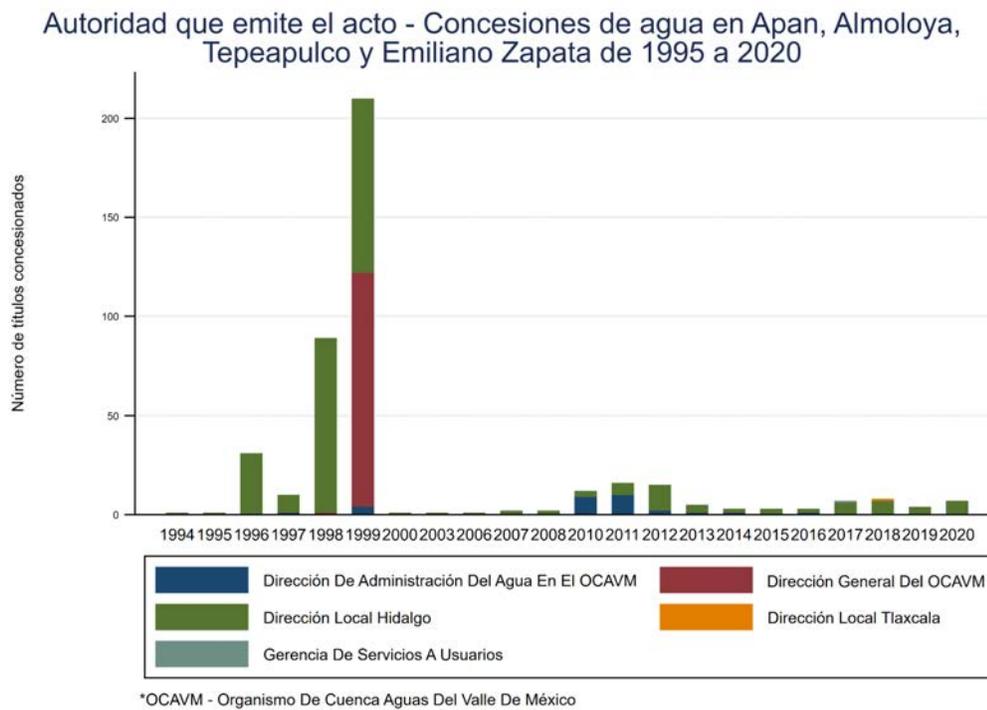
La concesión a nombre de Jorge Julio Aguilera Monroy de 2,2 millones de metros cúbicos al año es más antigua ya que tiene fecha de 1999 y está clasificada como diferentes usos. Esta concesión tuvo aparentemente un propósito agrícola como lo indica un reporte de Evaluación del Fomento Agrícola de 2002 donde se analizó un sistema de riego a nombre del señor Aguilera. No obstante, esta concesión está ubicada fuera de la delimitación del acuífero de Apan.



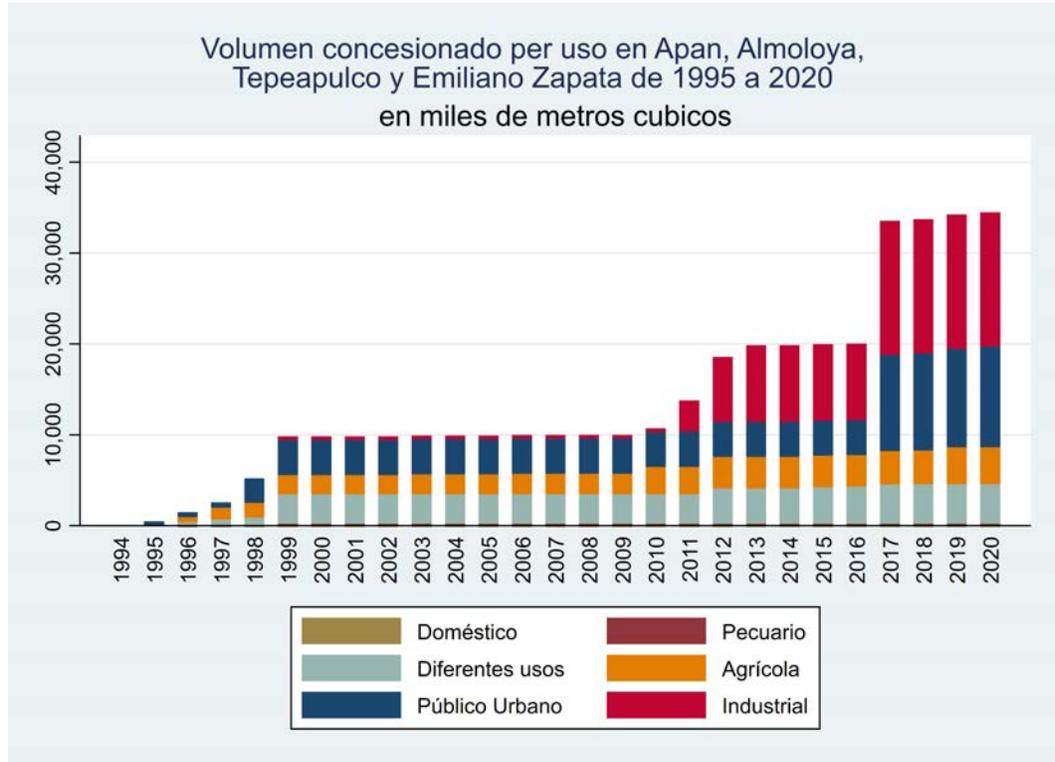
Mapa de las concesiones de volumen anual superior a 10,000 m<sup>3</sup>/año.

## 2.2 Historial de las concesiones

La otorgación de concesiones es responsabilidad del Organismo de Cuenca del Valle de México a través de diferentes direcciones. La descentralización a direcciones estatales a finales de 1999 podría explicar el gran número de concesiones otorgadas este año.



No obstante, en términos de cantidades, vemos un incremento muy importante de los volúmenes otorgados a partir de 2010, en particular para concesiones de uso industrial y en menor volumen de las concesiones para uso urbano público.



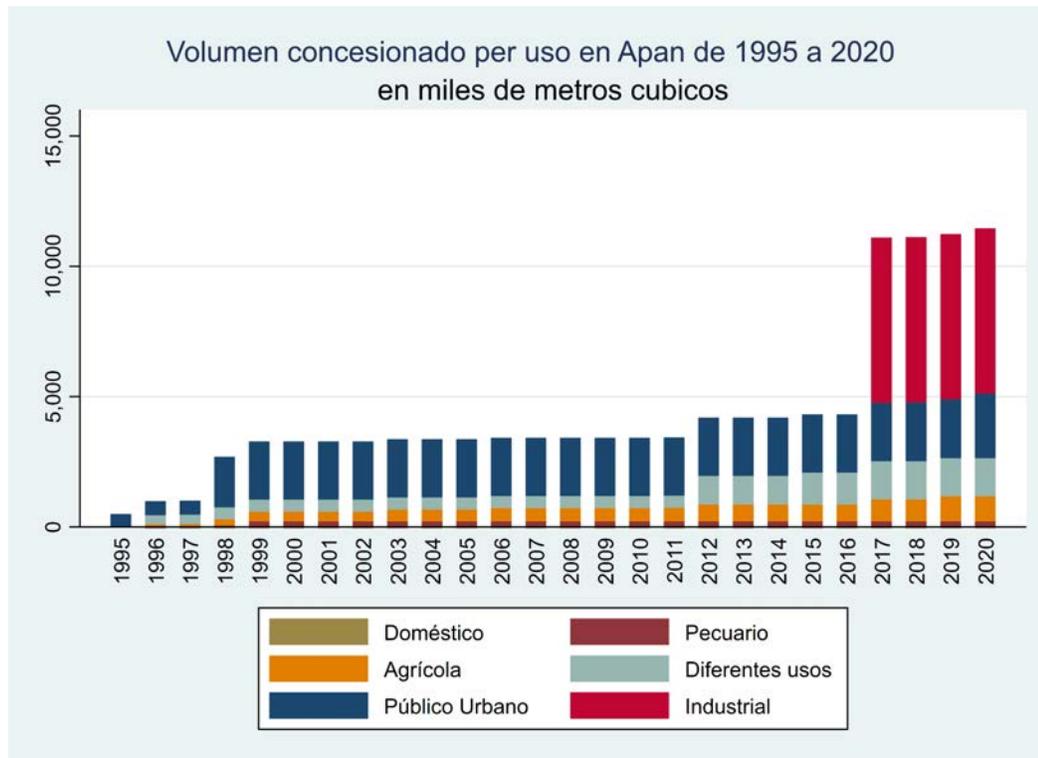
Esta tendencia se observa en Apan, Emiliano Zapata y Tepeapulco pero no en Almoloya donde todavía no existen concesiones de uso industrial.

### 2.3 Análisis por municipio de los usos y usuarios del agua

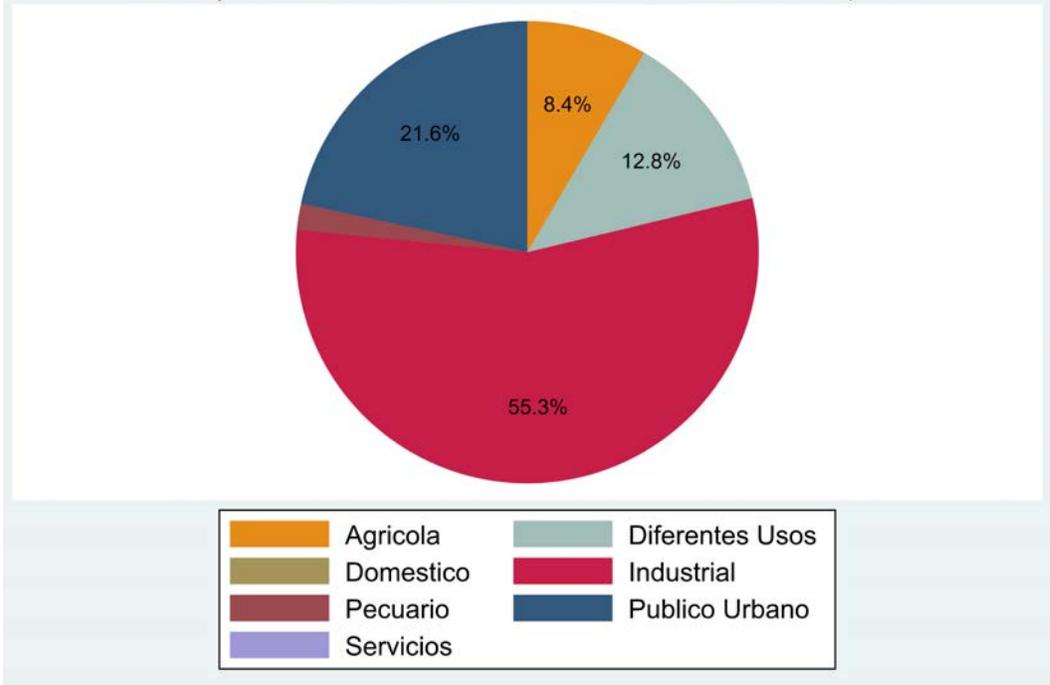
#### APAN

En Apan, las concesiones de mayor volumen están a nombre del Gobierno del Estado de Hidalgo y corresponden a uso industrial para la empresa cervecera Grupo Modelo. Es de notar también el incremento del uso público urbano en 2012 y en 2017 que indica un aumento de la demanda de abastecimiento cuyos factores podrían ser vinculados con la población, pero también por el uso por habitante.

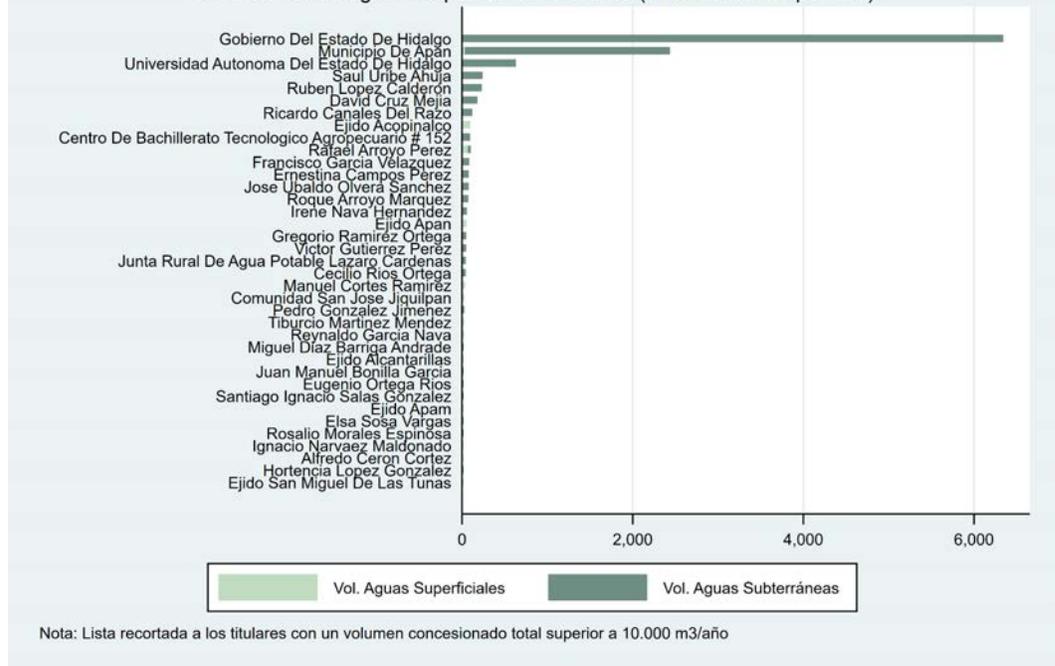
Las siguientes gráficas representan los principales usos y usuarios de las aguas superficiales y subterráneas en el municipio de Apan.



Volumen concesionado por tipo de uso en Apan  
 Porcentaje del volumen total concesionado de 1995 a 2020 en miles de m3 por año

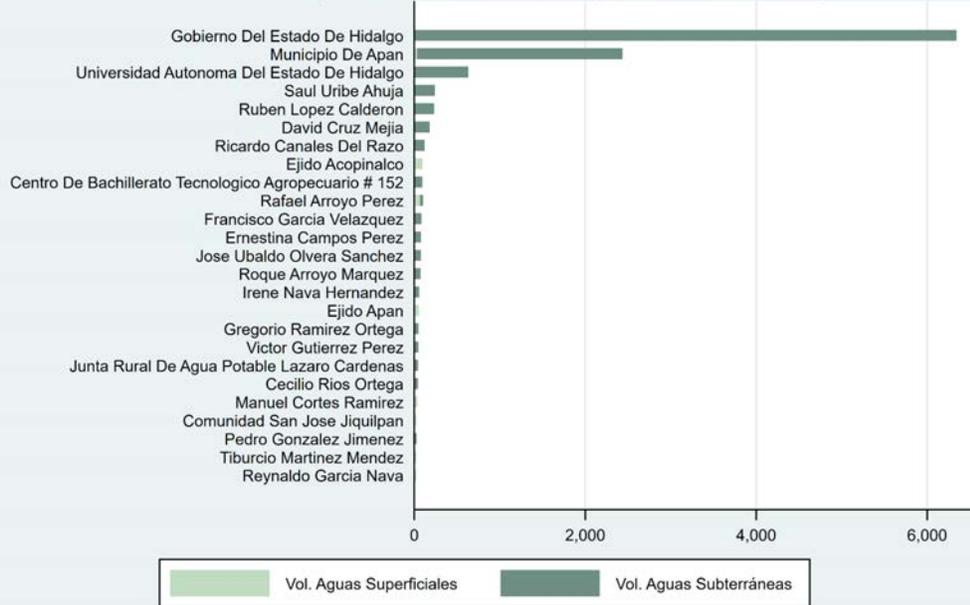


Volumen concesionado de aguas superficiales y subterráneas por titular  
 Concesiones de agua en Apan de 1995 a 2020 (en miles de m3 por año)



## Volumen concesionado de aguas superficiales y subterráneas por titular

Concesiones de agua en Apan de 1995 a 2020 (en miles de m3 por año)



Nota: Lista recortada a los titulares con un volumen concesionado total superior a 20.000 m3/año

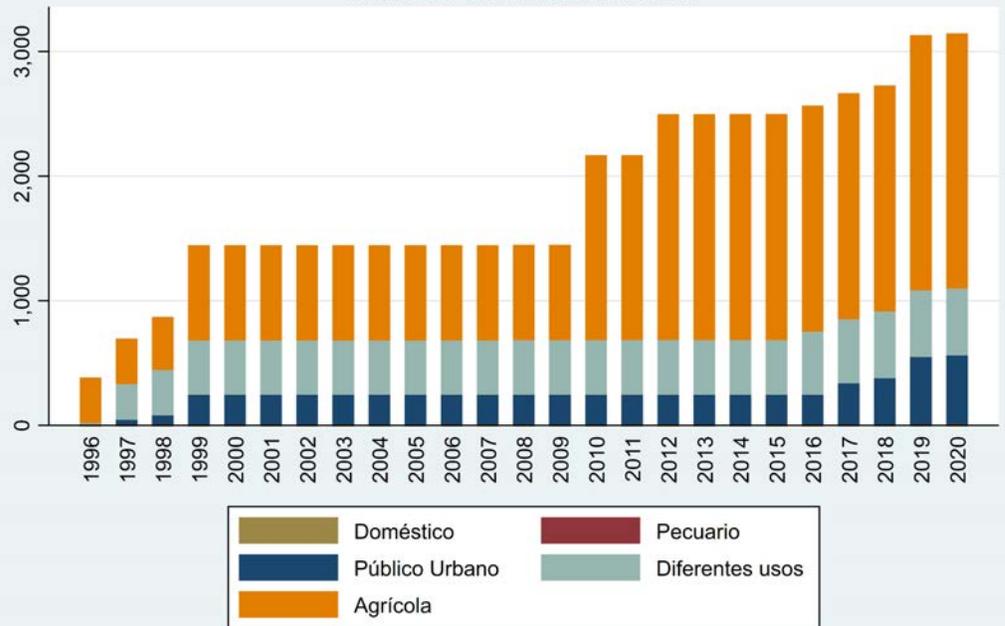
## ALMOLOYA

En el municipio de Almoloya, los principales usuarios son el municipio y la familia Uribe - a la cual pertenece la hacienda de Ocotepéc. Es importante resaltar que el volumen total de agua concesionado en Almoloya, de un poco más de 3 millones de metros cúbicos es muy inferior a los volúmenes concesionados en los demás municipios y se caracteriza por la ausencia de uso industrial.

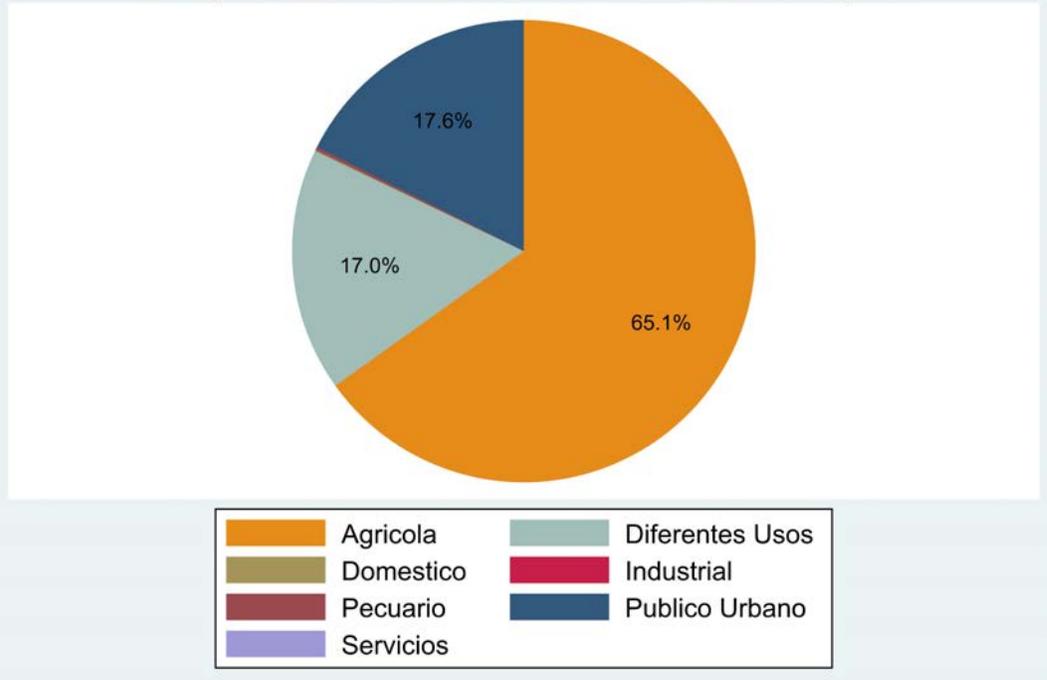
Almoloya tiene la particularidad de tener como uso mayoritario el uso agrícola. Esto se explica por la concesión importante que a nombre de la familia Uribe que se dedica a la cría de toros en las laderas al norte del municipio. Almoloya se caracteriza también por dos presas alimentadas por agua de lluvia que permiten tener unidades de riego por gravedad. Además, existen varios manantiales cuenca abajo de las presas y en la zona urbana que se aprovechan para riego, aunque estas aguas se encuentran muy contaminadas por las descargas de aguas negras de la parte urbana.

Las siguientes gráficas representan los principales usos y usuarios de las aguas superficiales y subterráneas en Almoloya.

Volumen concesionado per uso en Almoloya de 1995 a 2020 en miles de metros cubicos

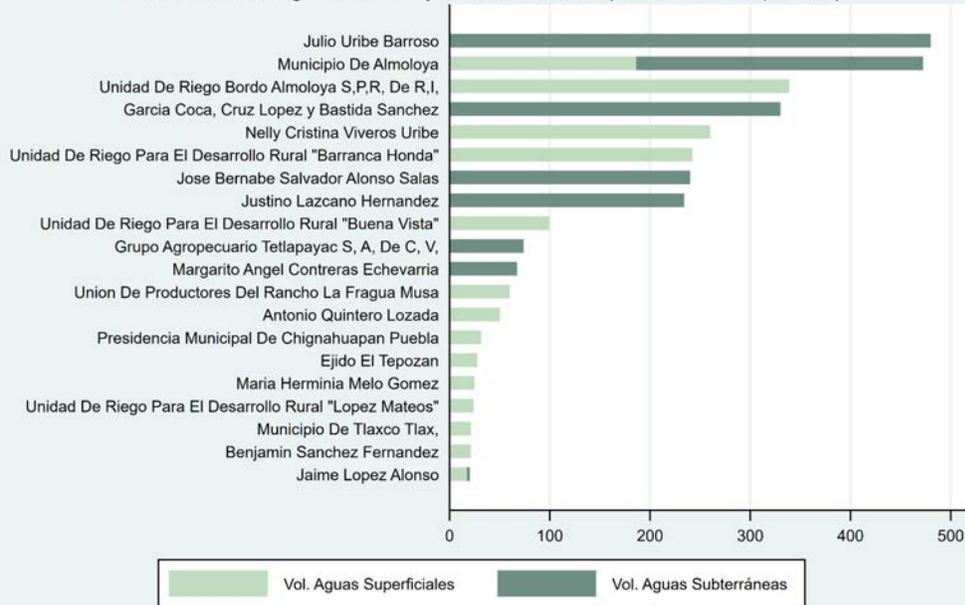


Volumen concesionado por tipo de uso en Almoloya  
Porcentaje del volumen total concesionado de 1995 a 2020 en miles de m3 por año



## Volumen concesionado de aguas superficiales y subterráneas por titular

Concesiones de agua en Almoloya de 1995 a 2020 (en miles de m3 por año)



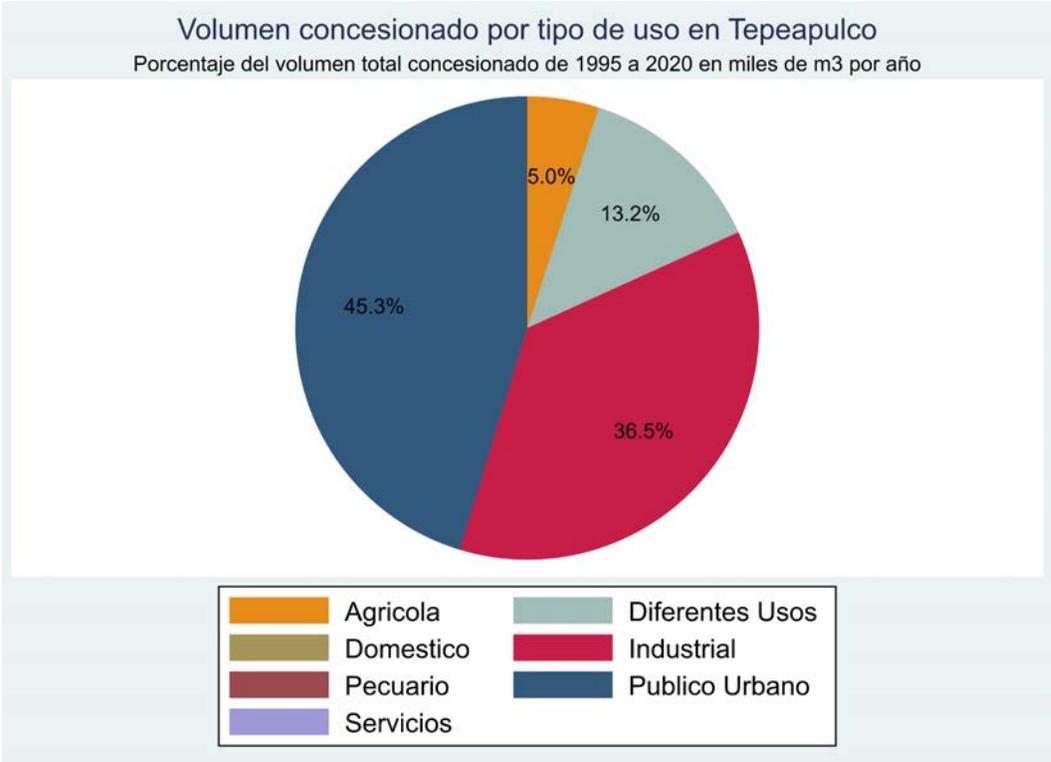
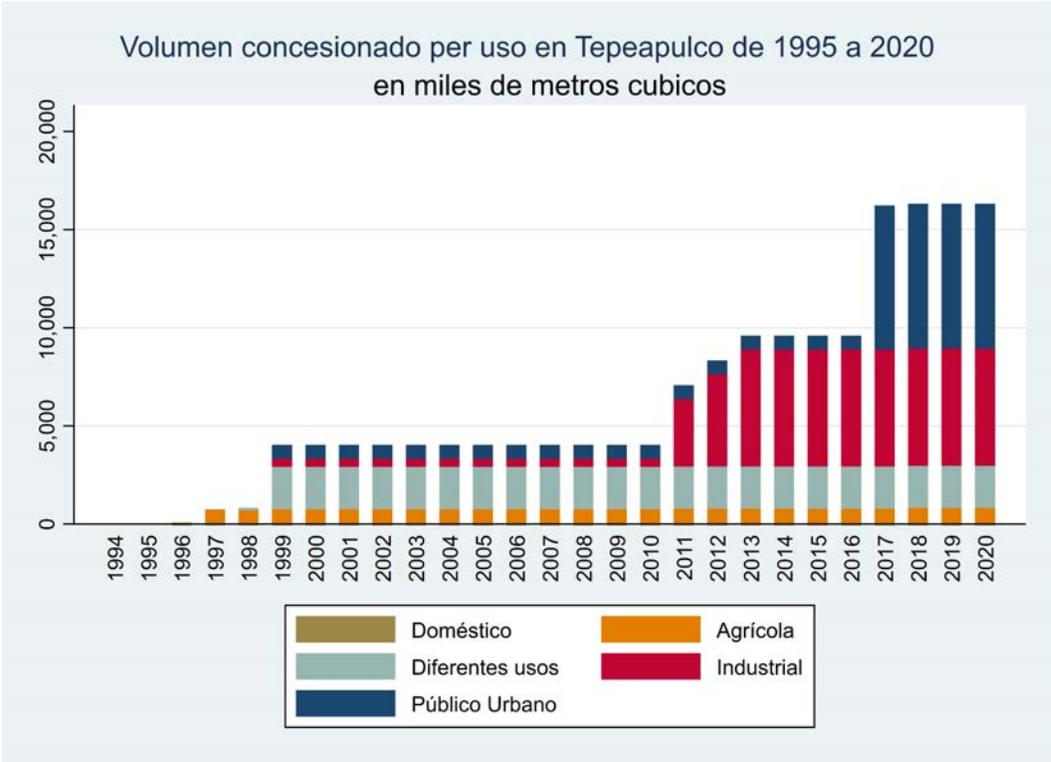
Nota: Lista recortada a los titulares con un volumen concesionado total superior a 10.000 m3/año

## TEPEAPULCO

En el municipio de Tepeapulco, los usos principales son de uso público urbano a nombre del municipio y el uso industrial con concesiones importantes otorgadas a una industria papelera y una industria acerera. Es muy notable el incremento del uso público urbano en 2017.

