

# PROGRAMA SECTORIAL DE INFRAESTRUCTURA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA EN LA ZONA METROPOLITANA DE CUERNAVACA

## Planeación y desarrollo del Sistema de Información Geográfica

---

**Informe final (Octubre 2021)**

### **Equipo de trabajo:**

Héctor Sanvicente Sánchez  
Yolanda Solís Alvarado  
Susana Ortega López  
Jorge Salgado Rabadán

**SECRETARÍA DE DESARROLLO  
SUSTENTABLE**

DIRECCIÓN GENERAL DE  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

**INSTITUTO MEXICANO DE  
TECNOLOGÍA DEL AGUA**

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA



## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	Área de estudio.....	2
1.2	Objetivos del proyecto .....	3
<b>2</b>	<b>CREACIÓN DEL SIG ZONA METROPOLITANA DE CUERNAVACA (SIG ZMC v 1.0) .....</b>	<b>4</b>
2.1	Requerimientos funcionales del hardware y software del SIG.....	4
2.2	Modelo conceptual del SIG ZMC v 1.0.....	5
2.2.1	Información requerida.....	8
2.2.2	Banco de datos incorporado al SIG ZMC v 1.0.....	8
2.2.3	Esquema general y arquitectura del software del SIG ZMC v 1.0 .....	14
2.3	Interfaz general del SIG ZMC v 1.0.....	17
2.4	Descripción de módulos del SIG ZMC v 1.0.....	32
2.4.1	Módulo Contexto .....	32
2.4.2	Módulo Agua potable.....	49
2.4.3	Módulo Saneamiento.....	61
2.4.4	Módulo Agua pluvial .....	76
2.4.5	Módulo Agua para la agricultura .....	95
2.4.6	Módulo Calidad ambiental .....	102
2.4.7	Módulo Caracterización social .....	120
2.4.8	Módulo Indicadores IGSH.....	130
2.5	Descargas .....	135
2.5.1	Descripción de archivos shape (shp).....	135
2.5.2	Descripción de archivos Lenguaje de marcado de keyhol (kml/kmz) .....	137
2.5.3	Descripción de archivos de metadato (pdf).....	137
2.5.4	Listado del banco de datos por tema (shp, kml/kmz y pdf) del SIG ZM)....	140
2.6	Elaboración de manual de usuario y manual técnico. ....	148
2.6.1	Manual de usuario .....	148
2.6.2	Manual técnico (administración/actualización) .....	149

<b>3</b>	<b>TRANSFERENCIA DEL SIG ZMC v1.0.....</b>	<b>151</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>154</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS Y/O FUENTES DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>155</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>161</b>

Anexo A: Banco de datos con metadatos.

Anexo B: Manual de usuario del *SIG ZMC v1.0*

Anexo C: Manual técnico (administración/actualización) del *SIG ZMC v1.0*

Anexo D: Código HTML fuente para creación de tabla de descargas del *SIG ZMC v1.0*

Anexo E: Logotipos usados en el *SIG ZMC v1.0*

Anexo F: Programa del curso de transferencia del *SIG ZMC v1.0* y capacitación en AOL

## Índice de figuras

Figura 1.1 Esquema general del SIG ZMC v 1.0.....	3
Figura 2.1 Pantalla de presentación del SIG ZMC v 1.0.....	5
Figura 2.2 Modelo conceptual del SIG ZMC v1.0.....	6
Figura 2.3 Esquema general del SIG ZMC v 1.0.....	14
Figura 2.4 Arquitectura del SIG ZMC v 1.0 .....	15
Figura 2.5 Arquitectura por capas del SIG ZMC v 1.0.....	16
Figura 2.6 Interfaz de usuario del Sistema de Información Geográfica, mostrando las tres áreas que la integran .....	17
Figura 2.7 Interfaz de usuario del SIG mostrando la parte baja del tablero de Presentación del SIG Zona metropolitana de Cuernavaca .....	18
Figura 2.8 Interfaz de usuario del SIG. Vista general de herramientas interactivas.....	19
Figura 2.9 Editor avanzado de mapas (beta) de ArcGis Online.....	20
Figura 2.10 Editor avanzado de mapas (clásico) de ArcGis Online.....	20
Figura 2.11 Principales elementos de las herramientas de un visor de mapa interactivo .	21
Figura 2.12 Herramientas de los dos visores básicos interactivos que posee el SIG-ZMC v1.0.....	22
Figura 2.13 Herramienta de Leyenda.....	23
Figura 2.14 Herramienta de Capas .....	24
Figura 2.15 Herramienta de Galería de mapa base .....	24
Figura 2.16 Herramienta de Medir .....	24
Figura 2.17 Herramienta de Compartir.....	25
Figura 2.18 Herramienta de Imprimir .....	25
Figura 2.19 Impresión de un mapa a través del Sistema de Información Geográfica .....	26
Figura 2.20 Herramienta de búsqueda de lugares .....	26
Figura 2.21 Herramienta de comparar .....	27
Figura 2.22 Herramienta de comparar .....	28
Figura 2.23 Operaciones desde la caja de diálogo de la herramienta Capas y del menú emergente .....	29
Figura 2.24 Herramientas del visor de portafolio.....	30
Figura 2.25 Estructura del módulo de contexto .....	32