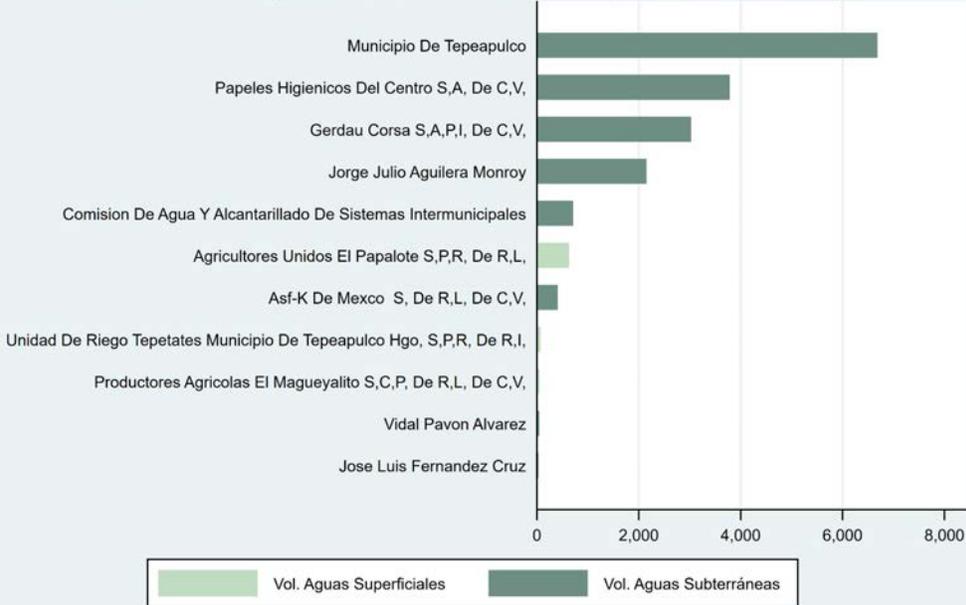
Las siguientes gráficas representan los principales usos y usuarios de las aguas superficiales y subterráneas en Tepeapulco.





## Volumen concesionado de aguas superficiales y subterráneas por titular

Concesiones de agua en Tepeapulco de 1995 a 2020 (en miles de m3 por año)



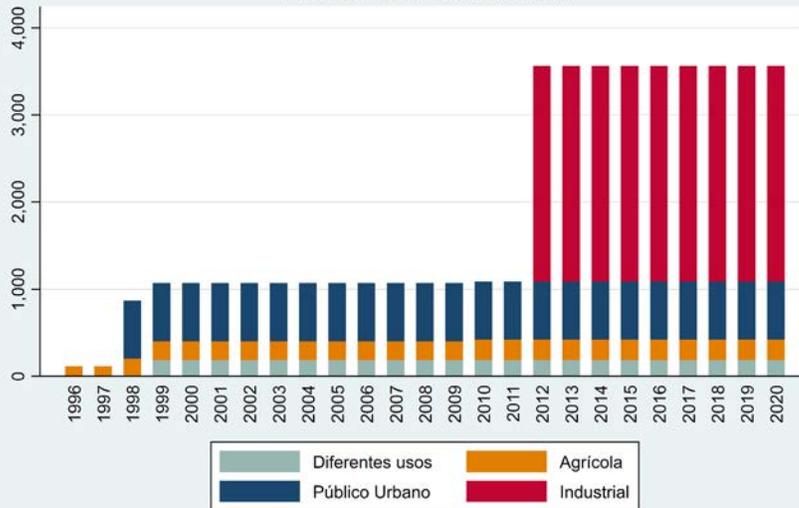
Nota: Lista recortada a los titulares con un volumen concesionado total superior a 10.000 m3/año

## EMILIANO ZAPATA

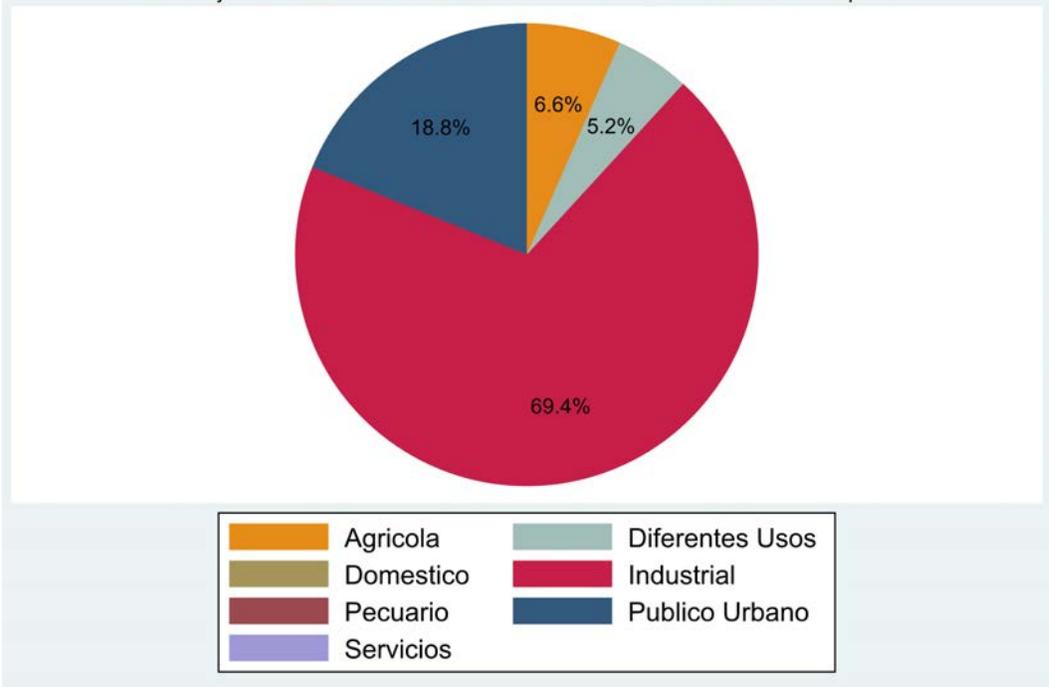
En Emiliano Zapata, el uso principal es industrial, seguido por el público urbano. Desde 1999, solo se otorgó en 2012 una concesión a la industria papelera.

Las siguientes gráficas representan los principales usos y usuarios de las aguas superficiales y subterráneas en Emiliano Zapata.

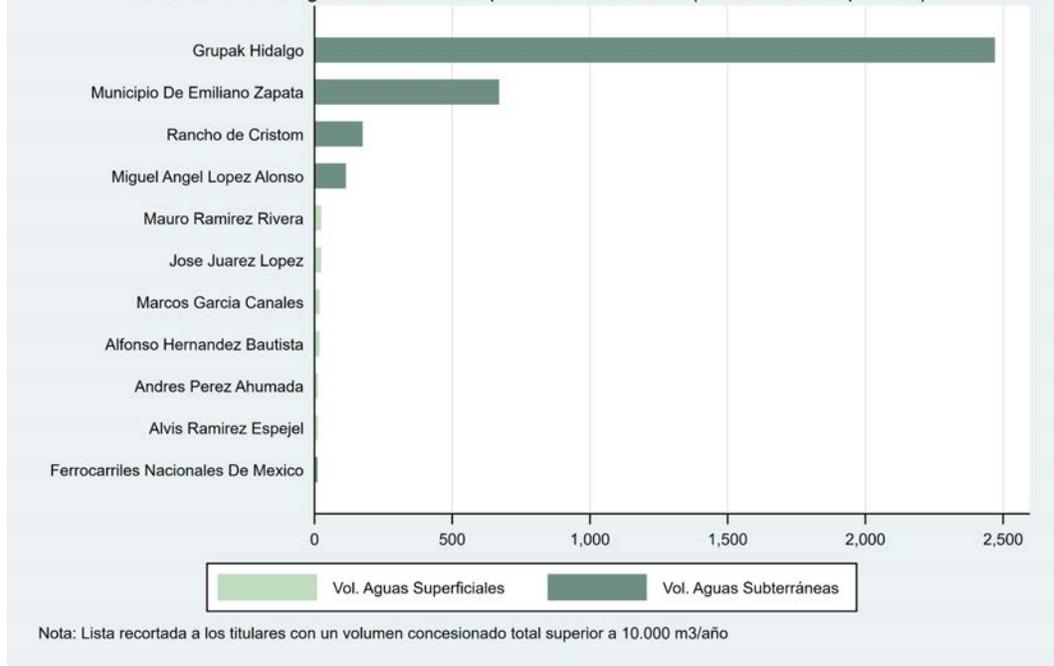
Volumen concesionado per uso en Emiliano Zapata de 1995 a 2020 en miles de metros cúbicos



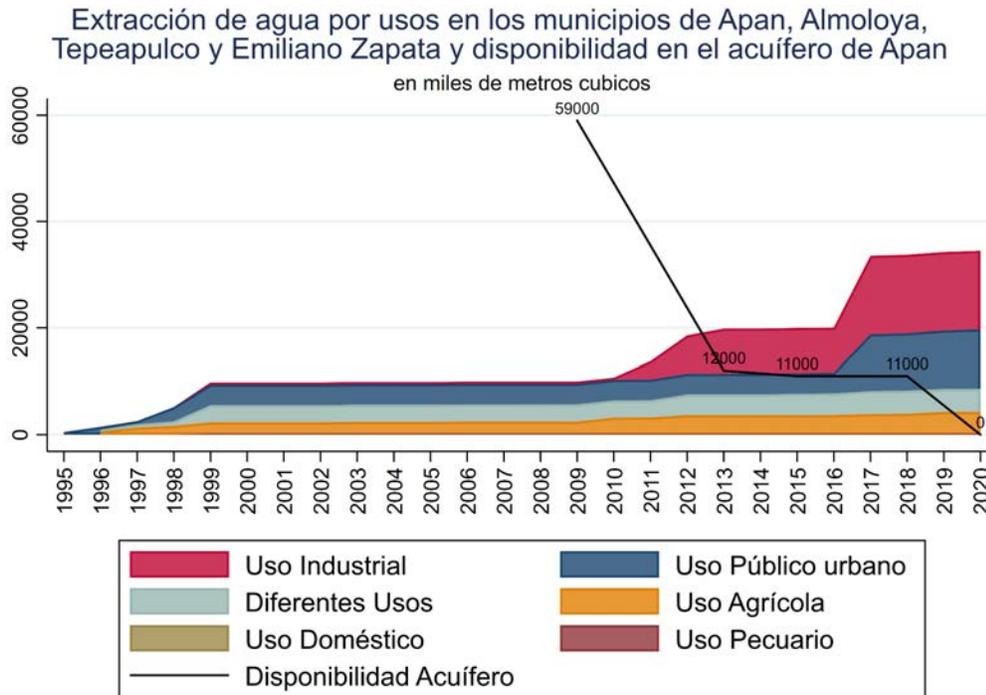
Volumen concesionado por tipo de uso en Emiliano Zapata  
 Porcentaje del volumen total concesionado de 1995 a 2020 en miles de m3 por año



Volumen concesionado de aguas superficiales y subterráneas por titular  
 Concesiones de agua en Emiliano Zapata de 1995 a 2020 (en miles de m3 por año)



Los usos de agua que más incrementaron en la última década son los de uso industrial y público urbano. La siguiente gráfica representa las concesiones anuales por uso para la extracción de agua tanto subterránea como superficial. Este incremento de la extracción de agua para usos industriales y urbanos son claramente el factor principal de la reducción drástica de la disponibilidad del acuífero de Apan.



En la actualidad la disponibilidad del acuífero aparece casi agotada debido a que el balance entre recarga y aprovechamiento se ha descompensado según los cálculos realizados por la CONAGUA. Lo que pone en riesgo la realización de actividades productivas en la región, así como la dotación para el consumo humano necesario para los pobladores de la zona.

Los evidentes cambios en los regímenes de lluvia anuales, las transformaciones en la superficie del territorio incluyendo el trasvase de aguas, así como la pérdida de suelo forestal o la destrucción de bordes agrícolas han afectado la recarga natural del acuífero. A esto se le suma un incremento en la demanda, sobre todo de tipo industrial, lo que ha generado que la disponibilidad del agua subterránea en estos momentos sea prácticamente nula.

Hay que destacar que pese al balance presentado por la CONAGUA, en su más reciente actualización del 2020, quedan menos de 0,3 millones de m<sup>3</sup> cúbicos disponibles en el acuífero de Apan<sup>40</sup>. Hasta hace muy pocos años este mantenía de acuerdo a la propia ins-

40 CONAGUA, Sistema Nacional de Información del Agua. (Publicación en el DOF: 17 de septiembre de 2020). Estado: Hidalgo - Región hidrológico-administrativa: Valle de México - Disponibilidad: 0,292 hm<sup>3</sup>. Consultado en Marzo 2021 en <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos&ver=mapa>

titución disponibilidad del recurso, han sido estos últimos diez años en los que se ha disparado la demanda en la región para uso industrial, lo que a su vez ha coincidido con el incremento en la duración e intensidad de las sequías en la zona, llegando a reducciones drásticas en las lluvias y por lo tanto en el proceso de recarga.

Algunos datos son preocupantes, como la bajada de nivel reportada en el año 2021 de algunos pozos en la región, que marcan hasta 18 metros de reducción en el nivel del manto<sup>41</sup>. También resulta preocupante que dos intentos de perforar pozos en el municipio de Apan y otro en el de Almoloya resultaron infructuosos, situación nueva en la región y que ha hecho evidente que el acuífero se encuentra bajo un estrés.

La forma en que CONAGUA o cualquier otro organismo de aguas realiza estos balances tiene siempre un nivel de especulación importante. La verdad es que es imposible saber cuál es la escala, estado y abasto de un acuífero subterráneo sino hasta que este muestre síntomas de sobreexplotación o deterioro, lo que puede o no coincidir con los análisis realizados por estas instituciones.

Lo que es evidente es que las transformaciones físicas, sociales y económicas que han impactado a la región en los últimos años han terminado por alterar el ciclo del agua de forma drástica y con ello lo que sucede por arriba y por debajo del suelo.

## **b. Trayectoria de globalización y relaciones urbanas-rurales en el “hinterland”**

El estado de Hidalgo tiene una larga historia interactuando con las presiones de industrialización dentro de la órbita de la toma de decisiones políticas y la actividad económica de la Ciudad de México. La creación del parque industrial Ciudad Sahagún en 1952 indicó un momento de inversión fundamental en la región como parte de las políticas nacionales de la industrialización por sustitución de importaciones, apoyando a sectores e industrias del estado considerado estratégicamente importante al nivel nacional<sup>42</sup>.

Ciudad Sahagún es todavía hoy un centro de manufactura industrial, aunque menos poderoso que en su punto máximo. A pesar de claves inversiones estatales en el proyecto Ciudad Sahagún, y décadas de inversión de infraestructura de la región—sobre todo en carreteras como la carretera México-Pachuca inaugurado en 1926 o los proyectos de

---

41 Basado en entrevistas con actores de los municipios de Apan y Almoloya en la primavera 2021. Es una disminución más fuerte de las que normalmente observan en temporada seca.

42 Aguilar, A. (1999). *Mexico City Growth and Regional Dispersal: the Expansion of Largest Cities and New Spatial Forms*. *Habitat International*, 23(3), 391-412

construcción de carreteras emprendido a lo largo de los 1960s<sup>43</sup>,--así como inversiones para la provisión estable de electricidad (por ejemplo con la construcción de la refinería PEMEX y la central termoeléctrica en Tula en los 1970s<sup>44</sup>.

Estos esfuerzos para apoyar la supuesta “industrialización rural”<sup>45</sup> o la “industrialización dispersa”<sup>46</sup> en la región generalmente no ha consolidado grandes beneficios en términos de oportunidad económica o en el bienestar de la población.

El estado de Hidalgo generalmente estaba sujeto a las intensas influencias migratorias emanando de la Zona Metropolitana del Valle de México, con este gran centro urbano atrayendo migrantes desde las comunidades pequeñas y medianas de la región en busca de oportunidades económicas, hasta los 1970s.

Empezando en los 1980s, esta tendencia se revirtió, particularmente después del terremoto del 1985 en la Ciudad de México a causa de las políticas de desconcentración que redirigieron muchas actividades industriales hacia los alrededores regionales, fuera de la zona metropolitana. Estas tendencias se siguieron consolidado en los siguientes años, mientras compañías buscaban costos de producción más bajos, que fueron posibles en las áreas más centrales de la zona metropolitana<sup>47</sup>.

La ubicación geográfica de Hidalgo, con grandes carreteras pasando por el estado, vinculando con mercados nacionales e internacionales, y ofreciendo una ruta para el transporte que circunvala la congestión de las carreteras de la zona metropolitana en dirección al puerto de Veracruz, funcionó como impulso a los niveles de industrialización que ya existían en la región.<sup>48</sup>

El estado de Hidalgo tiene una larga historia interactuando con las presiones de industrialización dentro de la órbita de la toma de decisiones políticas y la actividad económica de la Ciudad de México.

---

43 García et al. (2011). *Hidalgo, Desarrollo y Regionalización: Dos estudios para el desarrollo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Consejo Estatal de Ecología Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza.

44 Rojas et al. (2016). *Un análisis de la productividad manufacturera en el Estado de Hidalgo*. Revista CIMEXUS Vol. XI, No.2, 2016.

45 Aguilar, A.G. (2002). *Megaurbanization and Industrial Relocation in Mexico's Central Region*. *Urban Geography*, 23:7, 649-673, DOI: 10.2747/0272-3638.23.7.649.

46 Rosales Ortega, R. (2012). *Urban-Rural Relations in the Central Region of Mexico: A Viewpoint from Tlaxcala*. *Urban Challenge*, 23(2), DOI: 10.5379/urbani-izziv-en-2012-23-supplement-2-001.

47 García et al. (2011).

48 García et al. (2011).



Cabecera municipal  
de Apan Hidalgo  
2022



Empezando también en los 1980s, el gobierno federal renunció cada vez más a su papel previo de dirigir y guiar la industrialización y urbanización del país de forma más directa. Su ausencia, se conformaba con tendencias globales neoliberales y políticas económicas nacionales dominantes en esta época. Junto con el fracaso de esfuerzos anteriores como el de la Comisión de Conurbación del Centro de México (1976) o el del Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y la Región Central (1983), la región no ha visto una consolidación ni una coordinación, bien de las políticas de industrialización o de la urbanización al nivel territorial<sup>49</sup>. Hidalgo queda como resultado en un contexto en el cual “un desarrollo más equilibrado y con menos contrastes” es una meta política principal que, hasta ahora, no ha sido cumplida.<sup>50</sup>

La administración del Presidente Andrés Manuel López Obrador (AMLO) ha utilizado su Plan Nacional del Desarrollo 2019-2024 para elaborar conceptos de una “nueva ética social” y un “nuevo pacto social” postulado en oposición contra los “objetivos nacionales” de la administración previa, a la que caracteriza como “saturados por el neoliberalismo<sup>51</sup>.” Esta postura incluye unas preferencias declaradas para varias agendas nacionales enfocadas en la inclusión de los pueblos indígenas y rurales, incluyendo metas del desarrollo económico para agricultores rurales pequeños y medianos.

Esta postura que marca un cambio, parece que es parte de lo que la administración de AMLO llama la cuarta transformación (4T) en la administración pública. Lo que estos cambios significan en la retórica y postura política, específicamente con respecto al compromi-

---

49 Aguilar. (1999).

50 García et al. 2011.

51 Diario Oficial de la Federación. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Dic. 7 de 2019.

so con los pequeños y medianos agricultores rurales, o en lo que respecta a las políticas y operaciones en el sector del agua, la agricultura, la industria o en la urbanización, es una cuestión abierta todavía.

La Estrategia Nacional para el Ordenamiento Territorial (ENOT) más reciente de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), publicada en Abril 2021, indica que hay áreas que obviamente sobreponen temas relevantes a la SEDATU y temas relevantes a la CONAGUA.

Diversos objetivos y metas dentro de la estrategia de la SEDATU enfatizan la integración de una perspectiva desde la cuenca y también desde el acuífero como parte de la planificación para infraestructura, urbanización y los asentamientos humanos, promoviendo además “estrategias coordinadas entre los diferentes niveles de gobierno para la racionalización y la regulación del consumo de agua, a través de la incorporación de un enfoque de acuíferos y cuencas hidrográficas en los instrumentos de planeación territorial...<sup>52</sup>[.]” El ENOT elabora extensivamente una serie de sistemas urbanos-rurales (SUR), segmentados a nivel nacional, que parecen operar como una cierta forma de unidad para la intervención y planificación territorial. La región del SUR Centro-II alcanza las zonas metropolitanas y sus alrededores del valle de México, Toluca, Cuautla, Cuernavaca, Tlanguistenco, Tula, Pachuca y Tulancingo<sup>53</sup>.

Desde su formación, la SEDATU, en gran parte, ha seguido una visión de “desarrollo integrado” a la escala de regiones-macro dentro del país, con algunos analistas sugiriendo que es necesario también operar al nivel de “sub-regiones,”<sup>54</sup> presuntamente con conexiones mucho más cercanas a las operaciones y dinámicas de un territorio específicamente, pero manteniendo todavía una perspectiva que se extiende más allá de las jurisdicciones de una sola municipalidad o una sola zona metropolitana, y a su vez bajo la conceptualización regional de “región central” o “región sur-sureste.”

Los puntos del énfasis estratégico elaborado en el ENOT, particularmente alrededor de la integración de la perspectiva de la cuenca y del acuífero, y dentro de los instrumentos de planificación territorial, refleja los lineamientos y principios emergentes que salieron de las colaboraciones entre la SEDATU y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con el apoyo de la agencia del desarrollo internacional del gobierno de Alemania (GIZ)<sup>55</sup>.

---

52 Diario Oficial de la Federación. (2021). *Estrategia Nacional Ordenamiento Territorial*. Abril 9, 2021, pg. 102.

53 Ibid.

54 Instituto Belisario Domínguez. (2014). *Planeación y política de desarrollo regional*. Ciudad de México: Senado de la Republica.

55 SEDATU, SEMARNAT, GIZ. (Mayo 2017). *Lineamientos Conceptuales: Elaboración y Actualización de Programas Municipales de Desarrollo Urbano*. Ciudad de México.



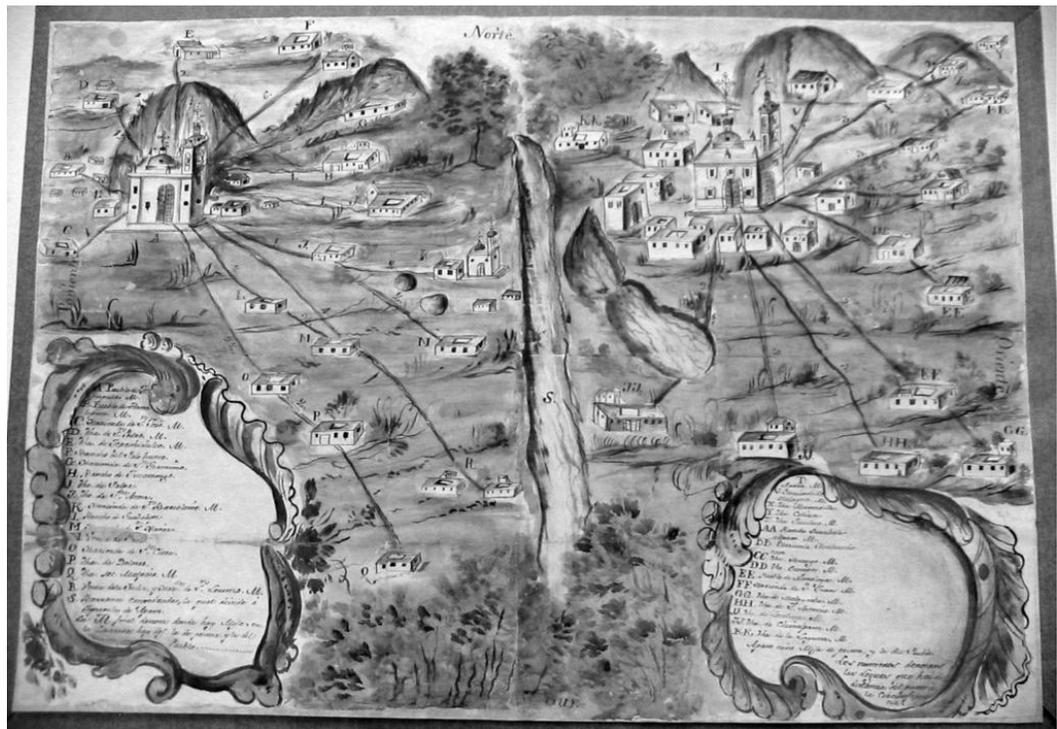
## c. Trayectoria de vocación agrícola a urbana e industrial

### 1 Un largo proceso de urbanización

#### 1.1. Lo urbano

El proceso de urbanización temprano en el Valle de Apan cuenta con algunos antecedentes de origen prehispánico en el municipio de Tepeapulco a las faldas del cerro del Xihuingo. Hoy por hoy no ha sido posible establecer una conexión clara entre asentamientos precoloniales con las condiciones de urbanización contemporánea. El reporte de 1789 se cita una fecha fundacional del asentamiento de Apan en 1681.