Figura 2.26 Límite estatal .....	33
Figura 2.27 Límites municipales (INEGI).....	34
Figura 2.28 Campos mostrados en el SIG ZMC para Límites municipales (INEGI).....	35
Figura 2.29 Zona metropolitana de Cuernavaca (municipios de INEGI).....	36
Figura 2.30 Límites de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano. ....	37
Figura 2.31 Campos del tema Límites de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano. .....	37
Figura 2.32 Subcuenca del Río Apatlaco. ....	38
Figura 2.33 Campos del tema Subcuenca del Río Apatlaco. ....	39
Figura 2.34 Ríos principales. ....	40
Figura 2.35 Límites de localidades.....	41
Figura 2.36 Campos activos en el menú emergente de Límites de localidades. ....	41
Figura 2.37 Localidades rurales. ....	42
Figura 2.38 Campos activos en el menú emergente de Localidades rurales.....	43
Figura 2.39 Área Geoestadística Básica (urbana).....	44
Figura 2.40 Campos mostrados para el tema Área Geoestadística Básica (urbana).....	44
Figura 2.41 Área Geoestadística Básica (rural).....	45
Figura 2.42 Campos mostrados para el tema Área Geoestadística Básica (rural). ....	46
Figura 2.43 Códigos postales. ....	46
Figura 2.44 Menú emergente para Códigos postales.....	47
Figura 2.45 Red de carreteras. ....	48
Figura 2.46 Estructura del módulo de agua potable .....	49
Figura 2.47 Plantas potabilizadoras .....	50
Figura 2.48 Campos seleccionados de plantas potabilizadoras .....	50
Figura 2.49 Cobertura de agua potable y saneamiento.....	51
Figura 2.50 Campos seleccionados de la cobertura de agua potable y saneamiento. ....	51
Figura 2.51 Eficiencia de cloración .....	52
Figura 2.52 Campos seleccionados de la eficiencia en cloración.....	52
Figura 2.53 Concesiones superficiales .....	53
Figura 2.54 Concesiones subterráneas .....	53
Figura 2.55 Campos seleccionados de las concesiones de agua subterránea .....	54

Figura 2.56 Acuíferos de la Zona Metropolitana de Cuernavaca.....	54
Figura 2.57 Campos seleccionados de los acuíferos de la ZMC .....	55
Figura 2.58 Obras de captación de agua subterránea .....	55
Figura 2.59 Campos seleccionados de las obras de captación de agua subterránea .....	56
Figura 2.60 Manantiales .....	56
Figura 2.61 Campos seleccionados de los manantiales.....	57
Figura 2.62 Presas .....	57
Figura 2.63 Campos seleccionados de presas.....	58
Figura 2.64 Acueductos .....	58
Figura 2.65 Campos seleccionados de acueductos .....	59
Figura 2.66 Estanques.....	59
Figura 2.67 Campos seleccionados para estanques.....	60
Figura 2.68 Cuerpos de agua .....	60
Figura 2.69 Campos seleccionados para cuerpos de agua.....	61
Figura 2.70 Estructura del módulo de Saneamiento.....	61
Figura 2.71 Plantas de tratamiento de agua residual–inventario.....	62
Figura 2.72 Campos de Plantas de tratamiento de agua residual–inventario.....	63
Figura 2.73 Descargas de aguas residuales: público urbano, industriales, uso doméstico y servicios.....	64
Figura 2.74 Campos de Descargas de aguas residuales mostrados en el SIG ZMC .....	64
Figura 2.75 Problemas de ubicación en los sitios de descargas de aguas residuales.....	65
Figura 2.76 Evolución de Plantas de tratamiento de aguas residuales (2005 – 2019).....	66
Figura 2.77 Campos de las Plantas de tratamiento de aguas residuales .....	66
Figura 2.78 Comparación entre capas de Plantas de tratamiento de agua residual.....	67
Figura 2.79 Relleno sanitario de Cuautla .....	68
Figura 2.80 Infraestructura de depósito y manejo de residuos .....	69
Figura 2.81 Campos de Infraestructura de depósito y manejo de residuos .....	70
Figura 2.82 Rutas de recolección.....	70
Figura 2.83 Campos de Rutas de recolección.....	71
Figura 2.84 Producción de residuos por municipio.....	72
Figura 2.85 Campos de Producción de residuos por municipio.....	73

Figura 2.86 Acceso restringido a Tomas y descargas clandestinas en canales de riego .	74
Figura 2.87 Campos y leyenda de Tomas irregulares en canales de riego .....	75
Figura 2.88 Campos y leyenda de descargas clandestinas en canales de riego.....	76
Figura 2.89 Estructura del módulo de Agua pluvial .....	76
Figura 2.90 Presas .....	77
Figura 2.91 Campos activados en el menú emergente para el tema Presas.....	78
Figura 2.92 Estaciones hidrométricas .....	79
Figura 2.93 Campos activados en el menú emergente para las estaciones hidrométricas	79
Figura 2.94 Estaciones meteorológicas automáticas (EMAS) .....	80
Figura 2.95 Campos activados para las Estaciones meteorológicas automáticas (EMAS) .....	81
Figura 2.96 Estaciones climatológicas convencionales.....	82
Figura 2.97 Campos activados en el menú emergente para las Estaciones climatológicas convencionales mostrando el acceso a la información tabular.....	82
Figura 2.98 Estaciones climatológicas (valores medios anuales).....	83
Figura 2.99 Campos activados para las Estaciones climatológicas (valores medios anuales) .....	84
Figura 2.100 Red de corrientes.....	85
Figura 2.101 Campos activados para la Red de corrientes.....	85
Figura 2.102 Cuenca del Río Amacuzac.....	86
Figura 2.103 Campos activados para la Cuenca del Río Amacuzac.....	87
Figura 2.104 Límites de acuíferos.....	88
Figura 2.105 Campos activados para los Límites de acuíferos .....	88
Figura 2.106 Tema Precipitación [mm] (Isoyetas) y sus campos activados.....	89
Figura 2.107 Tema Evaporación [mm] (Isolíneas) y sus campos activados .....	91
Figura 2.108 Tema Temperatura promedio [°C] (Isotermas) y sus campos activados.....	92
Figura 2.109 Tema Temperatura máxima [°C] (Isotermas) y sus campos activados.....	93
Figura 2.110 Tema Temperatura mínima [°C] (Isotermas) y sus campos activados.....	94
Figura 2.111. Estructura del módulo Agua para la Agricultura .....	95
Figura 2.112. Límite del DR 016 en la ZMC .....	96
Figura 2.113. Cultivos del Distrito de Riego 016 .....	97

Figura 2.114. Parcelamiento del Distrito de Riego 016 .....	97
Figura 2.115. Unidad de Riego de la ZMC .....	98
Figura 2.116. Evolución de los cultivos básicos (2013-2020) .....	99
Figura 2.117. Cultivos del ciclo Primavera - Verano.....	99
Figura 2.118. Cultivos del ciclo Otoño - invierno .....	100
Figura 2.119. Infraestructura en la zona agrícola de riego del D.R. 016.....	100
Figura 2.120. Estructura del módulo de calidad ambiental .....	102
Figura 2.121. Estaciones de monitoreo de Agua superficial.....	103
Figura 2.122. Campos de las Estaciones de monitoreo de Agua superficial .....	104
Figura 2.123. Estaciones de monitoreo de Agua subterránea.....	105
Figura 2.124. Campos de las Estaciones de monitoreo de Agua subterránea .....	106
Figura 2.125. Clasificación de la calidad del agua (índice de Canadá) .....	107
Figura 2.126. Campos del tema Clasificación de la calidad del agua (índice de Canadá) .....	107
Figura 2.127. Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro (LFD) .	108
Figura 2.128. Comportamiento del parámetro oxígeno disuelto (OD) a lo largo del Río Apatlaco.....	110
Figura 2.129. Unidades de clima.....	111
Figura 2.130. Precipitación (mm) Isoyetas .....	111
Figura 2.131. Temperatura promedio (°c) isotermas .....	112
Figura 2.132. Curvas de nivel cada 100 m.....	113
Figura 2.133. Fisiografía .....	113
Figura 2.134. Topoformas.....	114
Figura 2.135. Geología de la ZMC .....	114
Figura 2.136, Unidades de suelo .....	115
Figura 2.137. Ecosistemas.....	116
Figura 2.138. Regiones ecológicas .....	116
Figura 2.139. Áreas Naturales Protegidas .....	117
Figura 2.140. Uso de suelo y vegetación (1992 y 2016) .....	118
Figura 2.141. Uso de suelo y vegetación 2016 .....	118
Figura 2.142. Uso de suelo y vegetación 2013 (sin agricultura) .....	119