Es indudable la existencia de asentamientos humanos en la región de origen prehispánico, lo que nos habla de un poblamiento temprano. Sin embargo, identificar estructuras y rasgos urbanos ha sido solo posible en las faldas del cerro de Xihuingo donde se ha localizado y reconstruido parcialmente una estructura relacionada al periodo Teotihuacano es decir 200 Ac a 700 DC, aunque algunos estudios recientes sugieren que, tras un periodo de desocupación, esta ciudad se utilizó durante la época mexicana.



Plano de Apan y  
Tepeapulco AGN 1786

El reporte de 1789 se cita una fecha fundacional del asentamiento de Apan en 1681.

Este asentamiento se ubica en una zona alta alejada de las planicies al borde norte del territorio del valle frente a la región de Tlanalapa. Probablemente esta ubicación brindará mayor seguridad en la zona al tiempo que se alejaba de las zonas bajas inundables, que cómo hemos mencionado con anterioridad daban lugar al establecimiento de grandes zonas inundables y humedales que debieron distribuirse por todo el territorio,

Sí es posible en cambio ubicar el origen de los asentamientos humanos más importantes de la región en la época colonial. No sería de extrañar que cómo sucedió en muchos lugares del país, los asentamientos prehispánicos hayan servido de base para la construcción de los coloniales incluso con el reciclaje de materiales constructivos borrando toda huella del pasado. Pero en materia urbana resulta complejo establecer una relación directa.

Otra posibilidad es que los asentamientos de la zona hayan estado contruidos a base de materiales no perennes y que estos hayan desaparecido a lo largo del tiempo. Esta suposición se podría sustentar en el uso de materiales como la tierra y la madera como parte de los procesos constructivos tradicionales y en la existencia de objetos arqueológicos encontrados en el territorio, sin embargo no hay rasgos evidentes de estos posibles asentamientos.

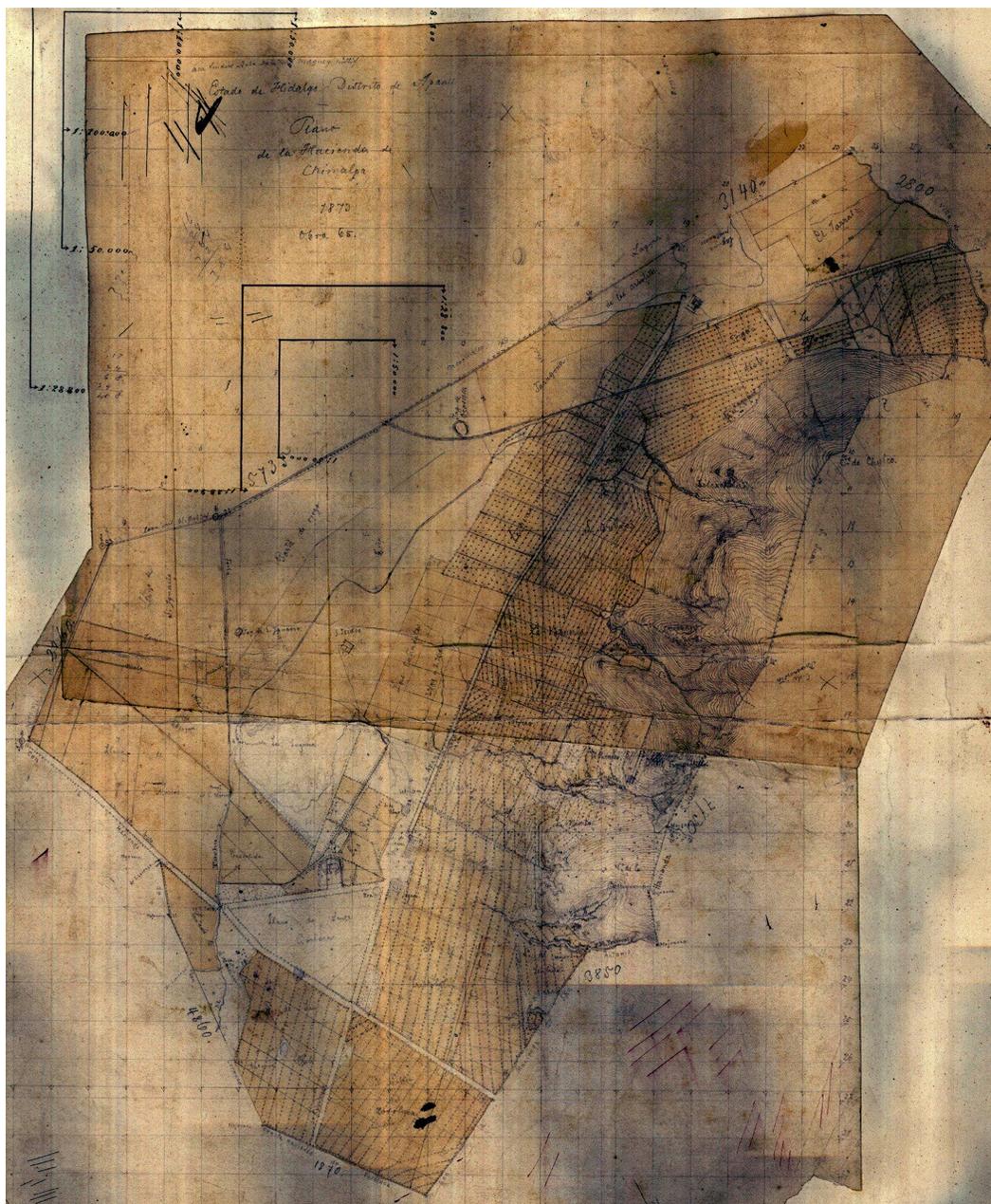
Lo que es cierto es que los censos con que se cuenta en la época colonial y en la del México Independiente temprano dan razón a una muy baja población de la zona. Esto como resultado por un lado de la alta mortalidad derivada de las epidemias post coloniales, pero también se tienen registro del traslado de poblaciones de la región para trabajar en las explotaciones mineras ubicadas en la zona de Mineral del Monte. Como se ha dicho antes, la población en 1789 era de 2415 habitantes con un nivel de defunción de casi el 10%, como se comprueba por el registro de difuntos de 234 en el año 1788.

Hasta inicios del siglo XX la vida de las personas se encontraba ligada a estas explotaciones agrícolas, de forma que la fuerza de trabajo de los habitantes del lugar era un activo más de las haciendas. No es sino hasta la revolución de 1910 y el reparto agrario posterior que restituye las tierras a las comunidades de cada región, que la relación con los habitantes del lugar con las haciendas se transforma.

Las haciendas eran en su mayoría grandes palacetes con distintas secciones que podían incluir además de la casa principal, otras dependencias para empleados, patios, tinacales<sup>56</sup>, talleres, corrales para ganado e incluso caseríos destinados a dar alojamiento a los llamados peones que no eran otra cosa que los descendientes de los pobladores originales de la región que brindaban su fuerza de trabajo al beneficio de la hacienda.

---

56 El Tinacal era el espacio dedicado a la elaboración del Pulque por lo que era un espacio particularmente importante en la estructura de estos conjuntos arquitectónicos, debido a su importancia en las relaciones económicas del territorio.



Plano de la Hacienda de Chimalpa 1849

Con el reparto agrario que significó la expropiación de las tierras que conformaban la hacienda estas quedaron reducidas a una extensión de aproximadamente 200 hectáreas una fracción de las miles que alguna vez incorporaron. El resto de estas tierras fue repartido entre la población local<sup>57</sup> conformando los ejidos que hoy existen.

<sup>57</sup> Aunque en algunos procesos implicaron el traslado y poblamiento de nuevos colonos o ejidatarios ya que la política de la época era la intensificar la producción agrícola lo más posible. Esto generó por ejemplo comisiones como la de desmonte que facilitó la destrucción de bosques o matorrales, al tiempo que se desecaban cuerpos de agua para el mismo fin.

En materia urbana esto trae grandes cambios en la región, a partir de ese momento en casi todos los cascos las haciendas se convertirán en el origen de pequeños asentamientos humanos que hoy conforma una red distribuida en la totalidad del territorio. A los asentamientos de este origen se le suman pequeñas rancherías que igualmente acumularon población para configurarse como una localidad o comunidad de las que hoy integran alguno de nuestros municipios.

Otros pueblos pequeños de la región ubicados sobre todo en las zonas altas de los municipios de Almoloya que habían permanecido muy aislados debido a la topografía son otro grupo de asentamientos que igualmente se integran a esta red. Y que con el paso del tiempo y la mejora en las comunicaciones hoy en día forman parte de la constelación de asentamientos humanos distribuidos en el territorio de estudio.

En la actualidad esta configuración representa un sistema de organización urbano regional<sup>58</sup> que gracias a la incorporación de vías de comunicación terrestre, pero sobre todo a la operación de una red de transporte público constante articula el territorio. Cada día miles de personas se mueven de los pequeños asentamientos hasta las cabeceras de los municipios a fin de desarrollar actividades cotidianas como el uso de equipamientos y servicios o la realización de actividades económicas.

Este modelo de ocupación del territorio es en muchos sentidos una particularidad de la región de estudio, donde pequeñas unidades agropecuarias preservan su población y al paso del tiempo restablecen su relación con los centros urbanos de mayor tamaño. Todo esto es posible primero gracias a las redes de comunicación física y digital y después gracias a la relación que hoy por hoy mantienen los habitantes de estas poblaciones con la tierra como fuente de trabajo.



Tierra y Libertad  
Tlaxcala Asentamiento  
Ejidal 2021

58 Ver Mapa

Prácticamente cada uno de estos asentamientos corresponde a un núcleo ejidal<sup>59</sup>, esto significa que cuentan con un modo de organización interno más allá del sistema político tradicional municipal. En muchas formas esta situación fortalece la estructura de estas poblaciones y establece una relación particular de los habitantes de cada una con el territorio.

Esta forma de urbanización en pequeños núcleos a pocos kilómetros de distancia uno del otro, conectados por una red de carreteras y caminos de terracería, estructura un modelo urbano regional que irradia desde los núcleos urbanos principales. Dicha estructura se organiza en función jerárquica del tamaño y capacidad de las cabeceras municipales formando un espacio urbano particular con un gran dinamismo interno.

## 1.2. Expansión urbana

La estructura urbana de la región entonces se compone por las llamadas cabeceras municipales, manchas urbanas que sobre todo incorpora equipamientos y servicios, así como buena parte del aparato económico de la región. El otro componente es el conjunto de comunidades que se reparten sobre el territorio y que coinciden con los núcleos ejidales delimitados en el siglo XX formando una red urbana regional muy relacionada a la cuenca de estudio.

Sin embargo, desde la constitución del sistema ejidal a la fecha muchos cambios en la sociedad contemporánea han acaecido y la región de los Llanos de Apan no ha estado exenta de los mismos. El incremento en la expectativa de vida, los procesos de integración económica y la llegada de las telecomunicaciones entre otras variables, propiciaron grandes cambios hasta llegar a la estructura urbana contemporánea.

El cambio interno más notable que afectará la estructura urbana tiene que ver con la forma de explotación del suelo agrícola, al inicio del siglo XX la economía agrícola se basaba en la producción de pulque para las haciendas complementado de modelo de subsistencia. Una parte importante de las tierras se dedicaba a la autoproducción de alimentos bajo el modelo de milpa, donde el campesino produce granos y vegetales de temporada para su consumo.

Sin embargo, desde mediados del siglo XX se fue imponiendo un modelo dedicado a la producción de excedentes agrícolas particularmente la cebada maltera que acarreará grandes cambios tanto en el territorio como en el modo de vida de las personas. La economía de subsistencia será reemplazada por una basada en los intercambios lo que altera la forma de vida de las personas y la estructura urbana.

Una estructura económica de este tipo requiere de un organismo urbano importante que pueda facilitar estos intercambios, lo que fortaleció a las cabeceras municipales al tiempo que las enriqueció.

Esta situación trajo consigo un crecimiento importante de estas poblaciones durante todo el siglo XX particularmente en Apan que gozó de una época de esplendor desde media-

---

59 Ver Mapa

dos del siglo XX y hasta los años noventa cuando la puesta en marcha del tratado de libre comercio con Estados Unidos que creó una competencia entre los dos sistemas agrícolas combinado una serie de plagas que afectaron la región impactó la economía local fracturando un periodo de crecimiento constante.

Otras poblaciones de la región se fortalecieron en esta misma época, como Tepeapulco que además alojaría por decreto uno de los centros industriales creados en la etapa del desarrollismo en México con la aparición de Ciudad Sahagún. Un polígono industrial donde se ubicaría una parte importante de la industria pesada nacional que influyó en la migración de muchas poblaciones desde sus comunidades a este y otros núcleos urbanos de mayor tamaño.

Almoloya también se vio afectado por este periodo de crecimiento y consolidación urbana del siglo XX de forma que en este periodo estos núcleos urbanos se extienden de forma continua en detrimento de las comunidades que en el mejor de los casos mantenían su población constante. No es sino el restablecimiento de la red de producción agrícola al inicio del siglo XX una vez superada las crisis de los años noventa, que el orden territorial sufre otra gran transformación.

Esta vez serán las comunicaciones terrestres y digitales, así como la construcción de equipamiento en las comunidades lo que restablecerá el balance entre las cabeceras municipales y las comunidades. Al incrementar los flujos de transporte público, los vecinos de estos pequeños asentamientos ya no tenían que mudarse a las cabeceras municipales y la llegada de la telefonía y el internet primero por cables y luego de forma digital los hizo parte de la comunidad global.

Aunado a esto, las comunidades se fortalecen con mejores servicios y equipamientos lo que mejoraba las condiciones de vida de estas poblaciones. Equipamientos como escuelas y dispensarios, calles pavimentadas, drenaje, red eléctrica y agua potable van llegando a estas comunidades por lo que pese a notables deficiencias en la calidad de estos servicios y equipamientos poco a poco se hacen presentes.

En la actualidad los fenómenos de expansión urbana se encuentran en su segundo apogeo, aunque esta vez obedecen más a un desdoblamiento de la población local que a una migración de comunidades a la ciudad. También el establecimiento de empresas, industrias ligeras, centros logísticos e instituciones de educación superior en estas cabeceras ha representado alguna influencia en el proceso de crecimiento urbano, mientras las comunidades se expanden a un ritmo interno más lento.

El principal problema de esta situación es que los municipios en cuestión, Apan y Almoloya, carecen de un programa de desarrollo urbano, a diferencia de la mayoría de los municipios del estado de Hidalgo. Esto ha generado una expansión muchas veces caótica que se apoya fuertemente en suelos de uso común o en parcelas ejidales, que cambian su uso de suelo agrícola para ser lotificadas facilitando la expansión urbana.

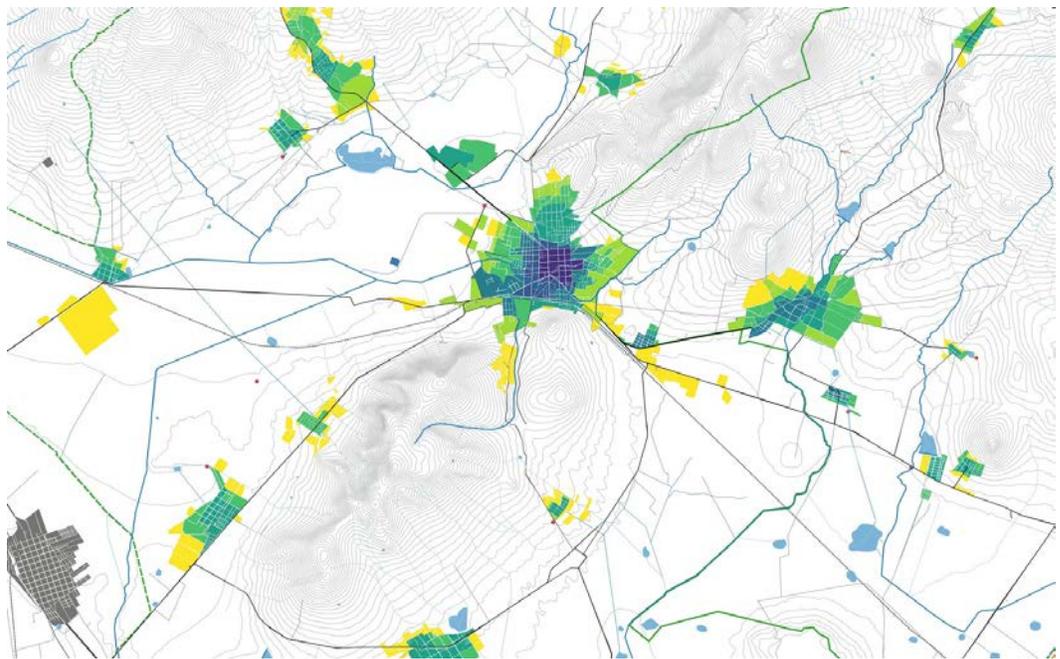
Este crecimiento caótico da lugar a expansiones inconexas en forma de colonias alejadas de los núcleos urbanos principales, o la construcción de redes urbanas sin trazados ade-



cuados y parcelamientos irregulares. En ambos casos se dificulta sobremanera el suministro de servicios básicos, lo que termina por elevar los costos de introducción y operaciones de estas redes impactando de manera muy negativa las economías de los municipios.

A través del análisis de imágenes satelitales, se pudo observar que la superficie construida en los Municipios de Apan y Almoloya se duplicó entre 2000 y 2020. Basados en los datos sobre el incremento de la población con que contamos, podemos dar cuenta que la expansión urbana de los núcleos urbanos de la región, tanto los principales como los menores, continuará por algún tiempo más. Lo que significa más presión sobre el territorio y mayor demanda de servicios básicos lo que ya está representando un problema cotidiano en la región, por lo que es indispensable el contar con instrumentos que mejoren la administración y desarrollo territorial.

De forma que se hace urgente el desarrollo de los programas de desarrollo urbano para ambos municipios con la finalidad de contar con un instrumento que regule la expansión urbana desordenada que ha prevalecido hasta la actualidad y que a su vez proteja los suelos agrícolas y zonas de conservación sobre las que hoy se apoya el crecimiento urbano y que en la actualidad se encuentran ampliamente impactadas.



A través del análisis de imágenes satelitales, se pudo observar que la superficie construida en los Municipios de Apan y Almoloya se duplicó entre 2000 y 2020.

## 1.2. Desarrollo urbano mediante asentamientos aislados y desconectados

Los patrones de urbanización presentes en Apan y en Almoloya pueden resumirse en dos, según mapas históricos de crecimiento de las áreas urbanas. El primero sigue una lógica de urbanización presente en toda la subcuenca del Valle de México, el surgimiento de pequeños asentamientos relativamente desconectados y aislados tanto entre ellos mismos como de líneas de transporte e infraestructura. El segundo patrón de crecimiento urbano sucede como adición en las periferias de las áreas históricamente consolidadas, con asentamientos de mediana y baja densidad. El mapa precedente muestra el crecimiento de las áreas urbanas en la periferia de los centros urbanos de Apan y Almoloya desde 1900.

Este tipo de crecimiento es constante en toda la región noreste y este de la Ciudad de México. Desde 1992 hasta principios de la década del 2000, la transacción de tierras en la Ciudad de México siguió ocurriendo de manera informal. A partir de la década de 1950, los ejidatarios vendieron informalmente sus tierras de propiedad común a particulares, para luego hacer que el gobierno las regularizara. Grandes extensiones de tierra se transformaron de agricultura a asentamientos informales comenzando en esos años en un proceso informal y especulativo.

En los últimos quince años este proceso de venta de la tierra periférica también fue incentivado y promovido por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), la agencia federal de crédito a la vivienda. Cuando el INFONAVIT comenzó a otorgar créditos para viviendas asequibles en el mercado formal, la mayoría de los desarrollos para dichas unidades de vivienda se construyeron en las afueras de las ciudades, problemáticamente lejos de los centros de empleo. También fueron desarrollados por grandes empresas que adquirieron la tierra de ejidatarios a precios muy bajos.



Crecimiento disperso desde el núcleo Central del Municipio de Apan 2022

Los problemas con este tipo de desarrollos acelerados y de baja calidad, tanto para los ejidatarios como para los propietarios, están ampliamente documentados. Algunos de estos problemas incluyen materiales de construcción de mala calidad, falta de conexión con el transporte público y las instalaciones urbanas, lo que resultó en un abandono temprano de los desarrollos de nueva construcción. Los casos de estos desarrollos incluyen conglomerados de viviendas en el estado de Hidalgo. Existen también viviendas del INFONAVIT en nuestra zona de estudio en Apan, en este caso mejor integradas a su casco urbano.

El caso de los pequeños asentamientos alrededor de las zonas urbanas más consolidadas de Apan y Almoloya difiere a otras zonas de la subcuenca en términos de propiedad. El crecimiento urbano en estos asentamientos existe, pero no necesariamente financiado mediante grandes desarrolladores privados, y ocurre en las áreas de los ejidos denominadas Zonas de Asentamientos Humanos.

De acuerdo con información del Registro Agrario Nacional, localidades dentro de los municipios de Apan y Almoloya como Acopinalco, Lázaro Cárdenas, San Isidro Tetlapayca, entre otras, permanecen dentro de sus respectivos ejidos, tanto en términos físicos y legales. Esto quiere decir que la mayor parte del crecimiento urbano de estas localidades de escala menor ha sucedido dentro de los polígonos ejidales y el sistema de propiedad social, no en terrenos privados necesariamente. Esto es el caso contrario de los nuevos asentamientos en las periferias de los núcleos urbanos de Apan y Almoloya.

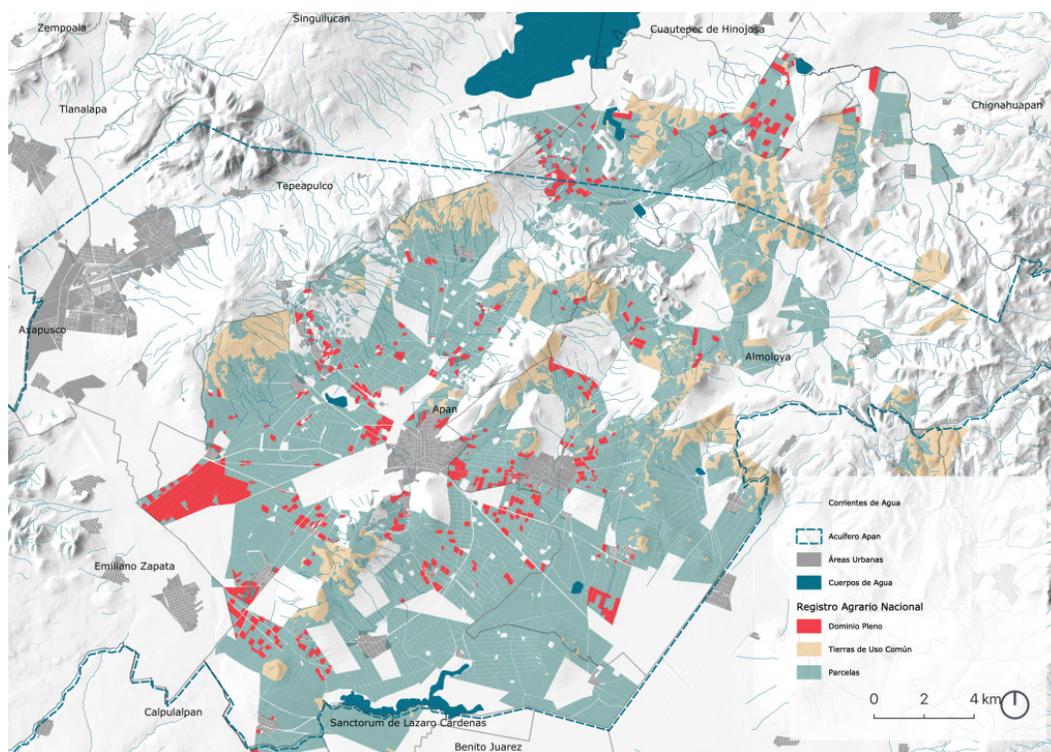
### 1.3. Desarrollo urbano mediante adiciones a los centros urbanos

Las adiciones a las periferias de los núcleos urbanos, al contrario del caso anterior, han ocurrido, ya sea en tierra originalmente privada o presumiblemente convertida a tierra privada después de ser ocupada. Esto se infiere a partir de los datos más recientes de perimetrales ejidales del Registro Nacional Agrario<sup>60</sup>, en donde las adiciones a los centros urbanos no forman parte de las áreas de Asentamientos Humanos de los ejidos. Esta forma de urbanización presenta problemas relacionados con la pérdida tanto de la tenencia de la tierra como de las áreas agrícolas.

---

60 Registro Agrario Nacional. (2021) Datos abiertos. Recuperados en Abril 2021 de <https://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php>

La mayor parte del crecimiento urbano de estas localidades de escala menor ha sucedido dentro de los polígonos ejidales y el sistema de propiedad social, no en terrenos privados necesariamente. Esto es el caso contrario de los nuevos asentamientos en las periferias de los núcleos urbanos de Apan y Almoloya.



Mapa de tenencia del suelo y áreas construidas 2021.

Si bien las dos formas de urbanización descritas difieren en términos de tenencia de la tierra y cercanía a centros urbanos, ambas comparten el reto de una eficiente distribución y manejo de los recursos hídricos con los otros dos sectores presentes en la región; la industria y la agricultura. Tanto los asentamientos urbanos en constante crecimiento, como las áreas agrícolas e industriales comparten el propósito de un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, en especial el agua, para contribuir a la prosperidad de la zona de los Llanos de Apan.

## 2 Cambio de paisaje agrícola

### 2.1. Cambios de relieve

Las alteraciones en el paisaje de los llanos de Apan como hemos explicado antes son graves y profundas, un sistema de suelos húmedos que se transforma al paso de los siglos en una enorme planicie casi desértica en algunos meses del año es un cambio dramático para cualquier ecosistema. Sin embargo, dichas transformaciones no se han realizado de la noche a la mañana ni tampoco de manera uniforme.

Es posible identificar dos grandes momentos en la transformación de estos lugares uno que tiene que ver con la primera etapa de la ocupación colonial y el drenado de los valles. Esto sucedió en buena parte del altiplano de México con el caso extremo del Valle de México como ejemplo, ya hemos mencionado que hasta hoy no sobrevive ni el 2 % de la su-



perficie lacustre de lo que alguna vez fue el sistema de lagos y humedales más grande del país, sin embargo, esto se repitió en muchas partes del territorio.

La escala de estos cambios en los ecosistemas no es poca cosa, la desaparición de cerca de 300 km<sup>2</sup> de humedales trajo consigo grandes transformaciones en el clima, los ecosistemas y los procesos biológicos. Todos estos cambios impulsados por el hombre en el afán de generar mayor capital, primero durante la colonia mediante la plantación extensiva de agave pulquero y en la era moderna para el cultivo de cebada maletera.

Dichos cambios se han venido concatenando generando enormes transformaciones en el paisaje que no a dejado de transformarse desde entonces. El principal de estos cambios tiene que ver con la cobertura del territorio, la reducción de bosques de encino y coníferas, matorral, y en particular la desecación de humedales que pasaron a ser tierras cultivables.

A continuación, intervienen las practicas agrícolas intensivas que se gestaron en el territorio, sobretodo desde el SXVII y hasta inicios del SXX cuando grandes extensiones del territorio se encontraban pobladas por plantas de agave pulquero, de distintas variedades. Este modelo productivo si bien monocultivo generaba una superficie perene de una planta que almacena agua, genera sombra y ayuda ala infiltración del líquido.



Plantación de Agave  
Pulquero Nanacamilpa  
Tlaxcala 2021

Por otro lado la llegada de la agricultura de granos a nivel industrial poco a poco reemplazó las grandes extensiones de plantas de agave para sustituirlas por el cultivo de granos en particular prevaleciendo la cebada maletera. Esta práctica da como resultado que el suelo quede al descubierto por casi ocho meses al año lo que facilita su erosión y degradación, A su vez el uso intensivo de pesticidas a degradado la calidad del suelo.

El resultado de estos procesos es una contundente erosión que va transformando el relieve del territorio- Los cuerpos de agua alguna vez de hasta ocho metros de profundidad hoy día apenas llegan a los dos. Mientras que las colinas y las cañadas, así como los suelos desecados pierden sustrato que termina azolvando canales y cuerpos de agua.

Finalmente el crecimiento urbano y construcción de infraestructura termina por marcar la reconfiguración del paisaje que va perdiendo su carácter predominante rural para transformarse en sistema regional híbrido con poco cuidado del impacto ambiental y paisajístico que se va generando.

## 2.2. Cambio de modelo agrícola

Un factor de transformación determinante en este proceso es mucho más moderno y tiene que ver con la llegada de la agricultura mecanizada, las semillas híbridas y la economía de escala. Dicho periodo se extiende hasta la actualidad y ha implicado a nivel ambiental un impacto muy elevado en la capacidad de resiliencia del territorio que hoy da muestras de agotamiento.

Si durante la época colonial el objetivo fue el control de las aguas y la apertura de tierra utilizable para las actividades agrícolas y ganaderas. Para el siglo XX lo era la adaptación de los suelos a la actividad de agricultura industrial que hasta mediados del siglo XX había pasado de largo esta región y buena parte de México, la industrialización del agro en México es un proceso lento y desigual que afectaría lentamente el país.

No es si no con la llegada de la mecanización del trabajo agrícola que arranca con los programas establecidos desde el periodo presidencial de Ávila Camacho en la década de los cuarenta, sólo unos años después de la reforma agraria Cardenista y que tomarán fuerza en los sesenta y setenta con el establecimiento de fábricas de estos equipos en el país.

Una de ellas, SIDENA, (Siderúrgica Nacional) en el municipio de Tepeapulco en la vecina zona Industrial de Ciudad Sahagún<sup>61</sup> donde el paisaje de los llanos sufre sus transformaciones más abruptas. Donde se fabricaron los primeros tractores de fabricación nacional, curiosamente en ese momento se utilizaba tecnología de origen Soviético.

---

<sup>61</sup> Un dato curioso es el hecho de que en los años setenta y ochenta se ensamblaron tractores de tecnología rusa en esa planta en pleno periodo de guerra fría. Aunque pequeños y poco eficientes estos tractores ayudaron a conformar una flota local que transformaría el territorio.





Fototeca Nacional INAH  
Mujeres en tractor en  
Apan 1946

Pero, los pesados tractores y las máquinas combinadas para la cosecha de los granos requieren extensiones amplias por lo que las llamadas melgas o metepantles (elementos inter-parcelarios), representaban un obstáculo para la eficiencia de estos equipos. Por lo que la llegada de la agricultura industrial de producción en masa y venta no era compatible con la conformación parcelada del territorio, heredada de siglos atrás y compatible con los productos cultivados hasta entonces cómo el agave o la milpa<sup>62</sup>.

Cabe hacer la distinción de estos conceptos con otro ampliamente utilizado a lo largo de esta investigación y comúnmente aplicado para definir una porción de tierra, la parcela. En el contexto del altiplano mexicano la parcela debe siempre referenciarse a los polígonos ejidales que lo integran y que de acuerdo con cada lugar mantienen un tamaño que puede ir desde una a diez hectáreas dependiendo la región del país.

La parcela es a su vez una unidad geográfica variable que acota en muchos sentidos el uso agrícola del territorio, sus características físicas condicionan el qué y él cómo cultivar, tam-

---

<sup>62</sup> Hasta entonces la mecanización del país se basaba en la importación de equipos, sobre todo de Estados Unidos, pero también de Europa e incluso Rusia. Este proceso era lento y costoso por lo que el establecimiento de fábricas en México y particularmente en la región tuvo un impacto notable.

bién determinan el potencial de explotación de las mismas. Normalmente, las parcelas en el caso del altiplano miden entre cuatro y ocho hectáreas y se encontraban bordeadas por metepantles, bordos agrícolas o arbolados, la desaparición de estos elementos es uno de los grandes cambios en el paisaje y la configuración del territorio.

De forma que la maquinaria que fue utilizada desde mediados del siglo XX y hasta la actualidad para la transformación de la estructura de parcelación del territorio de un sistema de melgas de pequeña escala a amplias extensiones de suelo que podrían abarcar el total de la parcela ejidal, o sumar varias. La pérdida de los contornos verdes de las parcelas significó la desaparición de una forma de infraestructura que realizaba funciones esenciales como el drenado de las parcelas y la contención de suelos.

La vegetación circundante además de ayudar a la contención de suelos evitando la erosión, permitía la fijación de nutrientes y facilitaba a la infiltración de agua al subsuelo. Las sombras de los árboles reducen la velocidad de la evaporación lo que mantiene la humedad del suelo, y las estructuras vegetales combinadas con la construcción de bordes zanjales generaban hábitats donde muchos animales aves e insectos encontraban refugio, muchos de estos proporcionaban alguna función en el ecosistema, cómo la polinización de los cultivos.

La era de la maquinaria agrícola combinada con la explotación industrial del territorio para pasar de un modelo de autoconsumo a uno de venta de excedentes tuvo grandes efectos en la estructura y construcción del paisaje. También significó una alteración al sistema de infraestructuras que había mantenido operativos los suelos de la región, dañando en muchos casos ecosistemas motivando la pérdida de masa vegetal y con ello biodiversidad en la zona.

### 3 Erosión del suelo

Otra relación importante con las formaciones montañosas que circundan nuestra área de estudio es la que existe con sus escurrimientos que eventualmente se desplazan mediante ríos y cañadas hasta el valle de Apan por su cara este arrastrando a su paso materiales que igualmente se integraron a los suelos de la región. Estos materiales cómo resultado de los aluviones hasta el día de hoy siguen llegando a los llanos particularmente en las temporadas de lluvia.

De forma que los suelos de la región son una combinación de distintas capas que contienen materiales de origen volcánico y limos. En términos meramente geológicos y edafológicos los suelos pertenecen principalmente a los tipos Regosol, Feozem y Cambisol. El primero es un suelo pobre bastante arenisco de fácil degradación y los otros dos son suelos más ricos aptos para sustentar vegetación o para la realización de actividades agrícolas esto se encuentra distribuidos por el territorio y constituidos en distintos horizontes.





capacidad productiva debido al adelgazamiento del sustrato productivo lo que limita la absorción de agua y nutrientes. Según el INEGI, 40% del territorio en Apan y Almoloya sufre de algún grado de erosión.

En el caso de las zonas de bosque o matorral la pérdida de cobertura vegetal debido a la explotación agrícola o la pérdida de la masa vegetal vía incendios o deforestación ha impulsado el fenómeno erosivo en las cotas altas del territorio. De forma tal que una gran proporción del territorio analizado presenta algún nivel de degradación y erosión.

Un efecto secundario de estos procesos que afectan los suelos de la región se refleja en el aspecto fundamental de este estudio, el ciclo del agua. Debido a la erosión de montes y cañadas la capacidad de retención e infiltración de agua se ha visto reducido mientras que en las partes bajas de uso agrícola la pérdida de material orgánico ha reducido la capacidad de retención de humedad acelerando los procesos de evaporación estos dos fenómenos afectan notablemente el balance hídrico de la región.

Para objetivos de este proyecto se realizó el muestreo de un conjunto de parcelas agrícolas a fin de entender las condiciones del sustrato agrícola y poder hacer un adecuado diagnóstico del estado que guardan este tipo de suelos predominantes en la región. Los resultados de este estudio se explicarán más adelante.

### III. Caracterización prospectiva: el territorio y sus principales problemáticas socioambientales bajo el escenario del cambio climático

#### a Cambio climático, escenario prospectivo

##### 1. Temperatura

Uno de los efectos más relevantes del Cambio Climático es el aumento global de temperaturas, sin embargo, este fenómeno no se desarrolla ni se observa de igual manera en todos lados. Algunas regiones estos efectos se están acelerando y en otras aun no es posible ver totalmente estos efectos, por desgracia nuestra zona de estudio pertenece al primer grupo y es evidente que desde hace una década este fenómeno se ha intensificado.

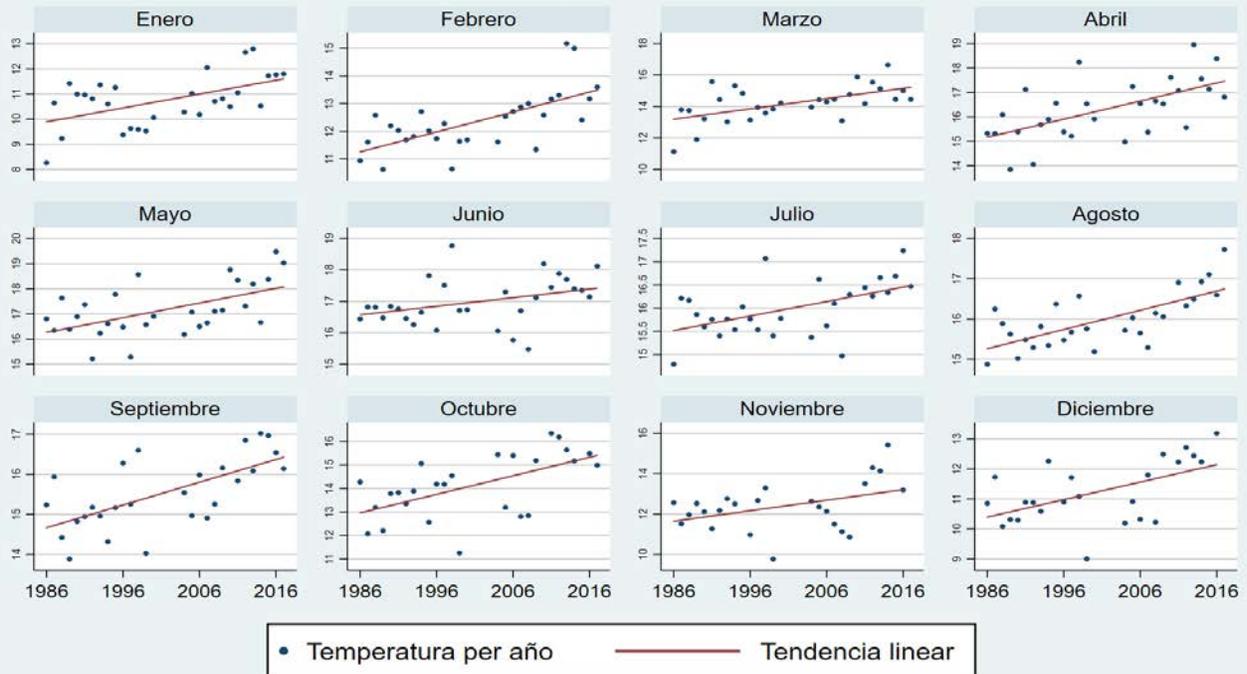
El estudio de los datos de la CONAGUA, Los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, estación 0013002 APAN de 1986 a 2017<sup>64</sup> revela una tendencia ala alza de la temperatura media mensual para todos los meses del año. En varios meses, la aproximación lineal nos permite observar un aumento de casi dos grados en tres décadas.

Particularmente los meses de primavera que solían ser los meses de inicio de la actividad agrícola en la región presentan aumentos por encima de 1.5 grados Celsius lo que genera un impacto importante en el territorio y las actividades productivas. Al tiempo que trastorna los ciclos naturales e impacta a todos los seres vivos que habitan este territorio, distintos efectos de esta situación son ya visibles.

---

64 Con datos faltantes en los años 1995 (2 meses), 2000 (4 meses), 2010 (6 meses), 2015 (3 meses) y 2017 (2 meses).

## Temperaturas mensuales de 1986 a 2017 en grado Celsius



Nota: Datos meteorológicos de la CONAGUA

Uno de los más notables son las afectaciones que por plagas impactan a distintas especies vegetales, es el caso de los pinos que están siendo afectados por insectos barrenadores. Mismo caso para los agaves que enfrentan una plaga de otro escarabajo hasta hace poco desconocido en la región.



Granja Fotovoltaica  
Llano de Soltepec  
Tlaxcala 2021

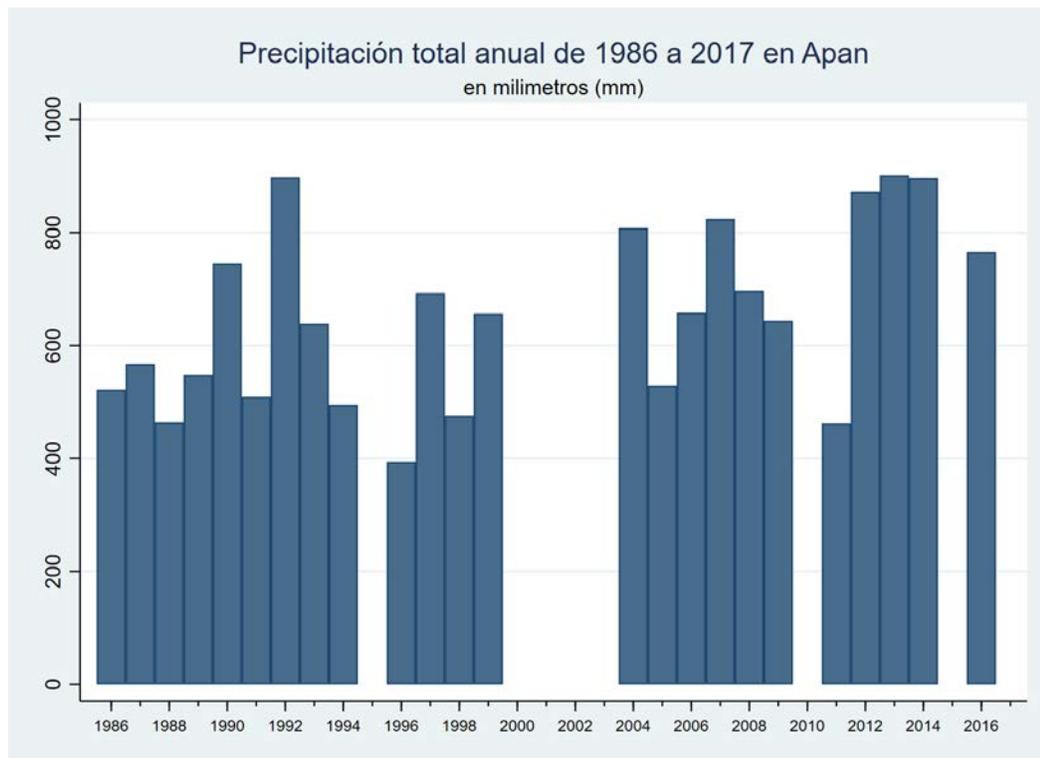
Estos efectos indeseables son resultado directo del incremento de temperaturas en la región ya que estas plagas solían ser controladas con las bajas temperaturas de invierno donde las fuertes heladas eran comunes y fungían como un sistema de control de plagas.

La actual realidad ha afectado la economía agrícola debido a la baja en la producción lo que a su vez influencia el mercado de suelo, lo que acelera la transformación del territorio hacia otros sectores como el inmobiliario e incluso las energías. Granjas de energía solar han sido instaladas en la región aprovechando la pérdida de valor del suelo para uso agrícola y el incremento actual y futuro de la temperatura y el asoleamiento.

Nota: En los años 2000-2003 no se registró ningún dato.

## 2 Precipitación

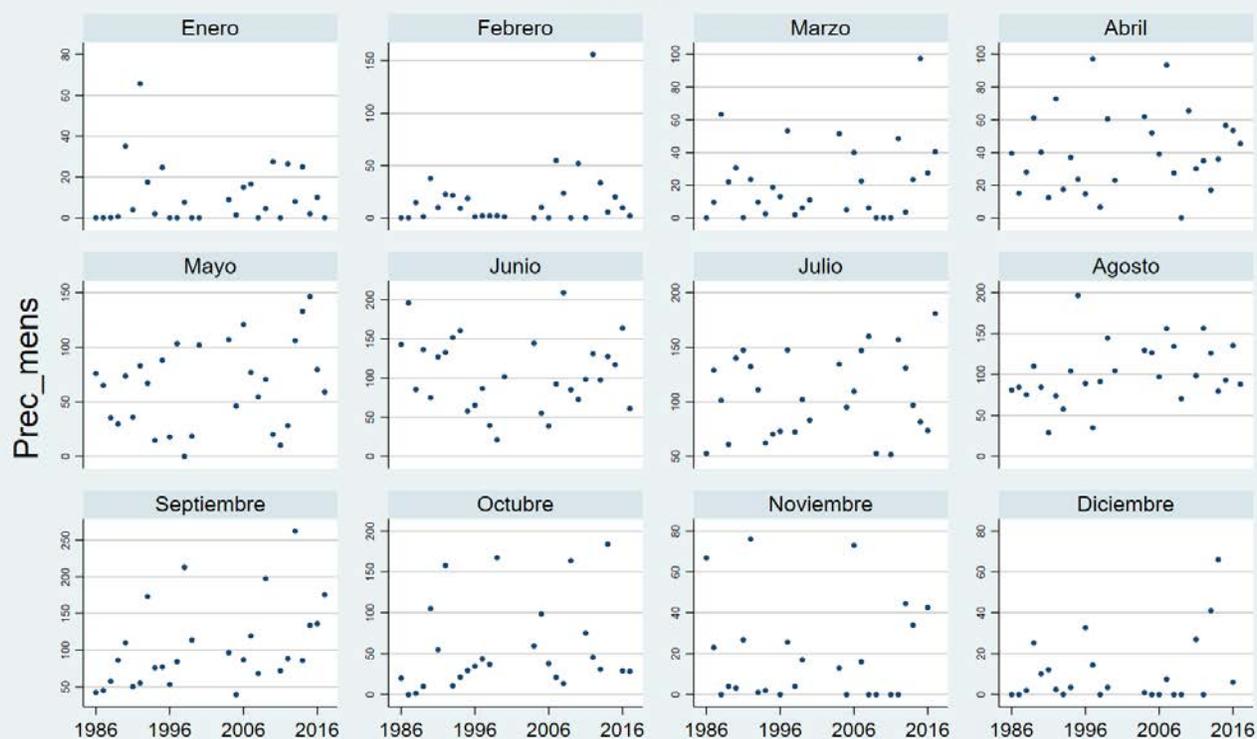
En cuanto los regímenes de lluvia en el territorio la precipitación tiene más variabilidad, tanto del total anual como de la precipitación total por mes, por lo cual no se puede observar tendencias al cambio en cuanto volumen de lluvia. Sin embargo, si es posible identificar eventos de lluvia concentrados en pocas semanas, otra característica típica de las alteraciones resultado del cambio climático.



Es posible identificar eventos de lluvia concentrados en pocas semanas, otra característica típica de las alteraciones resultado del cambio climático.



## Precipitación total mensual en Apan de 1986 a 2017 en milímetros



Nota: Datos meteorológicos de la CONAGUA

Frente a la variabilidad de los patrones de lluvia, resalta la importancia de seguir acumulando datos para la identificación de tendencias de más largo plazo.

Por otro lado, a partir de entrevistas con actores de la zona pudimos notar una creciente incertidumbre en cuanto a la repartición de la lluvia durante el año. Las entrevistas realizadas en campo denotan una tendencia muy marcada de retraso del inicio de la temporada de lluvia, generando una ventana de siembra más estrecha para los productores.

De forma que esta alteración en los patrones de lluvia termina con afectar la productividad agrícola y el rendimiento de las cosechas, igualmente se incrementa el riesgo de inversión que recae en los productores. Otro efecto de esta alteración son los daños periódicos que las fuertes lluvias dejan en las parcelas, erosión acelerada o compactación del suelo, estos daños implican igualmente una carga económica para los propietarios.

Pese al incremento de estos riesgos sobre la actividad agrícola apenas existen mecanismos para su protección, los seguros agrícolas por daños catastróficos esta fuera del alcance de la mayoría de los agricultores de la región. Además, sus primas se han incrementado y el subsidio por parte del gobierno destinado a este tipo de seguros casi ha desaparecido.

### 3 Escenario 2030-2050

El Estado de Hidalgo será según un reporte recién publicad uno de los estados mas afecta- dos por el Cambio Climático en el País. Esto ha motivado ya desde tiempo que Hidalgo sea uno de los estados más comprometidos con la adaptación y mitigación del cambio climático para lo que se han construido distintas herramientas destinadas. Los principales documen- tos que delinear la organización de este esfuerzo y las estrategias adoptadas son:

- la Ley de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático para el Estado de Hidalgo, 2013
- el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo (PEACCH) – 2013

En el Estado de Hidalgo, el cambio climático tendrá como efectos principales los de dis- minuir las precipitaciones, y el incremento de la temperatura y se prevé un aumento en la sequía, así como eventos extremos de mayor potencia (inundaciones y tormentas). Estas previsiones expresadas en dichos programas se están cumpliendo de acuerdo a los datos obtenidos en nuestra región de estudio.

En base al escenario pesimista, donde se prevé un mundo muy heterogéneo con crecimien- to de población sostenido, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento (defini- ción del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)). La región del Valle de Apan no se verá afectada por un cambio muy significativo en el volumen medio de las precipita- ciones (entre -1.6 y más 2.6 mm anuales en los valores extremos de precipitación en 2050).

Con respecto a las temperaturas máximas y mínimas, se prevé un cambio más significa- tivo a la alza (aumentos para el 10% del territorio de 0.8°C hasta 1.7°C y para el 90% de 1.3° C hasta 2.2° C en 2050).

El índice de vulnerabilidad al cambio climático elaborado en el marco del PEACCH desta- ca las afectaciones siguientes para el Valle de Apan:

Color - Rojo: Muy alta; Naranja: Alta; Amarillo: Media alta; Verde: Baja

Afectación de las regiones geoculturales en el estado de Hidalgo por impacto del Cambio Climático para los años 2020 y 2030.

AFECTACIÓN DE REGIONES ANTE EL CAMBIO CLIMATICO EN EL ESTADO DE HIDALGO				
REGIÓN	2020		2030	
	Precipitación	Temperatura	Precipitación	Temperatura
Huasteca	3	4	4	4
Sierra Alta	3	2	4	3
Sierra Gorda	3	2	4	3
Valle del Mezquital	2	3	3	4
Sierra Baja	2	2	3	3
Altiplano (Valle de Apan)	2	3	3	4
Valle de Tulancingo	2	2	3	3
Sierra Otomí-Tepehua	3	3	4	4
Comarca Minera	3	2	3	3

López, P. Elaboración propia. Nov. 2011. Con datos de grupo interdisciplinario de investigación UAEH. Con base a la combinación de datos presentado en la matriz de variables.

Se presenta la afectación sobre la población debido al Cambio climático para el tiempo 2050 en las Regiones Geoculturales del estado de Hidalgo considerando los sectores sociales y económicos más importantes.

Mapa Estatal de Vulnerabilidad Panorama al 2050									
Región	Energía	Agrícola	Ganadero	Turismo	Salud	Transporte	Industria	Agua	Ciudades
Huasteca	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto
Sierra Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Sierra Gorda	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Valle del Mezquital	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Sierra Baja	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio
Altiplano (Valle de Apan)	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio
Valle de Tulancingo	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
Sierra Otomí-Tepehua	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Comarca Minera	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto

López, P. Elaboración propia. Nov. 2011. Con datos de grupo interdisciplinario de investigación UAEH  
 En este caso se debe entender que las brechas son los debilidades de las zonas y tamaño de intensidad de afectación, por lo cual se convierten en áreas de oportunidades.  
 Se deben de localizar las brechas de cada sector, analizar el tamaño para que cierren al valor de 4 (100%), el cual es el ideal. A mayor brecha, mayor inversión y mejoramiento de la condición de impacto.

De acuerdo a estos datos en el 2050, los sectores en los cuales la población estará más afectada por el cambio climático serán la industria y el suministro de agua, seguidos de la energía, el turismo y la salud. Finalmente, la agricultura y la ganadería estarán medianamente afectadas aunque el impacto variará de acuerdo a las características de cada lugar y de las afectaciones que otras partes del país y el planeta puedan resultar.

Los datos meteorológicos como el estudio realizado a nivel estatal coinciden en afectaciones de la temperatura y la precipitación, con impactos potenciales en las actividades mencionadas. Sin embargo hay que contemplar que estas previsiones se hicieron apoyadas en modelos globales que a la fecha se han quedado cotos de acuerdo a nuevas actualizaciones por lo que resulta importante evaluar de nuevo estas afirmaciones.