Figura 2.143 Estructura del módulo de Caracterización social.....	120
Figura 2.144 Campos seleccionados para población 2020. ....	121
Figura 2.145 Campos seleccionados para vivienda 2020 por municipio. ....	121
Figura 2.146 Campos seleccionados para vivienda: servicios de agua 2020 por municipio. .....	122
Figura 2.147 Campos seleccionados para vivienda: servicios de drenaje 2020 por municipio. .....	122
Figura 2.148 Campos seleccionados para población y vivienda 2010 y 2015 por municipio. .....	123
Figura 2.149 Archivo CSV con la información del ITER2020 para AGEB's urbanas. ....	124
Figura 2.150 Ejemplo de inhabilitación de capas nivel AGEB cuando el nivel de zoom a las AGEB urbanas no es el adecuado.....	126
Figura 2.151 Campos seleccionados para población 2020 por AGEB urbana. ....	127
Figura 2.152 Campos seleccionados para vivienda 2020 por AGEB urbana. ....	127
Figura 2.153 Campos seleccionados para vivienda: servicios de agua 2020 por AGEB urbana. ....	128
Figura 2.154 Campos seleccionados para vivienda: servicios de drenaje 2020 por AGEB urbana. ....	128
Figura 2.155 Capas de AGEB urbanas de polígonos y de puntos generadas para la caracterización social.....	129
Figura 2.156 Estructura del módulo Indicadores IGSH .....	130
Figura 2.157 Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) .....	131
Figura 2.158 Indicadores, criterios y ponderaciones para la estimación del IGSH – tablero Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) .....	131
Figura 2.159 Valores del IGSH y clasificación de la seguridad hídrica en los municipios de la ZMC - tablero Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) .....	132
Figura 2.160 Seguimiento de indicadores – IGSH. Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021 .....	133
Figura 2.161 Campos del Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021 .....	134
Figura 2.162 Ejemplo de Tabla de descargas de capas geográficas .....	135
Figura 2.163 Representación de entidades geográficas en formato shape .....	135
Figura 2.164 Ejemplo de extensiones de archivos que integran el formato shape .....	136
Figura 2.165 Ejemplo 1 de 2 de archivo de metadato en formato PDF. ....	138
Figura 2.166 Ejemplo 2 de 2 de archivo de metadato en formato PDF. ....	139

Figura 2.167 Ejemplo de publicación en línea del manual del usuario, su lectura en explorador de internet y su descarga..... 148

Figura 2.168 Ejemplo del manual técnico del *SIG ZMC v 1.0*. ..... 149

Figura 2.169 Opciones Mapa editable Beta y Mapa editable clásico existente tanto en el SEIARN como en el *SIG ZMC v 1.0*..... 150

Figura 3.1 Precios para desarrolladores en ArcGIS Online, estableciendo 50 créditos gratis. .... 151

Figura 3.2 Consumo de créditos mensuales por almacenaje de capas en ArcGis Online. .... 152

Figura 3.3 Cuentas de correo electrónico y de ArcGIS Online gratuitas, creadas para desarrollar y publicar el *SIG ZMC v1.0*..... 153

## Índice de tablas

Tabla 2.1 Variables del ITER2020 AGEB's urbanas para realizar la caracterización social. .....	125
Tabla 2.2 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Contexto y sus temas o capas.....	140
Tabla 2.3 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Agua Potable y sus temas o capas .....	141
Tabla 2.4 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Saneamiento y sus temas o capas .....	142
Tabla 2.5 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Agua Pluvial y sus temas o capas.....	143
Tabla 2.6 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Agua para la agricultura y sus temas o capas .....	144
Tabla 2.7 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Calidad ambiental y sus temas o capas .....	146
Tabla 2.8 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Caracterización social y sus temas o capas.....	147

## 1 INTRODUCCIÓN

En 2007, el “Plan estratégico para la recuperación ambiental de la cuenca del río Apatlaco. integró acciones que sirvieron de base para el mejoramiento de los servicios hídricos en la cuenca, sin embargo los problemas principales identificados en la mayoría de los casos se han seguido agudizando, sobre todo por: una fuerte contaminación por efecto de la descarga de aguas residuales sin tratamiento, tanto urbanas, industriales como agrícolas, así como de desechos sólidos en cauces y barrancas; el azolvamiento y pérdida de suelo fértil derivado de la deforestación y de malas prácticas agrícolas y ganaderas en la zona alta de la cuenca; un crecimiento urbano desordenado, al igual que en zonas marginadas tanto rurales como periurbanas; y un alto deterioro de la calidad del agua y por tanto de su disponibilidad en la cuenca.

Entre los factores que han provocado esta situación se encuentran, por un lado, las deficiencias en el desarrollo e implementación de planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, así como de planes ambientales y específicamente hídricos; y, por otro lado, la insuficiencia de capacidades para la implantación de acciones de solución y su seguimiento de manera coordinada entre las diversas instituciones vinculadas en los tres niveles de gobierno, especialmente en los municipios de la cuenca.

Por lo anterior, se requieren instrumentos de planeación y de apoyo en la toma de decisiones, para hacer una gestión integrada del agua en la cuenca, y orientar la instrumentación y seguimiento de acciones de manera interinstitucional y multisectorial. Principalmente a través de los municipios, ya que la seguridad hídrica depende en buena medida de su desempeño y de su capital humano. Con sus facultades pueden influir en indicadores con los que la ONU monitorea las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODSs), particularmente los relacionados con la gestión del recurso hídrico. En el Índice de Capacidades Funcionales Municipales (ICFM) estas entidades muestran facultades suficientes, pero no tienen el respaldo presupuestal ni los mecanismos de rendición de cuentas necesarios, por lo que no tienen muchos incentivos para incrementar sus ingresos propios y mejorar por ejemplo la operación de plantas de tratamiento.

En este contexto la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Morelos (SDS) solicitó los servicios del IMTA para llevar a cabo un proyecto que permita establecer el “Programa Sectorial de Infraestructura para la Gestión Integral del Agua en la Zona Metropolitana de Cuernavaca” (Pro-Si\_Agua) a través de un ejercicio de planificación participativa, con un enfoque de integralidad que permita lograr el trabajo conjunto interinstitucional para actualizar los problemas prioritarios y las acciones de solución que deben programarse y ejecutarse, mediante un proceso con la mayor participación posible de todos los actores involucrados, haciendo énfasis en los procedimientos de implementación y seguimiento de las acciones; y de esta manera incidir en una gestión integrada del agua y el territorio en la Cuenca del Río Apatlaco, que a su vez coadyuve en la prevención y atención de los conflictos por el agua en los ocho municipios de la zona metropolitana de Cuernavaca.

Entre los instrumentos que el Pro-Si-Agua consideró fue el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para la Zona Metropolitana de Cuernavaca (SIG ZMC), que apoye la toma de decisiones de los ocho municipios que la integran.

El presente documento reporta el desarrollo de este instrumento, su estructura, la información que lo alimenta, su interfaz de consulta y su administración que le permitirá ser

un instrumento dinámico para el seguimiento de acciones y gestión integral del recurso agua, en la medida en que su base de información se mantenga actualizada ya sea con nueva información o con la información cambiante en la ZMC.

El SIG ZMC se desarrolló con un enfoque de gestión integrada del agua y manejo de cuencas, al considerar por un lado los ejes del desarrollo sostenible (social, ambiental y económico) y por otro lado la subcuenca del Río Apatlaco y el recurso hídrico como el bien principal.