## b. Recursos hídricos amenazados

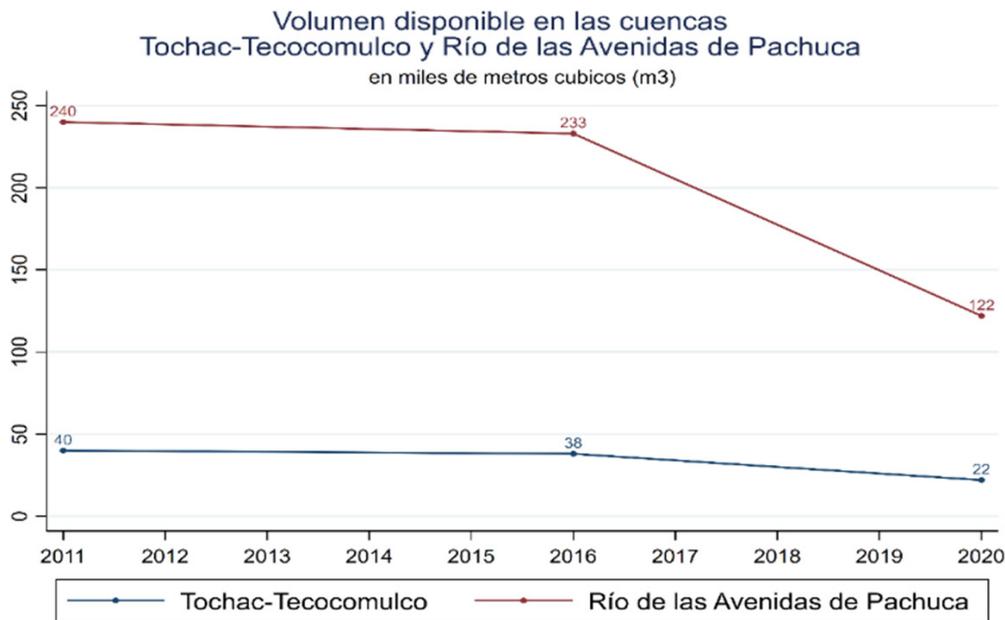
### 1 Disminución de la disponibilidad de aguas superficiales

Uno de los ejes centrales de este proyecto es la protección y conservación del recurso hídrico en sus diversas formas, pero especialmente enfocados al mantenimiento de los acuíferos y la preservación y recuperación de los cuerpos de agua. Bajo la situación actual la principal amenaza proviene de dos factores clave la sobreexplotación para uso urbano e industrial y la falta de estrategias de recarga y conservación del agua pluvial.

El cambio climático, unido al incremento de la temperatura y de la evaporación, afectará directamente las aguas superficiales y reforzará la tendencia generalizada hacia la escasez. Esto implica afectaciones presentes y futuras en distintos niveles y amenaza las finanzas y la gobernanza de los municipios afectados en un horizonte de mediano plazo.

#### 1.1 Disminución de la disponibilidad en las subcuencas

Como lo mencionamos en capítulos anteriores, nuestro territorio de estudio está ubicado en dos subcuencas cuya disponibilidad de agua subterránea llegó a niveles muy bajos en 2020. Esta situación es muy preocupante ya que con el desarrollo urbano e industrial se podría incrementar la demanda a futuro. Con menos de 150 mil metros cúbicos disponibles en 2020 para los territorios que abarcan de la cuenca del Río de las Avenidas de Pachuca a nuestra zona, estas cuencas ya no podrán ser la fuente de agua para nuevos usos.



Esto incluye el uso humano elemental, es decir que de mantenerse el incremento actual de la población en la región, así como el incremento en la demanda de uso de la población derivado del cambio de hábitos, se podría llegar aun escenario donde no hay capacidad de abasto o el mismo se ve reducido. Este fenómeno lo hemos podido observar en dos poblaciones ubicadas dentro de nuestra zona de estudio.

En el Municipio de Apan, durante el año 2018, se intentó perforar un pozo para abastecer la comunidad de Santa Cruz sin embargo luego de mas de 100 m de profundidad no se logró obtener agua de calidad para uso humano. Lo que significó el abandono del proyecto pese a la inversión realizada. Mismo caso en el Municipio de Almoloya donde luego de una perforación de más 120 m de profundidad hubo que abandonar los trabajos por iguales motivos.

El decrecimiento de la disponibilidad y el futuro aumento de la profundidad de bombeo traerá consigo fuertes impactos en las administraciones municipales. Tanto al erario público elevando el gasto destinado al suministro como en posibles conflictos sociales que podrían desatarse derivados de la falta de abasto del recurso.

En este punto hay que mencionar que se ha desarrollado un amplio estudio sobre el balance hídrico de la cuenca que incluye los factores hidrológicos que nos permiten poder generar estas previsiones. Por lo que se recomienda consultar el documento **ANEXO Estudio Hidrológico de la Cuenca Tochac - Tecocomulco** a fin de ampliar el conocimiento sobre esta problemática en particular y las conclusiones al respecto.

## 1.2. Desaparición de los ríos

Sin duda alguna una de las mayores tragedias que en materia ambiental han afectado a la mesa central de México es la pérdida paulatina, pero constate de los ríos y afluentes que los alimentaban. Este fenómeno persiste hasta la actualidad y pese a conocerse desde hace mucho tiempo<sup>65</sup> al entubamiento de los manantiales siguió la transformación y deprecación de sus causas hasta finalmente convertirlos en drenajes al cielo abierto preámbulo de su entubamiento y desaparición.

En nuestra zona de estudio, con la profunda transformación del sistema hídrico y el drenado de los humedales para ganar terrenos agrícolas, se encauzaron ríos juntos con aguas residuales. Por lo tanto, en los municipios de Apan y Almoloya solo queda un río vivo, el Río Cuatlalco que pasa por las poblaciones de Alcantarillas y Santa Cruz y alimenta la laguna de Tecocomulco.

Los demás ríos ya no se pueden calificar como vivos por la ausencia de caudal mínimo<sup>66</sup>, la afectación de sus cauces y la fuerte contaminación por aguas negras y residuos. De for-

---

<sup>65</sup> Consúltese por ejemplo el trabajo de Jorge Legorreta sobre la cuenca del Valle de México El agua y la ciudad de México : de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI 2016

<sup>66</sup> Resultado de este estudio podemos estar seguros de de la existencia de otros cuatro ríos mayores y ocho menores en el territorio que se encaraban de suministrar agua al sistema lacustre. Estos bajaban de los sistemas montañosos sur y norte del territorio y aun es posible identificar sus trazados incluso algunos recorren un hoy sus causas con aguas contaminadas.

ma que se han transformado parte del sistema de drenaje para el desalojo eficiente de las aguas y han perdido su capacidad de soportar ecosistemas acuáticos. El estudio detallado de la contaminación del sistema hídrico en Apan y Almoloya se encuentra detallado en el **ANEXO Monitoreo hidrológico en Apan y Almoloya**.

El Río Malayerba, que bajaba de la zona alta de Almoloya alimentado por los escurrimientos y números manantiales, ahora ve sus aguas muy contaminadas por las descargas de aguas negras y su caudal reducido a causa de su aprovechamiento para riego. Como resultado, en temporada seca su caudal es muy reducido y a veces ya no alcanza llegar hasta la laguna de Atochac.

El Río San José que baja de los cerros al norte de la Ciudad de Apan está parcialmente entubado en su parte urbana y se mezcla además con el drenaje de aguas residuales de la ciudad que se vierte en los canales que drenan la planicie y desalojan las aguas hacia Sahagún para conectarse al Río Papalote – De las Avenidas..

El Río Amaxac emana de los manantiales de la zona boscosas de la cordillera volcánica en el municipio de Mazapa recibe las aguas negras de la zona urbana de Calpulalpan antes de ser desviado por un canal hacia Sahagún. Este río era el alimentador principal de la laguna de Apan y fue desviado de forma abrupta sin ninguna autorización de promedio.

El Río Capulac que baja desde las montañas boscosas de Tlaxcala en la Cuenca de la Población del Rosario aun corre todo el año, pero con una fuerte carga de agua contaminada que alimenta la Laguna de Tochac. Según los rastros que hemos podido identificar este río pudo ser el mayor volumen de la región ya que su área tributaria es bastante amplia e inundaba el gran humedal de Soltepec-Tochac.

Otros afluentes vivos más pequeños fueron desapareciendo a lo largo del último siglo convirtiendo lo que fue un territorio cruzado por ríos y arroyos en una basta planicie desértica que hoy esta al borde de un colapso ambiental.

La disminución de la disponibilidad de aguas superficiales incrementa la dependencia del territorio a las otras fuentes de agua que son la lluvia y el acuífero. Igualmente, la ausencia de aguas superficiales como ecosistemas vivos en el paisaje tiene una influencia negativa en la imagen y cultura de cuidado del agua ya que todo el sistema hídrico superficial se redujo a dos funciones combinadas de drenaje pluvial y drenaje de aguas negras. La combinación de estos factores incrementa la vulnerabilidad de la zona al cambio climático, en particular en terminos de resiliencia hídrica.

### 1.3. Desaparición de lagos y humedales

Ya comentamos que la superficie lacustre en la región llegó a ser tan grande cómo 300 km<sup>2</sup> y que cubría prácticamente todo el territorio que hoy conocemos cómo llanos de Apan, su desaparición está conectada al desvío de los caudales que le alimentaban y el deseo de tener mayores superficies primero para pastoreo y después para cultivo de granos.



Además de haber perdido grandes extensiones de superficie durante los últimos dos siglos, los cuerpos de agua de la zona de estudio se están azolvados en la actualidad debido a los sedimentos acarreados por las aguas pluviales en la ausencia de barrera vegetal que retenga el suelo. Asimismo, el volumen que puede retener cada cuerpo de agua está muy reducido, afectando la capacidad de retención y almacenamiento del territorio.

Por otro lado, esta reducción incrementa la vulnerabilidad de los cuerpos de agua restantes a la contaminación y la desecación. Otro efecto terrible de esta situación es la destrucción sistemática de la flora acuática y subacuática que acompaña normalmente estos tipos de cuerpos de agua resulta en la desaparición del ecosistema vivo de los lagos y humedales.



La Laguna - temporada seca mayo 2021



Lago de Atochac - temporada seca mayo 2021

Es urgente encontrar una forma para poder desarrollar un aprovechamiento sostenible de estos dos últimos reductos del sistema lacustre del valle de México y generar programas de manejo de forma coordinada con sus comunidades que garanticen su supervivencia a futuro.

Los cuerpos de agua tienen un papel muy importante de regulación climática a nivel local ya que ayudan a controlar la temperatura e incrementan la humedad del aire<sup>67</sup>. Ante el escenario de incremento de la temperatura en Apan, la desaparición de los cuerpos de agua se vuelve un factor agravante del cambio climático.

Si bien en la actualidad el proceso de desecación de las dos lagunas aun existentes se ha detenido, las afectaciones resultado de las actividades humanas amenazan fuertemente estos cuerpos de agua. Por un lado la fuerte desertificación reduce su capacidad de retención y por otro la contaminación por aguas residuales de sus afluentes pone en jaque su supervivencia.

Es urgente encontrar una forma para poder desarrollar un aprovechamiento sostenible de estos dos últimos reductos del sistema lacustre del valle de México y generar programas de manejo de forma coordinada con sus comunidades que garanticen su supervivencia a futuro.

## **2. Un sistema de drenaje diseñado para desalojar el agua de las cuencas**

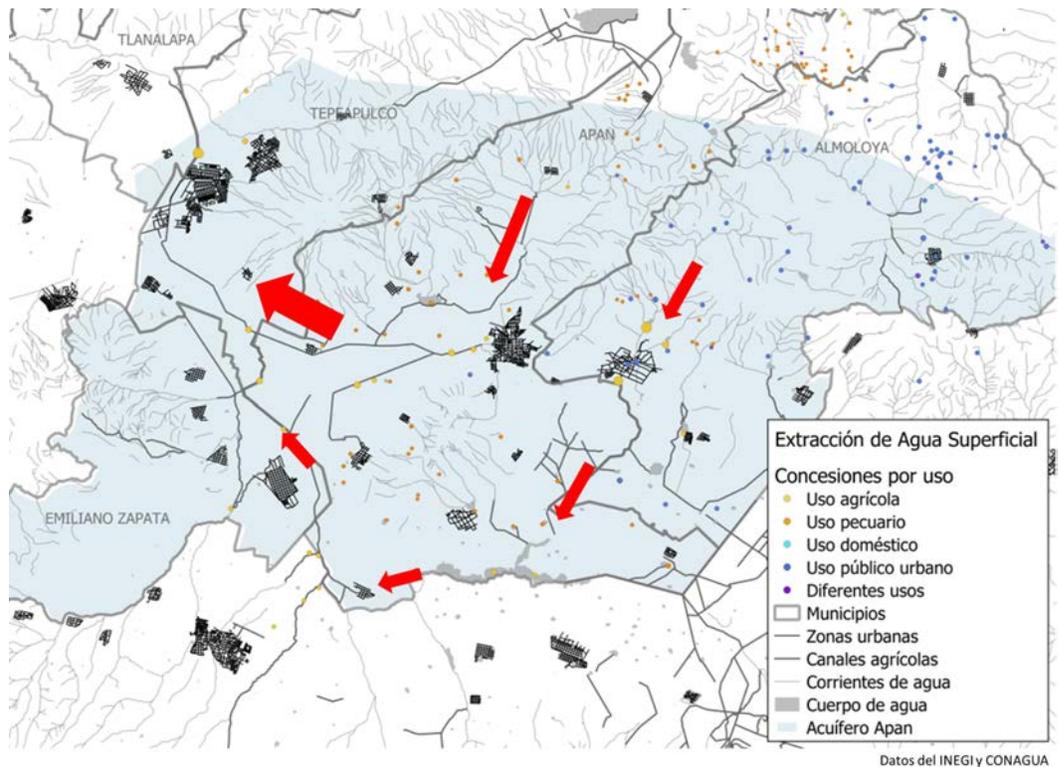
Todo el sistema hídrico de los llanos de Apan ha sido modificado a lo largo del tiempo para cumplir con una necesidad: reducir la superficie inundada en temporada de lluvia y así obtener mayores suelos para su aprovechamiento.

Por lo tanto, el sistema hídrico ya no permite retener, almacenar e infiltrar agua. Los canales de drenaje que se crearon como continuidad y rectificación de los ríos (borrando las curvas para encauzarlos de forma rectilínea) aceleran los flujos del agua hacia afuera de los llanos de Apan y por lo tanto de la subcuenca.

---

67 Çağdaş Kuşçu Şimşek, Halime Ödül. (2018). *Investigation of the effects of wetlands on micro climate*. *Applied Geography* 97. Acceso en Marzo 2021 en [https://www.researchgate.net/publication/325631490\\_Investigation\\_of\\_the\\_effects\\_of\\_wetlands\\_on\\_micro-climate](https://www.researchgate.net/publication/325631490_Investigation_of_the_effects_of_wetlands_on_micro-climate)  
- Yan Liu et al. (2015). *Impact of wetland change on local climate in semi-arid zone of North-east China*. *China Geographical Science*. Acceso en Marzo 2021 en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11769-015-0735-4>





A mediano plazo, esta lógica en el manejo de las aguas superficiales está afectando la recarga del acuífero y contribuye a la desaparición de los cuerpos de agua existentes en la región tanto los naturales como los artificiales.

En un territorio donde se padece la falta de humedad durante más de la mitad del año, impidiendo que haya actividades agrícolas y aprovechamientos de los cuerpos de agua para otras actividades (pesca, turismo), este sistema de desalojo de las aguas constituye un factor estructural importante de la escasez.

Revertir esta lógica de cuenca abierta es entonces una necesidad imperante para asegurar el futuro y la supervivencia de los habitantes de la esta subcuenca. Esto requiere de una mejor coordinación entre los distintos niveles de la población pero también la participación de las comunidades que en esta zona se ubican y realizan sus actividades productivas. Asimismo, identificamos la intervención del sistema hídrico para aumentar la retención e infiltración de agua a escala de la subcuenca como una de las áreas de oportunidad principal para mitigar los efectos del cambio climático en la región.

### 3. Contaminación por las aguas negras no tratadas

La cobertura por el sistema de drenaje de las viviendas en Apan y Almoloya es alta, permitiendo que las aguas residuales generadas estén colectadas en las viviendas hacia el drenaje municipal principal de cada zona urbanizada. No obstante, el drenaje y saneamiento tiene muchas fallas:

- Aunque todavía existen descargas directas a ríos y canales en ciertos tramos.
- Conexiones inadecuadas de las tuberías dejan verter una parte significativa de los caudales de aguas negras en estos mismos ríos y canales.
- Si bien se logra recolectar una parte de las aguas negras, el sistema de tratamiento no permite su adecuado tratamiento y se devuelven al medioambiente con alta carga contaminante.

La planta de tratamiento de Apan por ejemplo solo capta un 40% de los flujos generados en la ciudad de Apan<sup>68</sup> y el alto costo de la energía no permite un funcionamiento continuo de las bombas y aireadores. Las aguas tratadas son vertidas de nuevo al canal con las aguas no tratadas, minimizando el efecto de la planta. Sin embargo, debido a falta de recursos y falta de plan la planta no opera desde prácticamente su inauguración en 2016.



Planta de tratamiento que trata el 40% del agua de Apan

68 Entrevista con el Director de la Comisión de Agua Potable y Saneamiento de Apan en Abril 2021

En la ciudad de Almoloya, es notable la alta contaminación del Río Malayerba por las aguas residuales. Este río atraviesa la zona urbana y por su cercanía con las viviendas y calles representa un riesgo sanitario alto además de generar molestias para los vecinos.



Río contaminado en Almoloya

La planta de tratamiento de la ciudad de Almoloya tampoco se encuentra en operación por lo que la totalidad de las aguas residuales se vierte al paisaje sin ningún tratamiento. El colector principal de las aguas negras que llega a la planta la evita y por lo tanto las aguas negras colectadas se vierten de manera directa al río Malayerba.



Monitoreo hidrológico en Apan y Almoloya

En las localidades rurales, existe un drenaje central que recolecta las aguas negras y las lleva a una o varias fosas sépticas. No obstante, ninguna de las fosas está funcionando de manera apropiada y se ven ampliamente rebasadas por el crecimiento de la población y el consumo.

Durante las vistas realizadas pudimos apreciar que todas se encuentran saturadas, con capacidad insuficiente para los flujos que reciben y se mencionó constantemente en las entrevistas la falta de mantenimiento de estos sistemas.

Las aguas negras se vierten en los canales a pocos metros de las áreas urbanas generando un alto riesgo sanitario para las poblaciones. En el caso de la comunidad de Malayerba (foto abajo), estos canales están a 20 metros de la escuela e inundan todo el predio hasta el muro de la escuela en temporada de lluvia<sup>69</sup>.



Fosa séptica vestusta en Malayerba

En temporada seca, los canales que drenan la planicie tienen como único caudal las aguas residuales generadas por las zonas urbanas. Estos canales son aprovechados para diferentes usos como el riego de alfalfa o la construcción de ladrillos de adobe. El uso de aguas residuales no tratadas para estas actividades incumple con las normas, generando riesgos para las personas que trabajan con aquellas y una potencial contaminación de las cadenas agroalimentarias.

---

<sup>69</sup> Comentario de un habitante entrevistado en Marzo 2021.



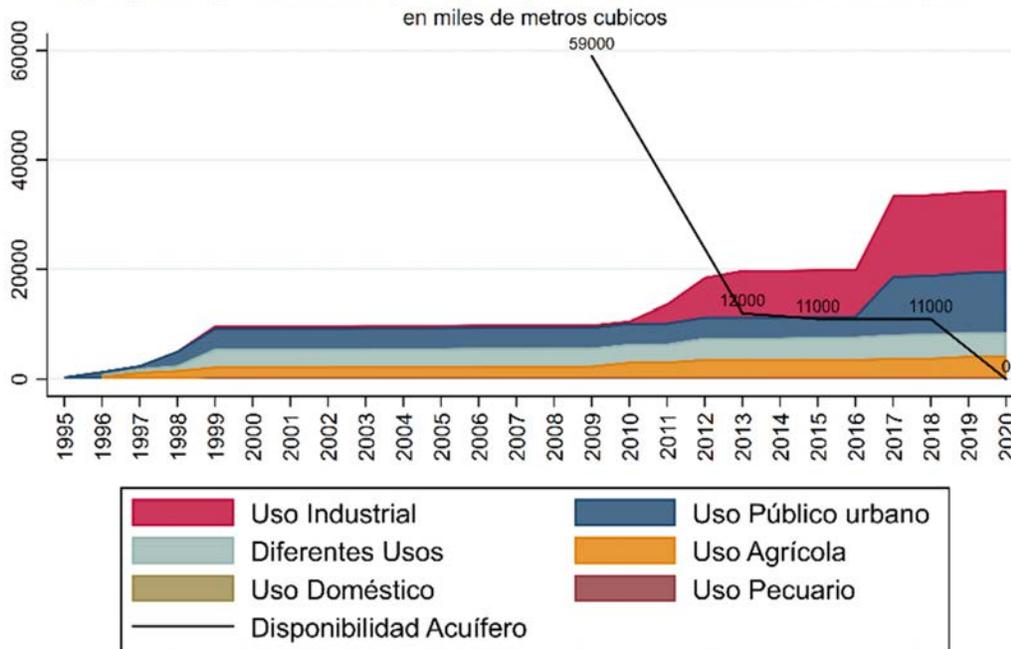
Riego con aguas negras

Asimismo, las aguas negras urbanas contaminan el sistema de la red hídrica de los Llanos de Apan, desde los ríos y canales hasta los cuerpos de agua y humedales. Además de los riesgos sanitarios causados por la cercanía de aguas contaminadas, esto podría eventualmente resultar a mediano plazo en la infiltración de contaminantes hacia el acuífero - principal fuente de agua potable de la zona. Asegurar el adecuado saneamiento de las aguas residuales se vuelve una acción estratégica para garantizar la resiliencia hídrica del territorio, mitigando la creciente escasez con la conservación una calidad de agua suficiente para los distintos usos que se requieren.

#### **4. Acuífero sobreexplotado para usos públicos e industriales**

Otro aspecto de la creciente escasez de agua en el territorio resulta de la explotación del acuífero de Apan (Uno de los tres en que se divide la Subcuenca) para los usos públicos urbanos e industriales. En 2020, el acuífero solo tiene 0,3 millones de metros cúbicos disponibles (SINA CONAGUA 2021). Lo que representa una fuerte caída en los últimos diez años resultado del incremento del uso industrial y urbano.

### Extracción de agua por usos en los municipios de Apan, Almoloya, Tepeapulco y Emiliano Zapata y disponibilidad en el acuífero de Apan



Esta relación entre la demanda y la capacidad de regeneración del territorio es uno de los factores centrales que han impulsado la realización de esta investigación. De lo lograrse un equilibrio adecuado el balance hidrológico puede rápidamente decaer poniendo en riesgo de operación todas las actividades humanas.

Con el cambio climático, se están modificando los patrones de precipitación e incrementando la temperatura en los Llanos de Apan. El incremento de la evaporación y evapotranspiración que generará el incremento de la temperatura se reflejará muy posiblemente en una disminución de la recarga del acuífero.

Además, es probable que el territorio padezca de sequías más frecuentes, más prolongadas y más severas, incrementando el riesgo de sobreexplotación, ya que se podría presentar una situación de extracción superior a la extracción a mediano plazo. Esto no solamente cuestiona la posibilidad de nuevos desarrollos urbanos e industriales en la región, sino que también podría amenazar las instalaciones existentes.

De nuevo se recomienda visitar el **ANEXO Estudio Hidrológico de la Cuenca Tochac – Tecocomulco** a fin de entender mejor las relaciones antes mencionadas.

### C. INFRAESTRUCTURA AGRÍCOLA ACTUAL

Si bien como sucede en casi todo el país el sector terciario el de los servicios se ha convertido en la actividad económica principal en los dos municipios de nuestra zona de estudio. La vocación principal de la población de los llanos de Apan está incluso hoy día orientada a las actividades primarias, la agricultura ocupa una gran parte de la población local y es la principal fuente de ingresos de buena parte población de los municipios de Apan y Almoloya.

Pese a esta situación existe un rezago en materia de infraestructura agrícola, la producción de prácticamente la totalidad de la región se realiza bajo el régimen de temporal. Esto debido a la veda que rige sobre el acuífero de Apan, por lo que buena parte de la infraestructura agrícola está orientada al manejo de las lluvias que caen en la región particularmente en los meses de junio a diciembre.

Esta se limita a canales que conducen las aguas a alguno de los cuerpos de agua emplazados en el territorio o fuera de cuenca. Sin embargo, muchas veces estos canales se encuentran desnivelados o los cuerpos de agua han sido azolvados por lo que pierden su capacidad de retener y contener las aguas pluviales de forma que mucho del gasto hidráulico termina por entrar a las zonas de cultivo afectando amplias extensiones generando grandes pérdidas para los productores.

De hecho, las deficiencias en la infraestructura agrícola ya sean por diseño como por falta de mantenimiento es una de las quejas más constantes que han sido recogidas a lo largo de los talleres participativos realizados a lo largo de este proceso.

En general la infraestructura agrícola de la zona se puede dividir en tres grupos, canales, que incluye el sistema de canales primarios, secundarios, bordes y zanjas agrícolas y cuerpos de agua, que se integran en presas y vasos reguladores, y finalmente caminos rurales.

Existen en la zona de estudio aproximadamente 100 km de canales primarios y secundarios, mientras los primarios tienen la función de drenar el agua fuera de la cuenca en dirección norte. Los secundarios se encargan sobre todo de llevar las aguas pluviales en dirección de alguno de los cuerpos de agua que almacenan agua durante la temporada de lluvias.

La principal problemática de estos canales deriva del azolve y la pérdida de pendiente que facilite el movimiento de agua, de igual manera el proceso de desazolve de estos canales produce acumulación de materiales en el borde de los mismos que paradójicamente funcionan como barreras a los escurrimientos en parcelas dando lugar a inundaciones en borde a veces de grandes extensiones de suelo agrícola.

Sin embargo, el mayor déficit en este tipo de infraestructura se encuentra en lo que respecta a los bordes y zanjas del parcelario agrícola. Esta práctica alguna vez fundamental para la actividad agrícola no solo se ha ido perdiendo sino que ante la necesidad de generar la mayor superficie de tierra cultivable han sido borradas del territorio kilómetros de estas infraestructuras.

Como resultado de esta transformación de la superficie agrícola se han incrementado fenómenos como la evaporación debido a la carencia de zonas de acumulación o la erosión del suelo ante la falta de protección de los agentes naturales como el viento y las tormentas. De igual manera ha disminuido la biodiversidad ante la pérdida de bordes vegetales y la conectividad biológica que en estos bordes se desarrollaba.

El caso de los cuerpos de agua es quizás la situación más compleja en materia de infraestructura rural. Del total de represas habilitadas en la zona prácticamente todas presentan la misma situación. Debido al fenómeno erosivo que afecta la región y a la pérdida de cobertura vegetal en las zonas elevadas del sistema los cuerpos de agua reciben cientos de metros cúbicos de sedimento que de a poco colapsan la capacidad de estas infraestructuras.

Esta situación se torna dramática en casos como el de las presas ubicadas en la parte alta del municipio de Almoloya donde existe una de las pocas concesiones para el uso de aguas superficiales de la región. Ante la pérdida de capacidad de las dos presas de la zona que permiten la irrigación en el ejido de Almoloya se ha perdido la capacidad de riego lo que afecta la productividad de varias familias.

Misma situación se repite en prácticamente la totalidad de las represas de zona, que ven disminuida su capacidad de regulación de flujos de agua pluvial, poniendo en riesgo no solo la capacidad productiva de la zona sino también a la población misma.

Igual fenómeno se puede apreciar en los cuerpos de agua naturales, las lagunas de la región ya afectadas debido a la disminución progresiva de su tamaño ahora enfrentan la entrada de azolve en grandes cantidades. Lo que reduce su capacidad de almacenamiento por un lado pero por otro afecta los ciclos biológicos que en estos cuerpos de agua de mayor tamaño sucede.

Finalmente, algunos de estos cuerpos de agua reportan filtraciones en sus lechos, esta situación se puede achacar a diversos factores como la disminución de los niveles de los acuíferos o fracturas en los lechos derivadas de pérdida de humedad del suelo. En cualquiera de los casos esta situación reduce la capacidad de servicio y almacenamiento de los cuerpos de agua con todas las consecuencias negativas que esto acarrea tanto para la actividad agrícola como para la biodiversidad en la zona.

Para el caso de los caminos y veredas pese a la existencia de una amplia red en la región estas son en su mayoría terracerías en malas condiciones que en época de lluvias son difíciles de transitar. No reciben mantenimiento constante y son particularmente susceptibles a eventos climáticos que en la región son cada vez más frecuentes.

Los procesos erosivos en la región derivados de las lluvias se hacen particularmente evidentes en este tipo de caminos que en muchos de los casos se transforman en torrentes por donde escurren grandes cantidades de agua y sedimentos. Esto trae dos consecuencias por un lado la pérdida de sustratos por otras afectaciones a este tipo de infraestructuras.

Estas vías carecen también de señalética adecuada incluso aquellas que interconectan comunidades y que en algunos casos obedecen a los antiguos trazados de caminos que unían el sistema de haciendas que alguna vez organizó el territorio. Esto dificulta la movilidad en el territorio pero también complica que personas ajenas a la región puedan visitarla, reduciendo posibilidades de desarrollo de otras actividades como el turismo.

A pesar de requerir una intervención en infraestructuras primarias, existe un gran potencial de regeneración del paisaje y de sus servicios ecosistémicos a nivel de las parcelas con la recuperación de los bordes y zanjas agrícolas. Estas sencillas infraestructuras, bien conocidas por los productores tienen el potencial de incrementar a nivel de las parcelas la retención de agua, la humedad, la infiltración de agua, proporcionar hábitat y aprovechamientos secundarios, regular la temperatura en la parcela, limitar los efectos de vientos fuertes y otros eventos climáticos extremos. En vista que las parcelas constituyen el 70% de ocupación de suelo de los municipios estudiados, el impacto en el paisaje de la recuperación de esta infraestructura secundaria en las parcelas permitiría mitigar muchos de los efectos del cambio climático además de abrir oportunidades productivas alternativas.

## **c. Suelo: Erosión, agotamiento y cambios de usos no controlados**

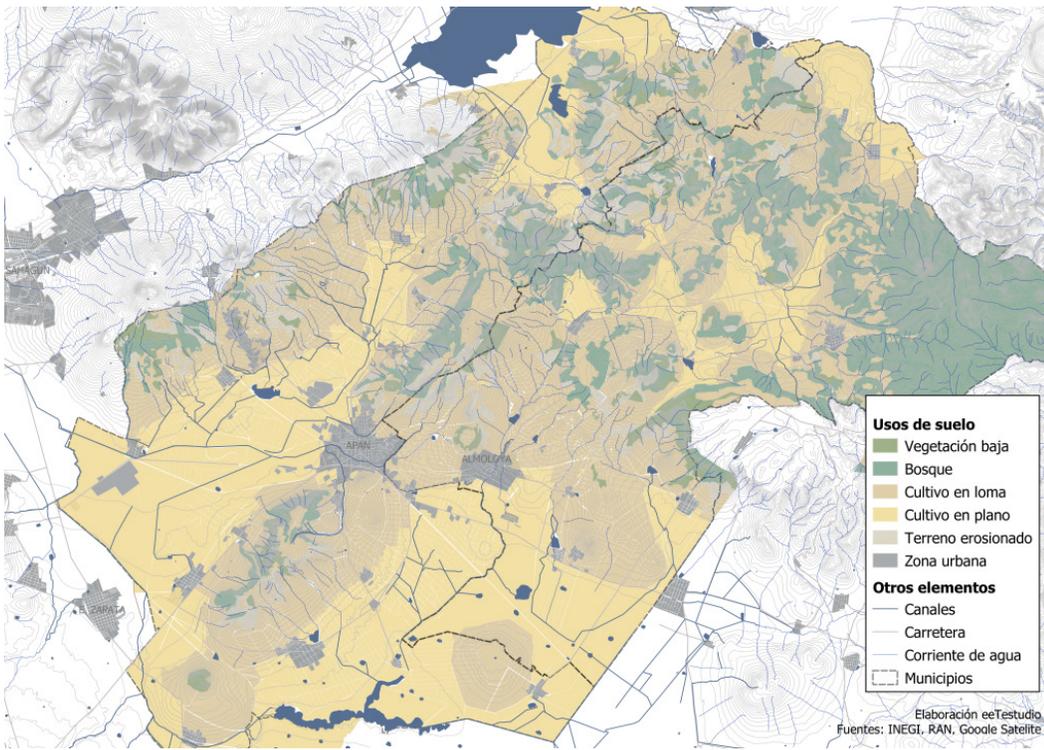
### **1. Cobertura vegetal reducida y erosión**

Durante el desarrollo de este proyecto que en un momento inicial estaba enfocado a la conservación de acuíferos y cuerpos de agua, pronto fue evidente que no se podía llegar a este objetivo sin antes procurar un mejor manejo de los suelos de la región.

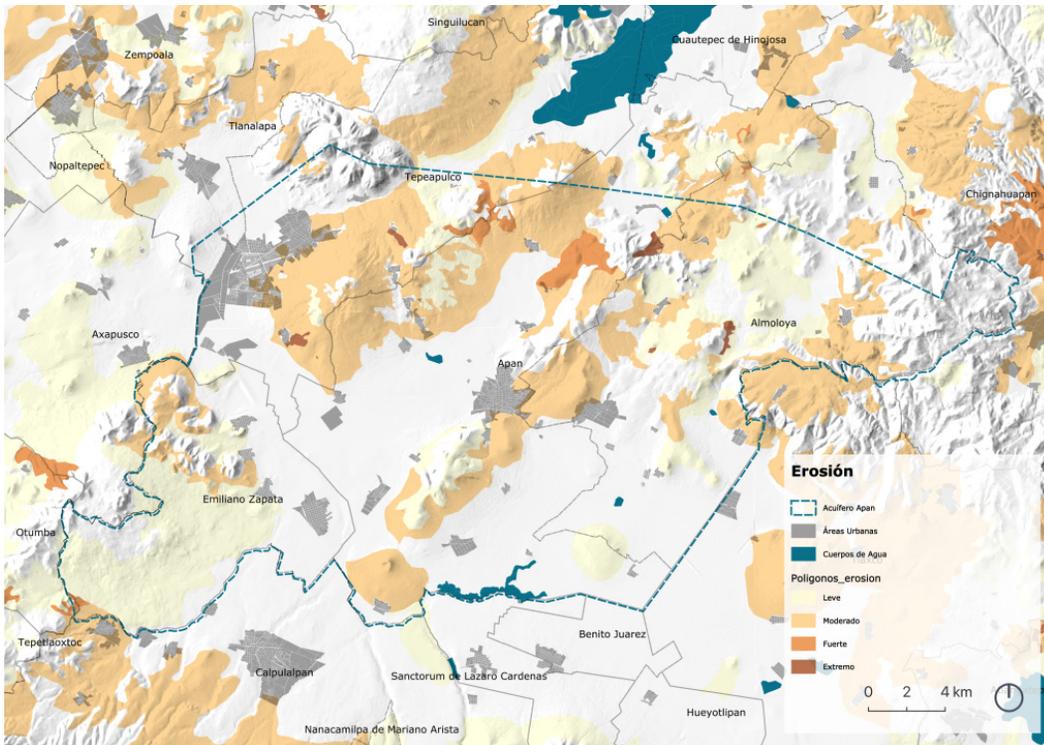
Esta relación se fue abundando mediante la realización de diversos trabajos de campo y entrevistas, al punto que próximos constatar que en la actualidad el mayor riesgo que enfrenta esta región del altiplano en México no es otro si no la desertificación. Proceso ya en sucediendo desde hace algún tiempo y que empieza a mostrar una etapa mucho más acelerada.

Menos del 20% del territorio estudiado está clasificado como área de bosque o matorral. El uso del suelo mayoritario es agrícola de temporal (70%), mientras detectamos que alrededor de 6% del territorio ya se encuentra desertificado (ausencia de vegetación o uso, suelo delgado degradado). Con el incremento de la temperatura se verán afectados a la vez las especies silvestres y los cultivos, poniendo en riesgo la escasa cobertura vegetal permanente y temporal y desprotegiendo el suelo.

Menos del 20% del territorio estudiado está clasificado como área de bosque o matorral.



Así mismo, un efecto indirecto a mediano plazo del cambio climático será de propiciar la erosión del suelo, afectando su capacidad a producir e impulsando el azolve del sistema hídrico. Lo que termina por generar un círculo vicioso difícil de romper que esta representando la pérdida de miles de toneladas métricas de suelo que terminan por colapsar cuerpos de agua y la infraestructura existente.



Sin embargo, este no es el único fenómeno de degradación de suelos que persiste en el territorio, el bosque de matorral el más extendido en la cuenca padece igualmente afectaciones derivadas de los mismos fenómenos naturales viento y lluvia, pero se suma también la pérdida de cobertura vegetal debido al sobrepastoreo y los incendios forestales, casi todo estos de origen humano. El incremento de la temperatura propicia de manera muy alarmante los incendios en temporada seca.

Estos fenómenos están directamente relacionados con las prácticas humanas y la falta de controles sobre el territorio. Esto pese a los esfuerzos que hacen los comisariados ejidales en el control de estas actividades, sin embargo, debido al debilitamiento de estas estructuras el abandono oficial y la falta de recursos resulta extremadamente complicado que se implementen acciones efectivas.

Una acción importante de mitigación del cambio climático consistiría en apoyar a una brigada anti-incendios para la realización de acciones preventivas todo el año, y para el control de incendios en temporada seca. Esta acción tendría como doble efecto de proteger bosques y matorrales, conservando secuestrado el carbono que almacenan estos ecosistemas, a la vez que incrementaría la resiliencia del territorio frente a un clima cada vez más caluroso y seco.

Pero de todos, el fenómeno que más afecta el proceso erosivo en la región tienen que ver con el modelo de explotación agropecuaria dominante en toda la región de trabajo.

## 2 Pérdida de la calidad (fertilidad y productividad) del suelo

La principal amenaza a los suelos de la región deriva del modelo agrícola establecido y que se aplica en el 80% del territorio estudiado. Este modelo se basa en el cultivo de granos y leguminosas de ciclos cortos que sólo dan cobertura al suelo durante cuatro o cinco meses al año a los suelos y rara vez se combina con otros cultivos de estancia más perene como los cactus o agaves nativos de la región.

Este tipo de prácticas de monocultivos que deja desnuda la gran mayoría de la superficie de nuestra zona de estudio, expuesta a los fenómenos erosivos como los fuertes vientos o las lluvias de temporal cada vez más violenta que ya son característicos de la región.



Parcela con borde agrícola a la derecha, parcela erosionada sin borde agrícola a la izquierda.

A esto se suma el uso indiscriminado de medios mecánicos para el cultivo de estos cultivos, donde en un solo ciclo agrícola el suelo puede ser removido hasta seis veces lo que produce pulverización del suelo y lo hace aún más susceptible a su traslado por el viento. Finalmente, el uso de pesticidas a empobrecido de materia orgánica gravemente los suelos por lo que son menos aptos para la retención de humedad lo que igualmente es un factor de erosión.

De forma que las prácticas agrícolas dominantes en nuestra área de estudio se caracterizan por una serie de acciones cuyo impacto a corto y mediano plazo afecta el suelo:

- No se hacen rotaciones de cultivos
- Monocultivo de cebada
- Aplicación de plaguicidas y pesticidas en dosis inadecuadas
- Eliminación de los bordes y zanjas
- Uso repetido de maquinaria pesada
- Poca reintegración de los restos de cultivos

Las consecuencias de estas prácticas impactan el suelo en varios ámbitos:

- Baja materia orgánica
- Bajos niveles de micro fauna
- Compactación del suelo
- Desbalance en los nutrientes disponibles

Finalmente esto se traduce en vulnerabilidades socioeconómicas y ambientales como la pérdida de la capacidad de retención del agua, la disminución de la capacidad a nutrir y soportar físicamente las plantas, la propensión a la erosión, la dependencia al mercado de la cebada y a insumos agrícolas externos.



Bajo el escenario de cambio climático, un suelo menos fértil y productivo afecta la resiliencia de la agricultura en la zona: los cultivos temporales no tendrán el soporte necesario para resistir a temperaturas más altas, sequías, granizadas y otros eventos climáticos extremos.

Se recomienda para ampliar el conocimiento sobre el estado de los suelos en la región el estudio **ANEXO sobre Calidad y estados de los suelos** desarrollado a lo largo de esta investigación.

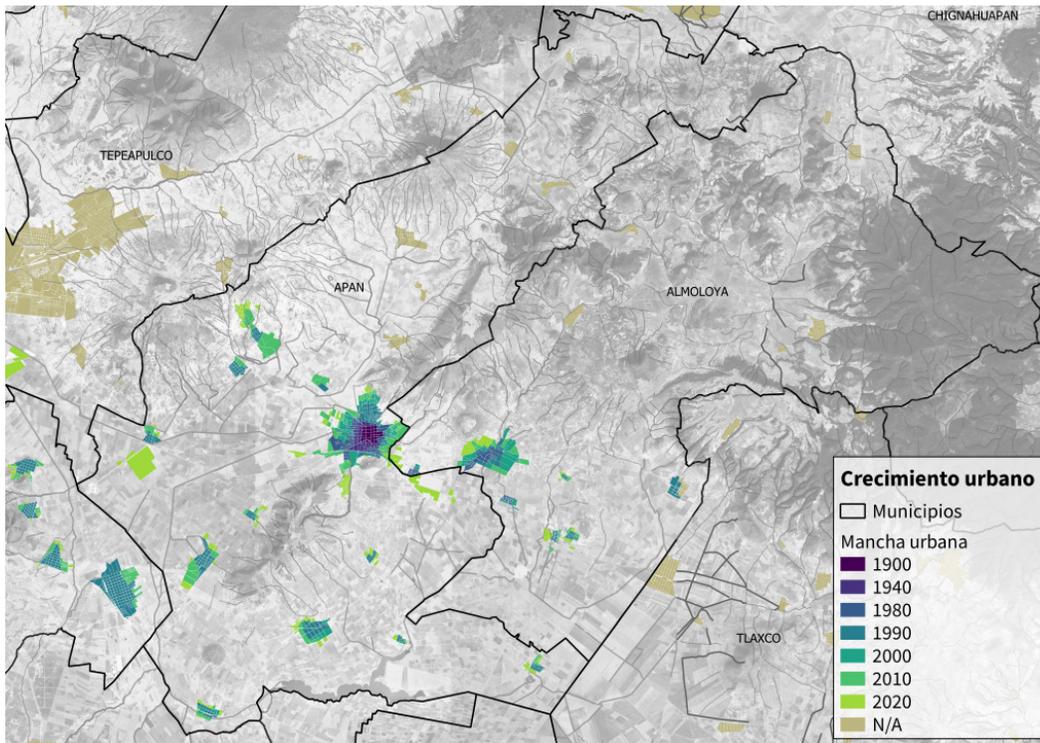
En conclusión, otra gran área de oportunidad para la adaptación al cambio climático es cambiar el modelo productivo de la zona hacia una diversificación tan temporal que geográfica de los cultivos con una reintegración de cultivos perennes y el desarrollo de un mercado local y de cadenas de mayor valor añadida. Esto con la finalidad de conservar el campesinado ejidal y la producción de pequeña escala para consumo local mientras se consolidan sus ingresos y se mejora los servicios que rinde la parcela, tan socioeconómicos que ambientales.

### **3 Cambios de usos de suelo provocados por la presión urbana e industrial**

Los cambios de uso de suelo hacia la urbanización e industrialización de la zona (31% de los municipios de Apan y Almoloya está construido) consumen espacios naturales y agrícolas cuyo papel en la regulación hídrica y climática es mayor a superficies construidas e impermeabilizadas. En los últimos veinte años la superficie construida en la cuenca prácticamente se duplicó debido a diversos factores.

Además, en la ausencia de un plan de ordenamiento territorial, los procesos de urbanización son caóticos y afectan sobretudo suelos comunales de matorral y recientemente parcelas productivas que han perdido su valor debido a la baja rentabilidad de las mismas. Las nuevas construcciones se ubican también muchas veces en áreas de riesgo de inundación, en las partes de planicie donde estaban ubicadas las lagunas o de deslaves, en áreas de pendiente con erosión pronunciada del suelo).

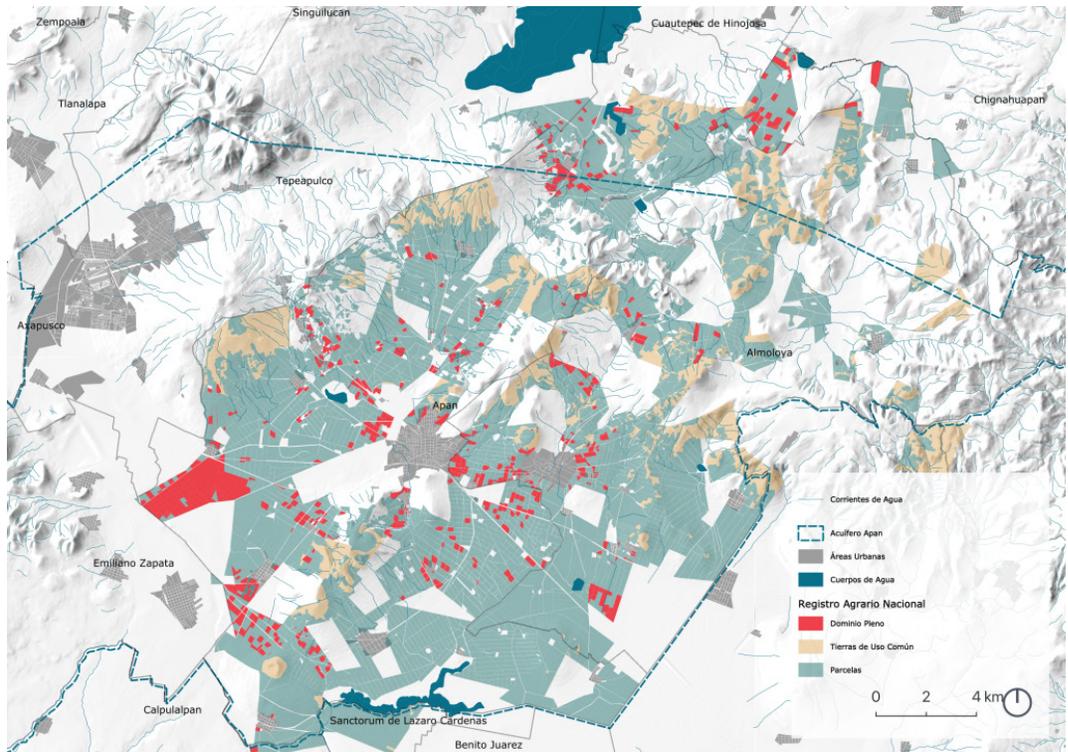
Otra gran área de oportunidad para la adaptación al cambio climático es cambiar el modelo productivo de la zona hacia una diversificación tan temporal que geográfica de los cultivos con una reintegración de cultivos perennes y el desarrollo de un mercado local y de cadenas de mayor valor añadida. Esto con la finalidad de conservar el campesinado ejidal y la producción de pequeña escala para consumo local mientras se consolidan sus ingresos y se mejora los servicios que rinde la parcela, tan socioeconómicos que ambientales.



La privatización mediante el proceso de dominio pleno de los terrenos ejidales para su venta, es el principal mecanismo de cambio de uso de suelo en la zona. Este proceso, además de las afectaciones ambientales, refuerza la vulnerabilidad del ámbito agrícola.

Los impactos sociales de este fenómeno son la tendencia a concentrar la tenencia de las tierras en pocas manos y un cambio cultural de la tierra como bien de uso común hacia un bien mercantil y un capital económico. Este fenómeno acarrea también efectos negativos en el territorio los nuevos dueños de las tierras manejan estas como un bien corporativo del que se debe obtener el mayor beneficio con muy poco o nulo cuidado del valor ambiental que proveen.

El dominio pleno como factor de cambio de uso de suelo



Con la concentración de las tierras están desapareciendo las unidades productivas de tamaño reducido, en las cuales todavía se podían encontrar cultivos para el autoconsumo lo que acelera el proceso de urbanización. Asimismo, este proceso tiene implicaciones para la - ya muy reducida - autonomía alimentaria de la zona lo que le hace más susceptible a las variaciones económicas y del mercado global.

Expansión urbana de la ciudad de Apan



Ante la caída en desgracia del modelo agropecuario de usos de suelo otros usos hasta hace diez años desconocidos avanzan de forma contundente sobre el territorio estos se enfocan sobretodo a la industria y la logística. La ubicación geográfica de este territorio es clave para entender el porqué de este fenómeno.

Los llanos de Apan se ubican en el centro del país a poca distancia de las dos zonas urbanas mas importantes del país, la Zona Metropolitana del Valle de México y la Zona metropolitana Puebla Tlaxcala Apizaco. Estas enormes manchas urbanas concentran a su vez una gran población ávida de productos de consumo que pueden ser elaborado o distribuidos desde nuestro territorio.

Esta combinación entre bajos precios del suelo antes rural, falta de planeación urbana adecuada y el auge de la industria ligera y la logística en el país han encontrado en el valle de Apan un punto de expansión que actualmente se desarrolla sin apenas controles y que puede llevar al colapso del ecosistema que sustenta todas estas actividades. EL ordenamiento territorial y en particular Planes de Desarrollo Urbanos para los municipios de Apan y Almoloya (y de toda la cuenca) son acciones prioritarias que implementar para controlar este fenómeno e anticipar el potencial incremento de la vulnerabilidad del territorio.



Planta de la cervecera  
Grupo Modelo

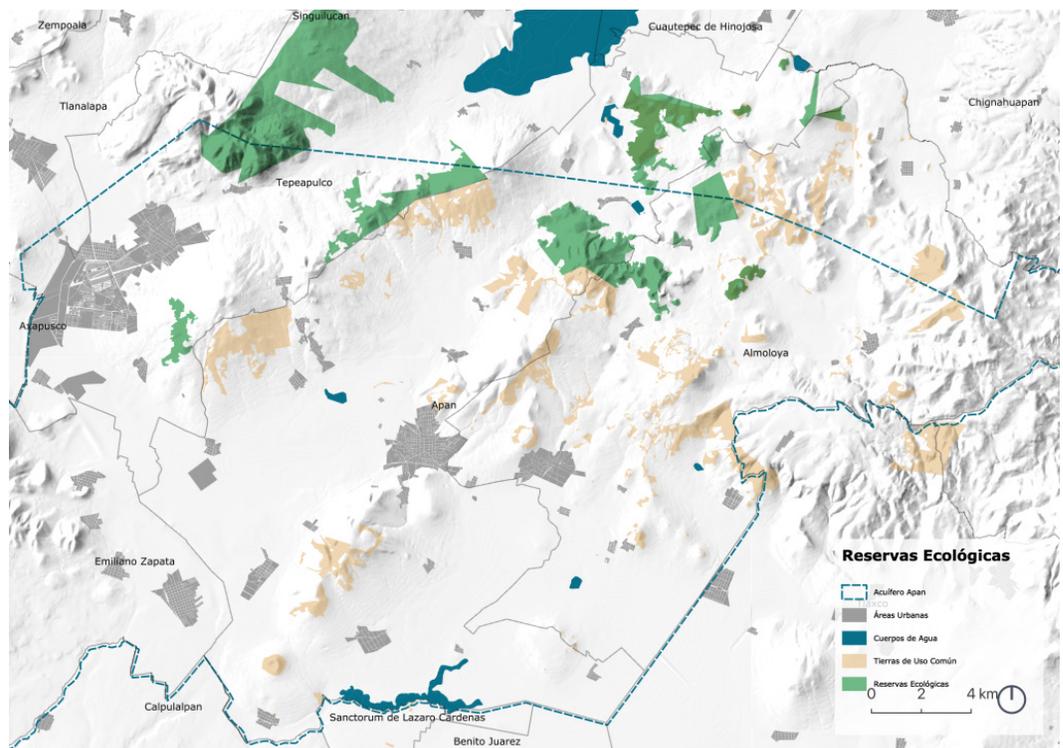
## d. Desaparición de la biodiversidad local

### 1 Ecosistemas de superficies reducidas sin continuidad ecológica

La superficie muy reducida de los ecosistemas locales, en particular las zonas boscosas (18%), está afectando el microclima local. Por otro lado, el cambio climático genera un incremento significativo de la temperatura en la zona que para muchas especies significa una necesidad de migrar. La desconexión de las áreas de ecosistemas que son los bos-

ques, matorrales y humedales entre sí puede afectar la capacidad de muchas especies - tanto animales como vegetales - de desplazarse y adaptarse.

Regenerar la conectividad ecológica a escala del paisaje es una estrategia importante para conservar la biodiversidad ante estos cambios. Esto significa en primer instancia reconstruir la conectividad estructural en el territorio con corredores verdes entre las zonas de bosques, matorral y humedales. En un segundo tiempo se podrán buscar estrategias más específicas orientadas a las especies más vulnerables. En particular, la conservación de los humedales es clave para las aves migratorias como lo indica la denominación de Tecocomulco como sitio RAMSAR. La laguna Tochac alberca igualmente numerosas especies de aves migratorias para las cuales se requiere pensar en un estatus similar de protección.