El enfoque de gestión integrada del agua se aprecia en el hecho de que el SIG ZMC posee cinco módulos temáticos hacia la gestión del agua (dos principalmente sociales, dos principalmente ambientales y uno principalmente económico) más un módulo de seguimiento de indicadores de seguridad hídrica, complementados con un módulo de contexto y un módulo de caracterización social.

Los cinco módulos orientados hacia la gestión del agua son:

- Módulo Agua Potable (agua hacia la población y la satisfacción del derecho humano al agua, eje social)
- Saneamiento (limpieza y reúso del recurso, agua para las generaciones futuras y el medio ambiente, eje social)
- Agua pluvial (disponibilidad natural del agua, agua renovable y climatología, eje ambiental)
- Agua para la agricultura (agua para la producción de alimentos y subsistencia de la población, eje económico)
- Calidad ambiental (medio ambiente, eje ambiental)

El SIG ZMC cuenta con un módulo específico para hacer el seguimiento de los indicadores integrados dentro del Índice Global de Seguridad Hídrica, el cual se estima a partir de ocho indicadores tres de disponibilidad del agua, dos de cobertura, uno de calidad, uno de seguridad a fenómenos extremos y uno final de gobernanza.

El SIG ZMC es un sistema alojado en la nube computacional, por lo que puede ser consultado vía internet desde los navegadores principales que utilizan las plataformas actuales, computadoras de escritorio, laptop, tabletas y teléfonos inteligentes, esto le permite ser el soporte de apoyo a la toma de decisiones de las autoridades en cualquier momento.

## **1.1 Área de estudio**

En coordinación con el personal de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos, se definió la zona de estudio, en la que se consideran los ocho municipios que conforma la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) (Figura 1.1).

1. Huitzilac
2. Tepoztlán
3. Cuernavaca
4. Jiutepec
5. Temixco
6. Emiliano Zapata

7. Xochitepec
8. Tlaltizapán de Zapata

Cabe señalar que el Programa Sectorial de Infraestructura para la Gestión Integral del Agua en la Zona Metropolitana de Cuernavaca tendrá un enfoque de manejo de cuenca por lo que para los temas hidrológicos se considerará la cuenca del río Apatlaco.

Figura 1.1 Esquema general del SIG ZMC v 1.0



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI y POEREM

## 1.2 Objetivos del proyecto

- Elaborar un programa interinstitucional y multisectorial de acciones prioritarias para la gestión integrada del agua en la cuenca del Río Apatlaco, en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC), para avanzar en el cumplimiento de los Derechos Humanos asociados al agua y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 11 de seguridad hídrica.
- Elaborar un sistema de información geográfica que permita la consulta y seguimiento de las acciones del programa interinstitucional, considerando un modelo dinámico de gestión integrada del agua e indicadores de seguridad hídrica, para apoyar la toma de decisiones de los ocho municipios de la zona metropolitana de Cuernavaca, Morelos.

## 2 CREACIÓN DEL SIG ZONA METROPOLITANA DE CUERNAVACA (*SIG ZMC v 1.0*)

En el presente capítulo se habla tanto de la recolección y construcción del banco de datos (colección estandarizada de la información) que alimenta el *SIG ZMC v 1.0*, como de la manera en que se construyeron los mapas que publica el *SIG ZMC v 1.0* en cada uno de los módulos que lo componen.

A lo largo del análisis de la información para establecer el *SIG ZMC v 1.0*, se encontró que los datos espaciales, estaban en diferentes sistemas geográficos, datums y proyecciones. Los principales sistemas en los que se encontró la información son:

- GCS\_ITRF\_1992, D\_ITRF\_1992, CCL\_ITRF\_1992
- GCS\_WGS\_1984, D\_WGS\_1984, Lambert\_Conformal\_Conic
- GCS\_GRS\_1980, D\_GRS\_1980, CCL
- GCS\_ITRF\_2008, D\_ITRF\_2008, MEXICO\_ITRF\_2008\_LCC
- GCS\_ITRF\_1992, D\_ITRF\_1992, UTM14N\_ITRF\_1992
- GCS\_WGS\_1984, D\_WGS\_1984, D\_WGS\_1984\_UTM\_14N
- GCS\_GRS\_1980, D\_GRS\_1980, UTM14N
- GCS\_ITRF\_2008, D\_ITRF\_2008, MEXICO\_ITRF\_2008\_UTM14N

Lo más común era que las capas estaban proyectadas en Cónica Conforme de Lambert, para datos cuya fuente era el nivel nacional (aunque varias capas estaban en coordenadas geográficas de Latitud y longitud) y en Universal Transversa Mercator (UTM) para datos más locales.