## 2 Control de fuegos insuficiente

Una de las formas desde las cuales se pueden entender las consecuencias que el cambio climático está representando para buena parte del territorio Mexicano es desde el análisis de los riesgos inherentes al mismo. Estos son múltiples y tiene que ver con la radicalización de fenómenos naturales con los que hemos convivido a lo largo de nuestra evolución hasta la sociedad tecnificada que hoy somos.

Desde tormentas más intensas que destruyen infraestructuras y viviendas, hasta sequías persistentes que generan hambrunas o la aparición de plagas y pandemias el riesgo de habitar en estos tiempos se eleva dramáticamente.

Con el incremento de la temperatura en nuestra zona de estudio el mayor riesgo detectado tiene que ver con el proceso acelerado de desertificación y la aparición de mas frecuentes y más grandes incendios forestales. Si bien este fenómenos ha formado parte de la vida de los ecosistemas en la región desde siempre la frecuencia y el tamaño de estos se ha incrementado.

A esto se adiciona un abandono de las prácticas de prevención y control, debido a desaparición de los programas de empleo temporal con los que ejidos y comunidades solían preparase para las temporadas de incendios. En estos periodos previos era normal que se construyeran brechas cortafuego y se retira material inflamable para así disminuir el riesgo existente.

Los incendios forestales están volviéndose más intensos y devastadores, afectando de manera significativa los bosques y matorrales existentes, áreas de reforestación natural e inducida. Y apenas existen herramientas y mecanismos para su prevención y combate.

Si no fuera por la participación voluntaria de los miembros de los ejidos y la comunidad muchos de estos eventos arderían hasta consumir grandes extensiones de campo, busque de matorral y bosque de encino y pino, principales ecosistemas de la región.

Desarrollar una estrategia que nos permita la prevención detección temprana y sofocamiento de incendios es también una medida urgen ante los datos resultado de este estudio que señala mayores temperaturas y periodos de sequía mas largos. Para lo que será urgente proveer de recursos y formación a las instituciones municipales y ejidales así cómo de recursos físicos para dicho fin.



Incendio del Cerro del Chulco en mayo 2021

### 3 Destrucción de fauna y flora por prácticas extractivas no controladas

Si bien la recolección, la caza y la pesca son actividades humanas propias de la región desde su origen más antiguo, en la actualidad muchas de estas actividades se desarrollan de forma descontrolada sin considerar los ciclos biológicos del territorio. Igualmente la pobreza y la falta de oportunidades orillan muchas personas buscar sustento en los suelos comunales de los ejidos donde se realizan de forma cotidiana extracciones no reguladas de flora y fauna.

De forma que hoy día existe una fuerte presión sobre las especies vegetales y animales de la zona de estudio a raíz de prácticas extractivas no reguladas y controladas. Que son prácticamente imposibles de regular en lo local debido a lo extenso del territorio y un mercado negro para estos productos que les demanda en el mercado tan grandes como la Zona Metropolitana del Valle de México.

Entre estas, es la destrucción de plantas de maguey para el uso de las pencas y el mixiote en la industria restaurantera la que más daño genera y esta por un lado está acabando con los agaves presentes en los bordes agrícolas. Pero por otro lado y quizás más grave aun de acuerdo a nuestras entrevistas desincentiva la siembra y propagación de estas plantas de alta importancia ecológica.



Nido de Lechuzas  
Acopinalco 2021

El Sistema Producto Maguey Tlaxcala calcula que en altiplano central la demanda anual de maguey para esta industria se eleva a dos millones de plantes, usadas sobretodo para la cocción de la barbacoa tradicional. Ellos mismos reconocen que un millón de esas plantas es decir la mitad de la demanda se obtiene mediante el robo o extracción ilegal.

Para el caso de los animales silvestres se suele realizar de igual manera sin apenas considerar las vedas estacionales. La cacería, cuando se realiza sin seguir reglas para la protección de las especies, como por ejemplo el número de individuos que se pueden matar o las vedas de reproducción, puede tener un impacto muy fuerte en las especies y las poblaciones locales.

La ausencia de estudios previos sobre la biodiversidad en la zona no permite cuantificar estas afectaciones cuya identificación se realizó a partir de entrevistas con varios actores y observaciones en campo. Sin embargo de nuevo en base a las entrevistas realizadas durante el proceso de investigación es posible identificar la desaparición de algunas especies y la disminución de poblaciones de otras.

Durante nuestro trabajo se realizó un catálogo de las especies animales y vegetales aun comunes en la zona, sin embargo es importante determinar cuales son sus poblaciones y los riesgos a las mismas a fin de establecer estrategias para su conservación y /o recuperación.

#### **4. Contaminación del agua y del suelo**

En esta región cómo en casi todo el país se enfrenta la grave realidad de la falta de gestión de los residuos de las múltiples actividades humanas. Quizás el más evidente cómo hemos mencionado con anterioridad sea la contaminación de las aguas superficiales y el uso de los cuerpos de agua como destino final de nuestras aguas servidas.

Este tema lo hemos tratado ampliamente en el pasado y se han llevado acabo un estudio que implica también la realización de análisis a la calidad del agua de estos vertidos. Los resultados arrojan que en prácticamente todas las zonas analizadas el límite admisible para algunos contaminantes se excedía diez veces, esta realidad persiste cotidianamente en el territorio es sin duda uno de los frentes más amplios a enfrentar en el futuro cercano.

El segundo proceso grave que se detecto es la contaminación de los suelos ya sea por la presencia de basura o en el caso más grave por el uso exagerado de pesticidas y fertilizantes. En este caso las consecuencias largo plazo pueden ser inclusive catastróficas para la población debido a que si estos residuos llegan a la cadena trófica se pueden producir situaciones de alto riesgo para la población en general

Es notable la falta de información de la población sobre las los riesgos que el uso de estos productos implica, así como el uso extensivo de los mismos a lo largo y ancho de todo el territorio. Dicha combinación inclina otro factor hacia la desertificación una vez que luego de nuestro estudio se detectó una muy baja cantidad de materia orgánica en los suelos de la región lo que limita su capacidad de retención de agua y acelera su volatilidad.

Aguas negras de la Ciudad de Apan



Esto significa a su vez que una parte de este suelo terminamos por respirarlo de forma inconsciente sin tener claras cuales pueden ser las futuras consecuencias de esta exposición.

La contaminación del territorio es un proceso que está poniendo en peligro a los habitantes y la biodiversidad local. Las principales fuentes de contaminación son:

- las aguas negras
- el uso inadecuado de agroquímicos
- los residuos sólidos

Muchos de los contaminantes tienen impactos de corto plazo sobre las especies y su salud, mientras otros permean poco a poco en las cadenas tróficas. Es igualmente urgente limitar esos niveles de exposición y preparar mejor a los gobiernos locales y la población en general para la gestión y manejo de los residuos.

En este punto se recomienda ver el trabajo Anexo sobre la Calidad de Los suelos en el área estudiada donde se realizó un estudio que contempló muestreos de suelos en la zona que abarca nuestro estudio.

## 5. Prácticas agropecuarias dañinas

Muchos de los factores nocivos antes listados se pueden resumir en una sola expresión que lleva al desarrollo de prácticas agrícolas extensivas que ignoran el valor ambiental del territorio y la necesidad de su conservación.

El modelo de agricultura mecanizada industrial demanda suelos llanos y extensos donde la maquinaria moderna puede ser usada para de esta manera dar lugar a una economía de escala que hace rentable la producción. Ya hemos dicho que al mismo tiempo se viene dando en el territorio un fenómeno de concentración de tierras en pocas manos que optan por este sistema productivo.

De forma que los suelos agrícolas son trabajados y expuestos en exceso a las condiciones ambientales acelerando su erosión. Pero también elementos del paisaje agrícola que tienen una función estratégica para la conservación del agua y el suelo desaparecen poco a poco arrasados por la maquinaria pesada, con lo que el territorio va perdiendo capacidades regenerativas.

Estos fenómenos se ven agravados por el cambio climático que demanda mayor resiliencia del territorio, resiliencia que se ve disminuida ante la desaparición de componentes clave.



Proceso de desaparición de una zanja agrícola.

La vegetación circundante a una parcela además de ayudar a la contención de suelos evitando la erosión, permitía la fijación de nutrientes y facilitaba la infiltración de agua al subsuelo. Las sombras de los árboles reducen la velocidad de la evaporación lo que mantiene la humedad del suelo constante, y las estructuras vegetales combinadas con la construcción de bordos o zanjas generaban hábitats donde muchos animales aves e insectos encontraban refugio, muchos de estos proporcionaban alguna función en el ecosistema, cómo la polinización de los cultivos.

La era de la maquinaria agrícola combinada con la explotación industrial del territorio para pasar de un modelo de autoconsumo, a uno de venta de excedentes tuvo grandes efectos en la estructura y construcción del paisaje. También significó una alteración al sistema de infraestructuras que había mantenido operativos los suelos de la región, dañando en muchos casos ecosistemas, motivando la pérdida de la masa vegetal y con ello la biodiversidad en la zona.

Con esta misma lógica, se cultivan hasta el último centímetro en los bordes de las lagunas sin hacer una distinción entre el tipo de suelo y la condición de ribera de las mismas. Lo que por un lado resulta en una afectación a el ecosistema del humedal por otro una pérdida económica para el productor.

Esto debido al alto riesgo que implica cultivar en estas zonas pero también por que se pierden posibilidades de aprovechamiento de esos suelos para otro tipo de actividades más rentables y sostenible.

## **e. Acentuación de los problemas de gobernanza e desigualdad**

### **1. Estructura de Gobierno y Regulaciones Internas**

#### **1.1 Gestión integrada de los recursos hídricos**

Oficialmente, México tiene un rango comparativo bastante alto en tener mecanismos formales para la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), cuando se compara con el resto de las naciones de América Latina. Estos mecanismos en México son detallados en varias fuentes políticas, estatutarias, y administrativas, incluso en las directivas de operación. El lenguaje de los mecanismos institucionales formales en México para el GIRH conforma a las normas internacionales con respecto a “la eficiencia” y “el uso óptimo” del agua como un recurso<sup>70</sup>. Sin embargo, la eficacia real y la fuerza institucional de estos mecanismos en servicio de una “integración” es todavía una pregunta abierta<sup>71</sup>.

---

70 OECD. (2012). *OECD Studies on Water: Water Governance in Latin America and the Caribbean- A Multi-Level Approach*. Organization for Economic Cooperation and Development.

71 Cañez Cota, A. (2015). La gestión integrada de recursos hídricos en la política federal del agua: propuesta para la nueva Ley General de Aguas en México. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, 13(2015); see also Granados, E. & R. Pacheco-Vega. (2020). *Gobernanza del Agua: Gramática Institucional del Programa Nacional Hídrico*. Guanajuato: Universidad Iberoamericana León.

Un análisis realizado por el OCDE en el 2012 muestra varios programas de coordinación y vinculación inter-ministerial e inter-agencia que caracterizan las operaciones de CONAGUA abarcando entidades federales y de la sociedad civil, incluyendo: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Secretaría de Economía (SE); Secretaría de Gobernación (SEGOB); Secretaría de Energía (SENER); Secretaría de la Función Pública (SFP); Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP); Secretaría de Salud (SS); Comisión Federal de Electricidad (CFE); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); y Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS), entre otras.

El mismo análisis identificó retos claves para la coordinación cruzando niveles del gobierno, basado en una encuesta nacional hecha a actores en el sector de agua. Con respecto a la coordinación vertical cruzando niveles del gobierno, “ingresos públicos inestables e insuficientes” fue identificado como un factor muy relevante; al nivel del gobierno central, la “ausencia de planificación y ordenación estratégica” tanto como “falta de conciencia entre la ciudadana con respecto a la política de agua” fueron nombrado como factores relevantes; y al nivel territorial, una “falta de en una escala relevante para la inversión” fue identificado, particularmente en contextos rurales.<sup>72</sup>

La Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano fue establecida en 2013. Generalmente, el grado en que CONAGUA y SEDATU colaboran regularmente a nivel nacional, o por coordinación en oficinas locales/regionales (y/o proyectos locales/regionales), no es claro. Sin embargo, comunicados de prensa del gobierno desde febrero de 2021 indican que por lo menos hay algún grado de colaboración entre las entidades de alto nivel, existiendo acuerdos formales firmados entre las dos organizaciones con respecto a ciertos proyectos específicos, entendidos como oportunidades estratégicas para una colaboración más intensiva.<sup>73</sup>

CONAGUA tiene una larga historia en elaborar un cierto compromiso, por lo menos retóricamente, con procesos amplios y multisectoriales con respecto a la participación y la gobernanza del agua. Sin embargo, los que analizan CONAGUA y sus mecanismos participativos han caracterizado la comisión como “el último invitado,” de manera que su mesa de participación no está verdaderamente abierta a todos, sino sólo a los que CONAGUA invita.<sup>74</sup>

Desde la aprobación de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en 1992, de concesiones de derechos de uso del agua ha surgido de lo que antes era un sistema de concesión bastante politizado. La regularización de las concesiones se ha basado en un sistema de registro

---

72 Ibid.

73 SEDATU. (2021). *Firman Sedatu y Conagua convenio de colaboración para avanzar en el Plan de Justicia para el Pueblo Yaqui*. [Press Release] Comunicado 396/2021, acceso en Abril 24, 2021.

74 Granados, E. & R. Pacheco-Vega. (2020). *Gobernanza del Agua: Gramática Institucional del Programa Nacional Hídrico*. Guanajuato: Universidad Iberoamericana León.

y cesión de derechos de “uso consuntivo” administrado por el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) bajo la autoridad de CONAGUA.

Existen discrepancias, tanto en las definiciones como en los datos técnicos, en relación a los varios tipos de “usos” que engloban la LAN, la Ley Federal de Derechos (LFD, 1986), y la REPDA que complican la capacidad de regular significativamente los permisos y concesiones de uso.<sup>[1]</sup> Los retos operacionales e ineficiencias de la estrategia de regularización administrada por REPDA son factores clave, que según varios analistas fomentan relaciones “alternativas” entre actores públicos y privados que forman parte de las descripciones de “corrupción” en el sector hídrico mexicano, desde pozos clandestinos, la venta de derechos no regulados, la doble venta de derechos, hasta el otorgamiento de concesiones a fuentes de agua a pesar de que no existen datos básicos confiables de disponibilidad para esta fuente—por ejemplo cuando hay información incorrecta, cuando los datos son disputados por los residentes locales, o cuando simplemente no hay datos recopilados—violando así las normas administrativas que requieren que las concesiones correspondan realmente a un nivel de agua no sobreexplotado.<sup>[2]</sup>

Con cinco municipios dependientes del Acuífero de Apan (Número 1320-Apan, Almoloya, Tepeapulco, Tlanalapa, y Emiliano Zapata) para su suministro de agua, la naturaleza de la coordinación entre estos municipios (y con CONAGUA) en cuanto al otorgamiento de nuevas concesiones para el uso de agua no está claro. Hasta el momento, no se ha establecido un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTA) para el Acuífero de Apan.<sup>75</sup> Las COTA son entidades integradas por usuarios y técnicos, y son prescritas por CONAGUA como un mecanismo local de coordinación a nivel de un acuífero específico.<sup>76</sup> La COTA es un mecanismo institucional, a nivel del acuífero, con una posición anidada dentro de las estructuras participativas del Consejo de Cuenca, lo cual opera a escala de la cuenca entera.

## 2. Gobernanza ejidal y programas de apoyo al campo

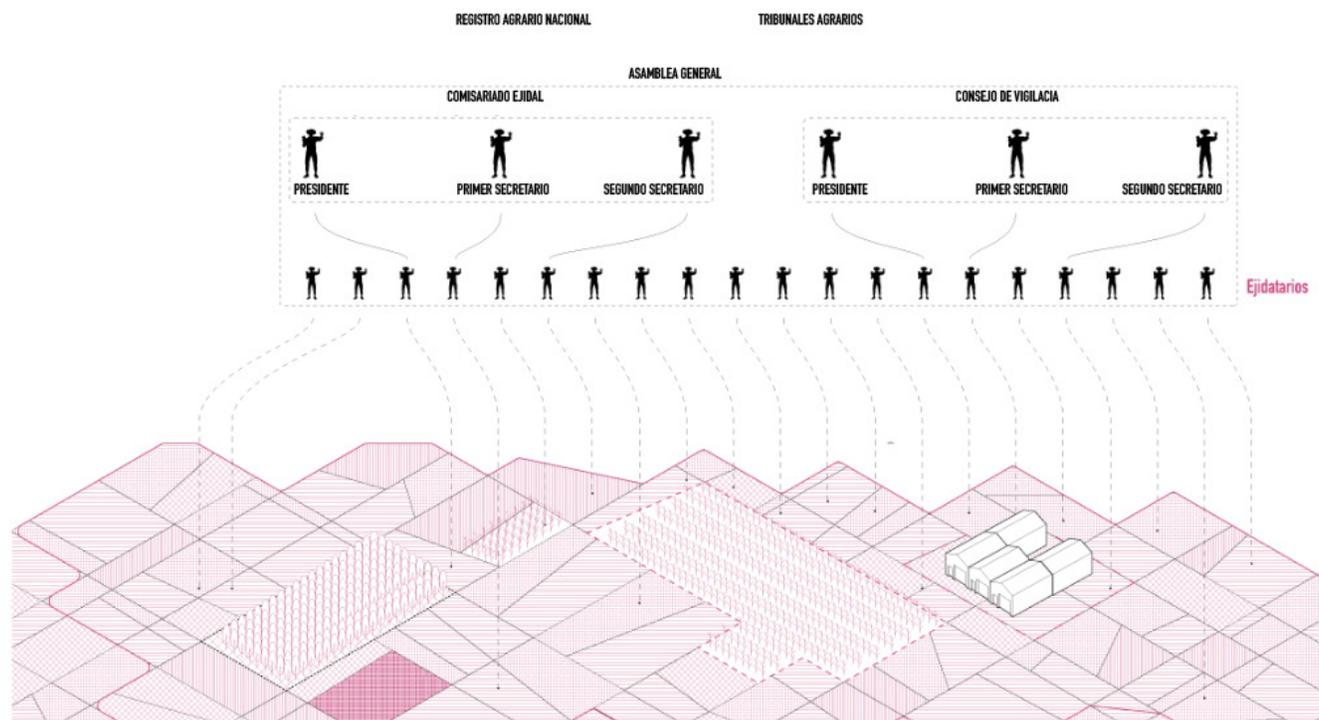
Existen una multitud de programas de apoyo nacionales, estatales y municipales. Las entrevistas con ejidatarios demostraron la importancia de estos apoyos pero también sus límites. Para poder aplicar para los apoyos se requieren de trámites administrativos que no todos están acostumbrados o tienen la posibilidad de realizar. Además, los criterios para beneficiar de estos programas han sido durante mucho tiempo la superficie cultivada, lo que también contribuyó a incentivar la desaparición de los bordes agrícolas. Por otro lado, existen fallas del sistema de gobernanza interna donde los miembros elegidos aprovechan su posición para acaparar apoyos.

---

75 CONAGUA. (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero Apan (1320)*, Estado de Hidalgo. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, CONAGUA: Mexico City. Acceso en Junio 2021 en [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/hidalgo/DR\\_1320.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/hidalgo/DR_1320.pdf)

76 Rodríguez, J.A. (2020). “La importancia de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas y sus funciones propuestas.” [blog] [iagua.es](http://iagua.es). Acceso en Abril 15, 2021 en <https://www.iagua.es/blogs/jose-antonio-rodriguez-tirado/importancia-comites-tecnicos-aguas-subterranas-y-funciones>

El análisis de la gobernanza interna a los ejidos es un tema clave que se investigará más a profundidad en la siguiente etapa del proyecto.



Los ejidatarios son propietarios organizados de tierras colectivas, originalmente otorgadas por el gobierno después de la Constitución de 1917. La principal intención de la política ejidal era redistribuir la tierra agrícola para ser explotada y manejada por las poblaciones indígenas o más desfavorecidas. Los ejidos se gobiernan de forma autónoma y cuentan con una estructura organizativa y de gestión que se renueva cada tres años. Las tierras ejidales no podían venderse a propietarios privados y, entre su creación y las Reformas Agrarias de 1992, su única forma de transacción era por enajenación<sup>1</sup>

Existen tres formas de convertirse en ejidatario. Primero, haber estado en la redistribución de tierras original a principios del siglo XX. En segundo lugar, heredando los derechos ejidales, seguido de un acuerdo de todos los miembros del ejido. En tercer y último lugar, cualquier persona que haya vivido dentro de los límites del ejido durante más de un año y su incorporación al ejido es aprobada por los ejidatarios.

Las operaciones de las actividades cotidianas y el manejo de los recursos de los ejidos dependen de una estructura de gobernanza, conformada por los miembros de los ejidos, denominada Asamblea General. El organigrama de la Asamblea General es bastante sencillo y consta de dos órganos principales: la Comisaría Ejidal y el Consejo de Vigilancia.

La Comisaría Ejidal coordina las operaciones de los ejidos, maneja la relación con las agencias gubernamentales, organiza reuniones comunitarias, se enreda en conversaciones con

otros ejidos o entidades privadas. Se divide en tres roles gerenciales: el Secretario, el Presidente y el Tesoro. El Consejo de vigilancia está formado por un presidente, un segundo primer secretario y un segundo secretario. La misión de este Consejo es asegurar que se sigan todas las leyes y acuerdos ejidales, municipales, estatales y federales alcanzados en las reuniones comunitarias, como la subdivisión y venta de la tierra. Si bien la Asamblea General opera y administra los ejidos, la mayoría de las decisiones deben tomarse por consenso de todos los ejidatarios.

Esta estructura de gobernanza, originalmente diseñada para administrar los ejidos de manera eficiente y democrática, se vio drásticamente afectada por las Reformas de 1992. Los compradores potenciales de tierras a menudo sobornan o se confabulan con miembros individuales de la Asamblea General para presionar y convencer a otros ejidatarios de vender sus tierras. Un desafío adicional a la corrupción involucrada en el manejo de los recursos y la transacción de la tierra es el envejecimiento de la población y, en muchos casos, la participación inactiva de los ejidatarios.

## **b. Problemáticas socioeconómicas principales**

### **1. Desigualdad y marginación**

La Comisión Nacional de Población (CONAPO), mide la marginalidad urbana con varios indicadores como niveles de educación, acceso a alcantarillado, mortalidad al nacer, disponibilidad de agua por hogar, acceso a salud, entre muchos otros.

La CONAPO utiliza los datos del censo nacional de 2010 para procesar dichos indicadores y generar el Índice de Marginalidad Urbana, en adelante GMU, para evaluar las vulnerabilidades socioeconómicas en Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB). Se realizó un nuevo censo en 2020, pero los datos recopilados aún no están disponibles. A nivel nacional, las ciudades pequeñas, que CONAPO categoriza por 500,000 habitantes o menos, tienen las tasas más altas de GMU Muy Alto y Alto con 11.34% y 32.36%, respectivamente, del total de la población, en comparación con 4.39% y 18.89% en las zonas medias. ciudades y 3,17% y 19,29% en las grandes ciudades.

Desde el año 2000 hasta el año 2010, no ha ocurrido ninguna fluctuación significativa en los asentamientos alrededor de los Llanos de Apan. Tlanalapa y Emiliano Zapata son casi homogéneos en su GMU, todos sus AGEBS urbanos tienen un GMU Medio. De manera diferente, ciudades más grandes como Tepeapulco / Ciudad Sahagún y Apan tienen áreas mucho más contrastadas, con GMU que van desde Baja, en áreas consolidadas de la ciudad, a Muy Alta, principalmente en las afueras. Almoloya presenta una mejora relativa en su GMU, pasando de Niveles Muy Alto y Alto en todos sus AGEB en el año 2000 a Tasas Altas y Medianas en el año 2010.

Estos indicadores nos muestran cómo las periferias de las ciudades más pequeñas son más propensas a estar en posiciones vulnerables, la marginación de las ciudades pequeñas es mayor que en muchas otras ciudades medianas y grandes y, en esa misma línea, las ciudades medianas son las que crecen más rápido.

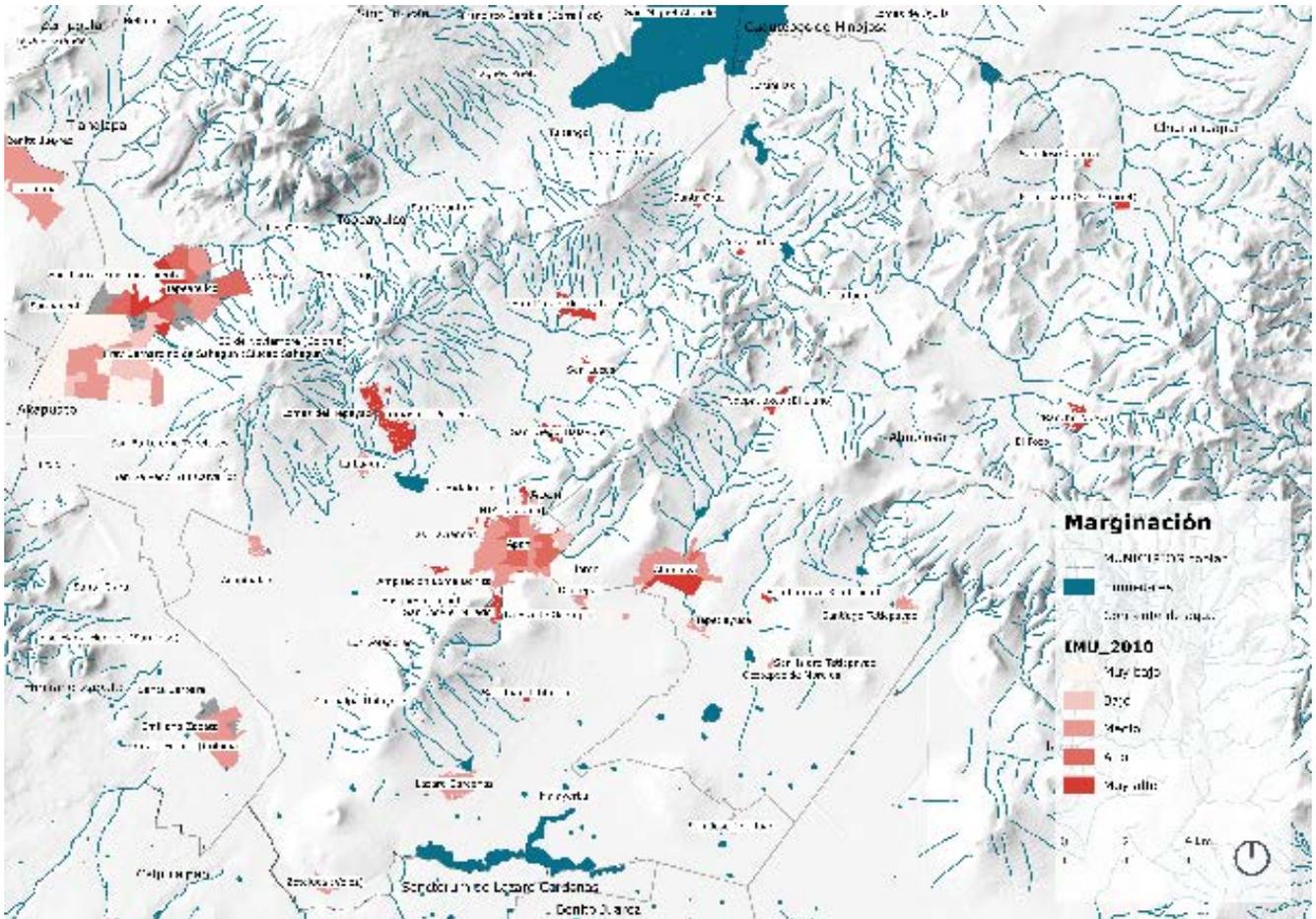
La Comisión Nacional de Evaluación del Desarrollo Social utiliza los datos del Censo Nacional de 2010 para calcular los niveles de pobreza en cuatro medidas diferentes: (1) Índice de Desigualdad Social (GINI) en adelante, (2) Incapacidad para comprar una canasta básica de alimentos, (3) Incapacidad para comprar una canasta básica de alimentos y pagar la educación y la salud, (4) Incapacidad para comprar una canasta básica de alimentos y pagar la educación, la salud, el transporte, el vestido y la vivienda. El índice GINI es una medida utilizada a nivel mundial para evaluar la desigualdad económica. Este índice se utiliza como “valor cero” cuando hay una distribución perfecta de la renta y “un valor”, cuando hay una desigualdad perfecta.

A nivel nacional, Pachuca, Apan y Tepeapulco son los únicos municipios, en esta investigación, que persistieron por encima del índice GINI promedio nacional de 1990 a 2010. Apan y Tepeapulco presentaron una leve mejoría en la desigualdad social, mientras que Pachuca, una ciudad más grande presentó un deterioro del índice de desigualdad. Tanto Almoloya como Emiliano Zapata están por debajo de los promedios a nivel nacional en desigualdad y ambos presentaron disminución en el índice GINI.

En términos de (1) Incapacidad para comprar una canasta básica de alimentos, todos los municipios estudiados están por encima del índice promedio estatal tanto en 2000 como en 2010. Sin embargo, Pachuca, Tepeapulco y Emiliano Zapata se desempeñan mucho mejor que Apan y Almoloya, aun cuando experimentaron una mejora de 1990 a 2010. Este patrón también es cierto en las dos siguientes mediciones (3) Incapacidad para comprar una canasta básica de alimentos y pagar la educación y la salud y (4) Incapacidad para comprar una canasta básica de alimentos y pagar la educación, salud, transporte, vestimenta y vivienda.

Cabe destacar que Tepeapulco es el único municipio con una mejora sostenida en estas tres tasas, todos los demás han sufrido altibajos. En términos de Desigualdad Social (Índice GINI) por municipio, Tepeapulco pasó de estar muy por encima del promedio estatal, en 1990 a estar ligeramente por debajo del 2010. Apan también presenta un detrimento en su desempeño de desigualdad, pero, junto con Pachuca, aún se encuentra por encima del promedio estatal. Tanto el índice GINI de Emiliano Zapata como el de Tepeapulco están por debajo del promedio estatal y presentaron un perjuicio de 1990 a 2010.

Estos indicadores nos muestran cómo las periferias de las ciudades más pequeñas son más propensas a estar en posiciones vulnerables, la marginación de las ciudades pequeñas es mayor que en muchas otras ciudades medianas y grandes y, en esa misma línea, las ciudades medianas son las que crecen más rápido.

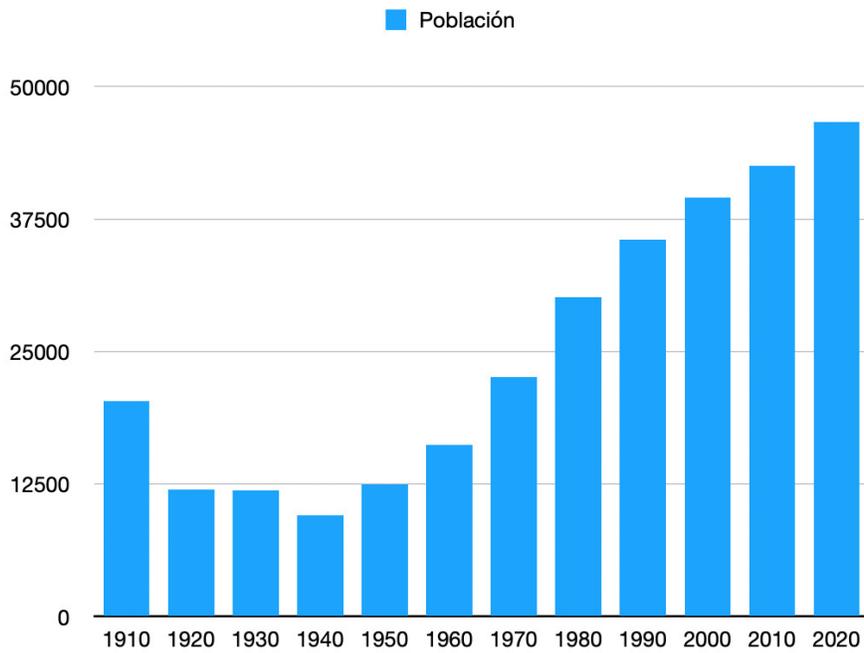


Muchas de estas poblaciones marginadas dependen todavía de la producción agrícola y ven sus ingresos directamente afectados por los efectos del cambio climático.

## 2 Cambios socioeconómicos y demográficos en la región

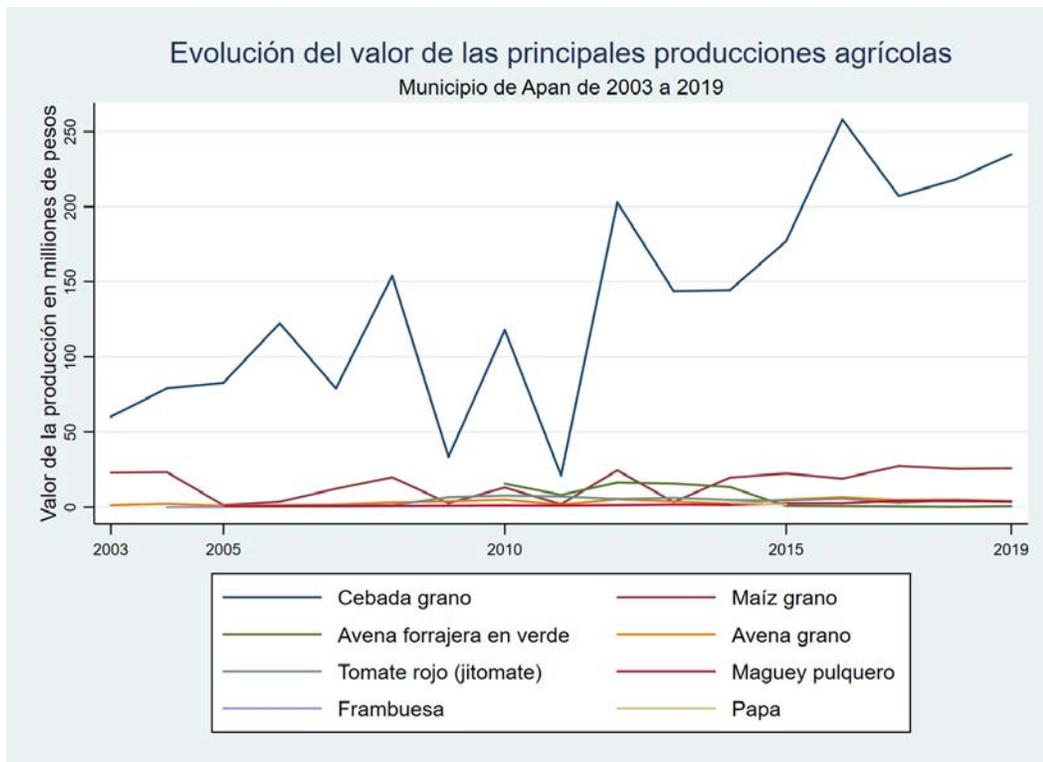
La población no solamente aumentó bastante en las últimas décadas pero también se transformó la manera de vivir en el territorio, con una urbanización del modo de vivir. Muchos de los habitantes de las comunidades migraron a las cabeceras municipales de Apan y Almoloya, mientras la conexión por redes de transporte y de comunicación alcanzó los pueblos más alejados.

En paralelo, hubo una terciarización de las actividades y un abandono de las actividades agrícolas. El relevo generacional en los ejidos es un problema muy preocupante ya que la mayoría de los ejidatarios tiene edades avanzadas y pocos tienen hijos que se quieren dedicar al campo.



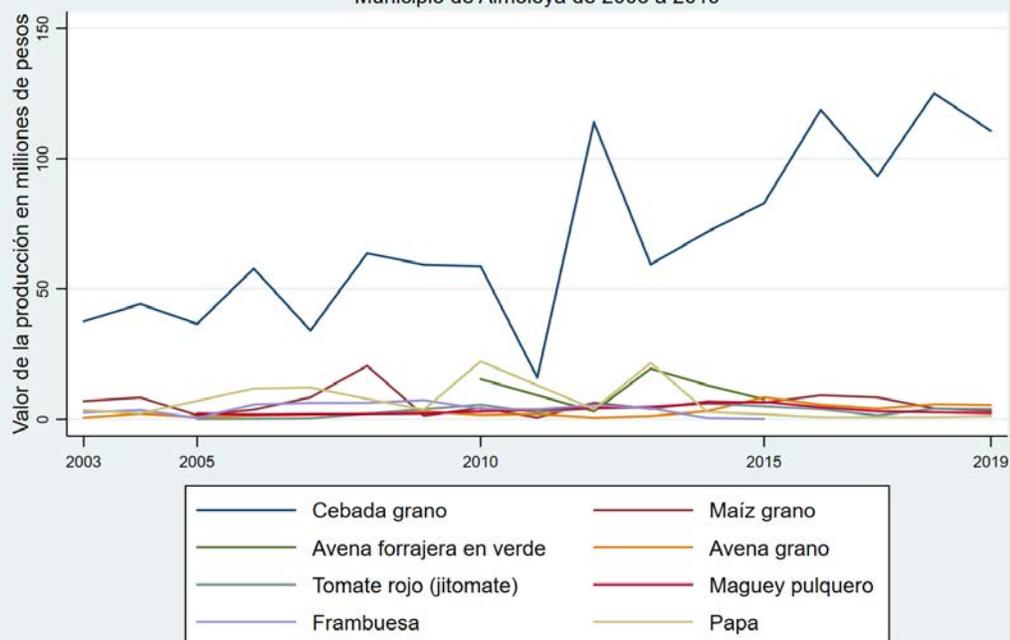
### 3. Una agricultura poco resiliente y vulnerabilidad de los productores

El principal cultivo en los municipios de Apan y Almoloya, tanto en valor como en volumen, es el grano de cebada para la producción de cerveza.



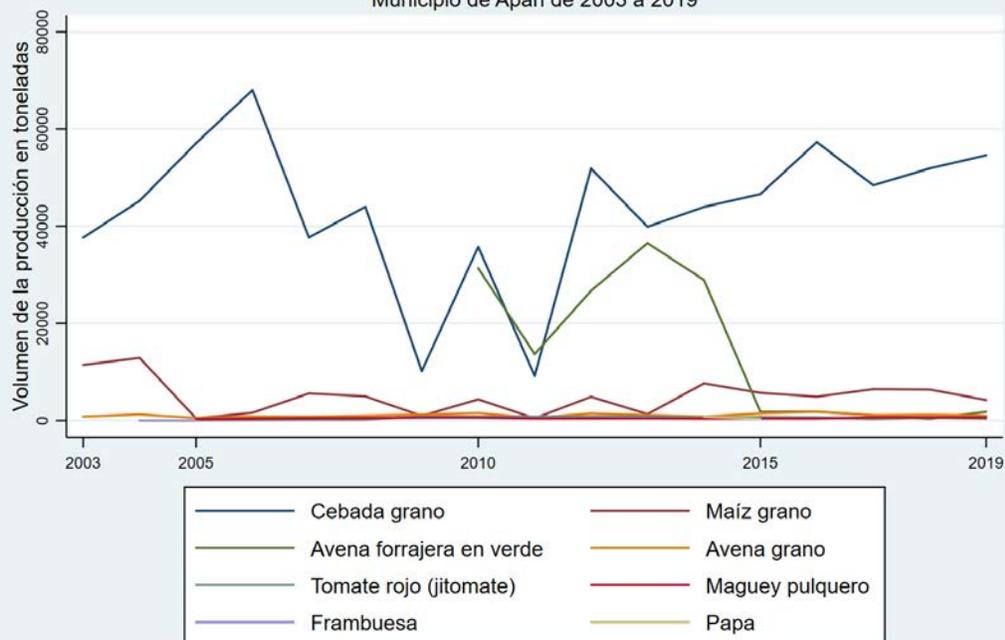
### Evolución del valor de las principales producciones agrícolas

Municipio de Almoloya de 2003 a 2019



### Evolución del volumen de las principales producciones agrícolas

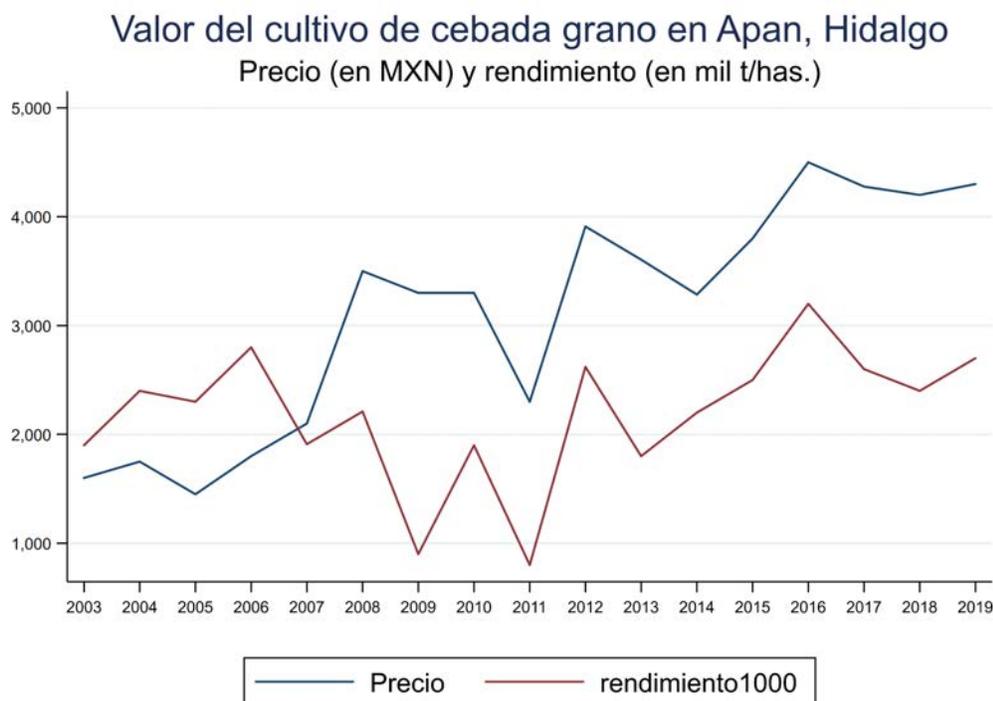
Municipio de Apan de 2003 a 2019



La predominancia del cultivo de la cebada conllevó al desarrollo de empresas intermediarias también llamadas comúnmente “acaparadores”.

La industria cervecera no negocia el precio con cada productor de cebada. Lo hace sin embargo con intermediarios<sup>77</sup> que disponen de la infraestructura para acopiar el grano y almacenarlo. Estas empresas han crecido en importancia y muchas también se dedican a la compra o renta de grandes superficies cultivables para la producción a escala de cebada.

El precio de la cebada refleja tendencias climáticas, ya que sigue las mismas tendencias que los volúmenes y rendimientos. Aunque el precio de la tonelada ha ido incrementando según los datos del Registro Agrario nacional, los costos de producción también han subido. Los productores de Apan y Almoloya reportan incrementos en los precios de los fertilizantes, pesticidas y plaguicidas así como de la gasolina que afectan a sus beneficios.



El modelo actual de producción agrícola es mayoritariamente temporal, lo que le hace particularmente vulnerable ante fenómenos de sequía. En la ausencia de riego, la falta de precipitación en los meses de desarrollo de los cultivos se traduce en pérdida de producción.

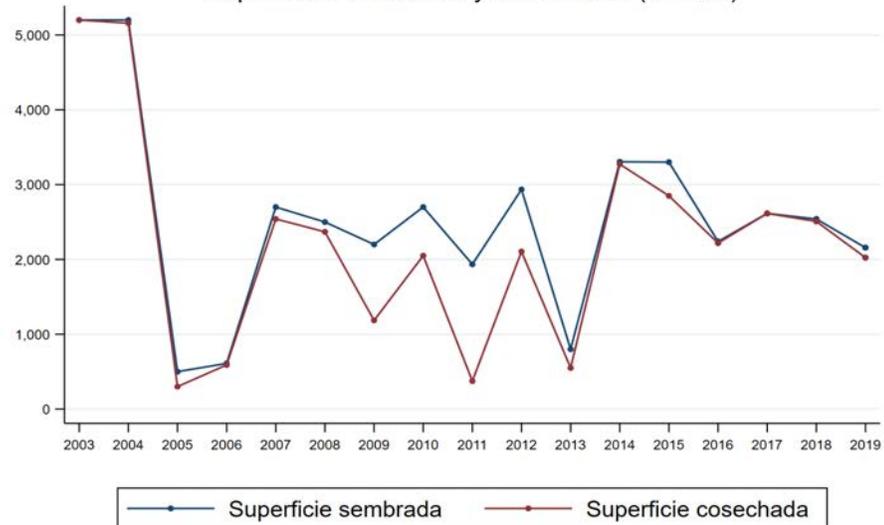
En las siguientes gráficas se observa la diferencia entre superficies sembradas y cosechadas de los principales cultivos. En años de sequía pronunciada como fue el caso de 2011 a 2012, se nota una diferencia importante entre las superficies que se sembraron y las que

<sup>77</sup> Federico Escamilla. (17 de febrero 2018). *Negociaran con Grupo Modelo costo de la cebada*. Newsweek edición en línea. Acceso en marzo 2021 en <https://newsweekespanol.com/2018/02/negociaran-con-grupo-modelo-costo-de-cebada/>

se cosecharon. Con el cambio climático, la vulnerabilidad del sistema productivo agrícola en Apan incrementará y con ella la vulnerabilidad de cadenas productivas agroalimentarias.

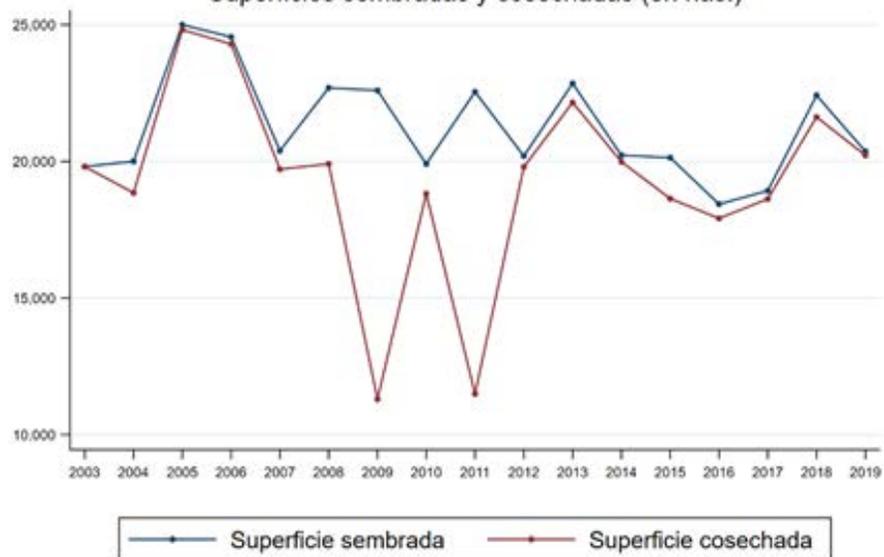
### Cultivo de Maíz grano en Apan, Hidalgo

Superficies sembradas y cosechadas (en has.)



### Cultivo de Cebada grano en Apan, Hidalgo

Superficies sembradas y cosechadas (en has.)



El conjunto de la marginación, el cambio socioeconómico profundo que se está operando y el modelo agrícola actual son los componentes sociales que incrementan la vulnerabilidad y la desigualdad con la cual partes de la población local, principalmente en comunidades agrícolas, se verán afectadas por el cambio climático.

## Conclusiones

Una de las primeras conclusiones a resaltar a lo largo del desarrollo del proyecto es el hecho mismo de la particularidad del trabajo de investigación realizado. Pese a la innegable evidencia de que el cambio climático está impactando de manera contundente el territorio mexicano apenas existen estrategias basadas en el concepto de conservación y restauración desde una visión de cuenca.

El porqué de esta situación se entiende desde el actual sistema de manejo territorial establecido en México, donde el soporte natural está totalmente desconectado de las actividades humanas que en él se realizan.

Esto se traduce en una serie de políticas públicas donde la economía, el desarrollo humano o el crecimiento urbano, inducen una explotación de territorio sin apenas regulaciones y muchas veces incluso sin entender las consecuencias de este manejo. De forma que por ejemplo, el abasto de agua a las poblaciones del país no está ligado a la conservación de las fuentes de este recurso, lo que finalmente termina por generar su abatimiento.

En este marco es posible identificar cómo las distintas dependencias que atienden la escala territorio en México no interactúan entre sí, limitando las posibilidades de una visión integral de manejo y planeación a escala territorio o cuenca.

En lo que respecta a nuestra zona de estudio, el trabajo realizado muestra en cuanto a transformación del territorio un patrón bien conocido en México y muchas veces repetido. Donde a partir del periodo colonial inicia un intenso proceso de transformación del territorio a fin de que en este se establezca un nuevo modelo económico que la colonia española demandaba.

Las diferencias en el modelo económico de los pueblos originarios y los europeos se manifestaron desde el inicio del proceso colonial, y tienen que ver con factores como la forma de organización social. Lo colectivo en el modelo de los nativos, lo individual en el modelo de los recién llegados, igualmente la demanda de riquezas desde la metrópoli europea impulsó la explotación inmediata y constante de los territorios americanos y quiénes lo habitaron.

La transformación de los más de 300 km<sup>2</sup> de lagos de la cuenca cerrada de Apan cómo se le conoció por mucho tiempo en suelos explotables es un ejemplo de esta realidad. La necesidad de fundar haciendas y pueblos donde la élite española pudiera obtener riquezas dio origen a estos profundos cambios. Mismo patrón se observa en el desecamiento del sistema lacustre que ocupó la ciudad de México aunque de forma más acelerada y mejor documentada.

La cercanía y a la vez la posición geográfica de esta región por un lado le minimizó el impacto por otro lado retrasó su destrucción en términos ambientales hasta mediados del SXX. No es sino, el proceso modernizador del país el que termina por casi desaparecer el pasado lacustre del altiplano hidalguense en la búsqueda de un modelo agrícola de alta productividad que persiste hasta el día de hoy y que en términos generales ha fracasado.



En la actualidad luego del análisis realizado en los ejes que nos hemos propuesto entender agua, suelo y biodiversidad podemos identificar un elevado deterioro ambiental de territorio que lo empuja a un proceso de desertificación acelerado.

Los principales facturas que empujan este deterioro tienen que ver con la destrucción de los ecosistemas y la explotación agrícola de escala industrial enfocada en la producción de cebada maltera.

Este modelo altamente agresivo con el territorio demanda suelos planos y extensos, promoviendo la desaparición de la capa natural preexistente. Incluso el de la infraestructura agrícola tradicional como los bordes agrícolas o cercas vegetales mecanismos que permiten la contención de suelos y la captura de humedad, así como la consolidación de la biodiversidad.

El segundo factor que está afectando decisivamente el territorio en la actualidad es el cambio de uso de suelo resultado de la pérdida de valor de los suelos agrícolas. Esta desvalorización ha generado un mercado de parcelas ejidales muy activo que bajo el cobijo de la reforma a la ley del ejido de 1994 en pleno periodo neoliberal, ha generado concentración de suelo en pocas manos y un crecimiento urbano desorganizado.

A medida que la mancha urbana se expande las amenazas a los ecosistemas naturales y sus habitantes se hacen mayores. Esto explica la expansión de la mancha urbana, pero también fenómenos como la reducción de los suelos forestales, la multiplicación de incendios y la contaminación de las aguas superficiales que sea han convertido en drenajes a cielo abierto sin ningún tipo de tratamiento o responsabilidad.

Finalmente el efecto del cambio climático en la región está cumpliendo y superando las previsiones hechas para la región y el país. Al día de hoy la temperatura media se ha incrementado en más de un grado en los últimos años y los patrones de lluvia presentan alteraciones incompatibles con la actividad agrícola y de alto riesgo para las zonas habitadas.

Así vemos cómo los incendios forestales se multiplican, la biodiversidad desaparece y el rendimiento agrícola disminuye y con esto una forma de habitar y entender el territorio que había prevalecido por generaciones. Lo que nos lleva a una reflexión de cómo debemos adaptar este territorio y sus habitantes ante los cambios que este reto implica.

En base a este conocimiento adquirido se hace evidente la urgencia de armar una estrategia que ayude a mitigar los fenómenos mencionados y adapte el territorio para la nueva realidad emergente. El proceso de adaptación al cambio climático como sus efectos debe ser multidimensional, es decir, requiere el concierto de un gran número de actores y la realización de acciones orientadas a su combate desde distintas trincheras.

En la actualidad en la región sin duda lo más importante es detener los procesos de degradación inducidos que han venido sucediendo por generaciones y que terminan por degradar el ecosistema y por lo tanto afectando a las poblaciones que lo habitan, sean cual sean. Pero para poder interrumpir estos procesos destructivos es necesario también la transformación de las economías, la educación ambiental y cambios urgentes en el modelo de políticas públicas.