Todas las capas geográficas colectadas se reproyectaron al datum ITRF\_2008 época 2010 que es el datum oficial para México desde hace algunos años. Así como a encontrarse con el sistema de proyección Universal Transversal Mercator (UTM) que es más preciso para cartografía local y regional cuando no se atraviesan franjas UTM, como es el caso del estado de Morelos.

El sistema de proyección al que se homogeneizó la información es:

- GCS\_ITRF\_2008, D\_ITRF\_2008, MEXICO\_ITRF\_2008\_UTM14N

Las escalas en las que se encontró la información varió de 1:1,000,000 a 1:50,000. Se dio preferencia a aquella información que tenía la escala más grande (1:50,000).

### 2.1 Requerimientos funcionales del hardware y software del SIG

El *Sistema de Información Geográfica de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (SIG ZMC v 1.0)* funciona en navegadores comunes como Chrome, Edge, Internet Explorer. A pesar de haber sido desarrollada dentro de ArcGIS Online, el usuario sólo necesita tener un navegador de internet y un mínimo de 2 GB de memoria RAM. La dirección del sitio web es: <https://sdzkgshnwdsdurcz.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=65f9ab887fcd495d9651d97fc1c13213>. No hay requerimientos de instalación adicionales, más que

sólo escribir la dirección de la aplicación. En la Figura 2.1 se observa la pantalla de presentación del *SIG ZMC v 1.0*.

Figura 2.1 Pantalla de presentación del *SIG ZMC v 1.0*.



## 2.2 Modelo conceptual del *SIG ZMC v 1.0*

En el presente capítulo se describirán los módulos que integran el Sistema de Información Geográfica de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (*SIG ZMC v1.0*). Primero, se mostrará el modelo conceptual del sistema (ver Figura 2.2), para tener un panorama general de la potencialidad del *SIG ZMC v1.0*. Después, se describirá la información requerida por el sistema.

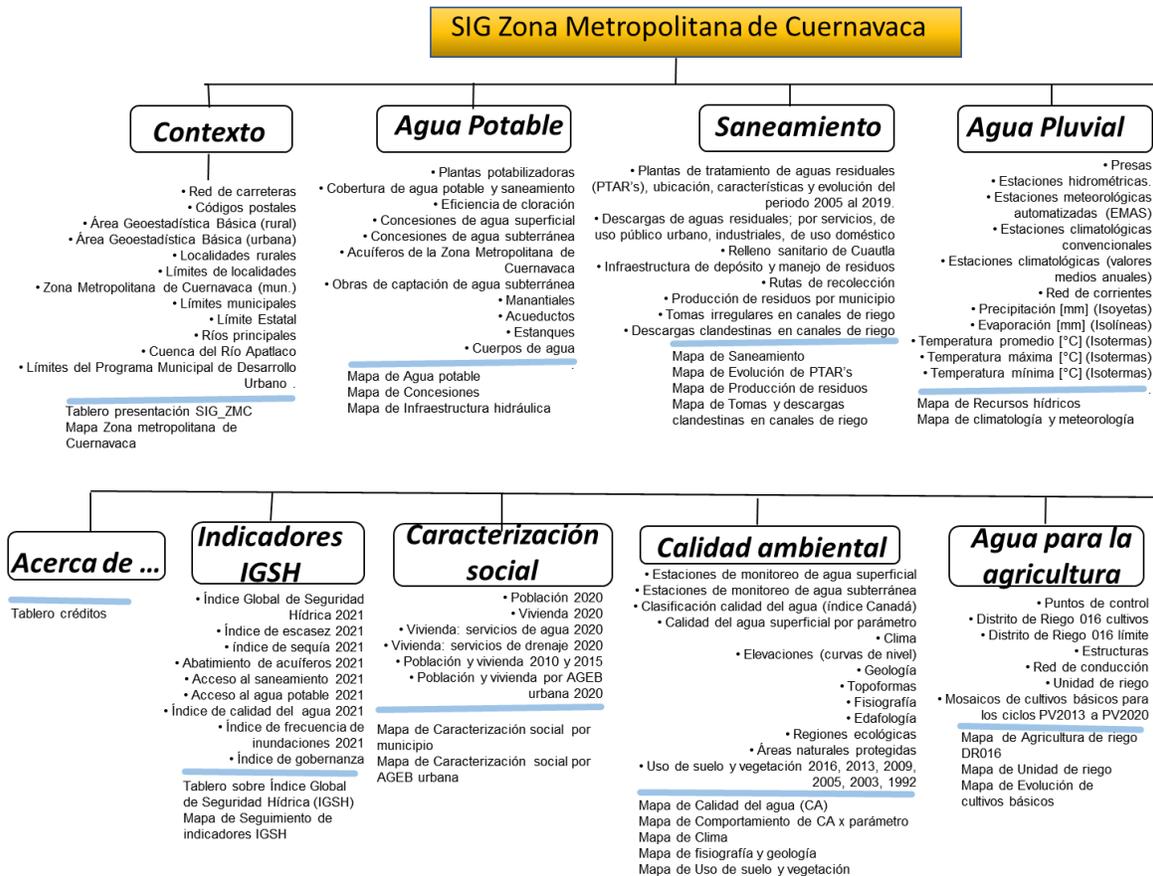
Cabe aclarar que dentro de la información requerida por el sistema y después de haber analizado un conjunto amplio de información, se definieron ocho ejes temáticos para su correcto funcionamiento.

El *SIG ZMC v1.0* se desarrolló principalmente dentro de la plataforma de ArcGIS Online con uso de servicios de mapas gratuito de Esri, CGIAR, USGS | CONANP, HERE, Garmin, FAO, METI/NASA, USGS, EPA y servicios de mapas generados para el despliegue de las 103 capas de información organizadas en 77 temas que integran los 21 mapas del *SIG ZMC v1.0*.

El sistema contiene ocho módulos de información técnica: contexto (12 temas en un mapa y un tablero), agua potable (12 temas en 3 mapas), Saneamiento (8 temas en 4 mapas), Agua pluvial (11 temas en 2 mapas), Agua para la agricultura (7 temas en 3 mapas), Calidad ambiental (13 temas en 5 mapas), caracterización social (6 temas en 2 mapas) e indicadores IGSH (9 temas en 1 mapa y un tablero). La primera pantalla de acceso al sistema muestra la presentación del *SIG ZMC v 1.0* y un extenso y detallado listado de los temas contenidos en él (Figura 2.1).

Aunque el sistema en su versión inicial posee los tableros y mapas establecidos en la Figura 2.2, estos podrán incrementarse, reducirse o modificar su contenido de acuerdo a las necesidades del programa ProSiAgua y de su evolución en el tiempo o conforme se le vaya dando mantenimiento al sistema, dado que éste es un sistema dinámico al cual la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) deberá dar mantenimiento y seguimiento en el tiempo.

Figura 2.2 Modelo conceptual del SIG ZMC v1.0



El SIG ZMC v1.0 mantiene un diálogo con el usuario a través de los ocho módulos que integran el Modelo conceptual del sistema (ver Figura 2.2): 1. Contexto, 2. Agua potable, 3. Saneamiento, 4. Agua pluvial, 5. Agua para la agricultura, 6. Calidad ambiental, 7. Caracterización social y 8. Indicadores IGSH. Estos módulos están organizados a través de menús de opciones e íconos o botones asociados a procesos.

De manera general, el SIG ZMC v1.0, mantiene una interface similar en todos sus módulos, con base en botones, cajas de diálogo interactivas con el usuario, despliegue de ventanas emergentes para despliegue de atributos de las capas, y encabezados de información en las pantallas de captura o despliegue para ubicar rápidamente al usuario en la sección y/o tema en el cual está realizando la consulta de información cartográfica.

El módulo Contexto incluye un tablero inicial de presentación del SIG de la Zona metropolitana de Cuernavaca, en la que se da una introducción breve al Programa Sectorial de Infraestructura para la Gestión Integral del Agua en la ZMC (ProSiAgua), a la interfaz, se establece el contenido y se dan los créditos principales. Un segundo tablero denominado “Zona Metropolitana de Cuernavaca” presenta las capas comunes a todos los módulos del SIG ZMC v 1.0, entre otras están: Localidades urbanas, localidades rurales, red de carreteras, límites municipales, límite estatal, etc.

El módulo Agua potable presenta las Plantas potabilizadoras ubicadas en la ZMC, la eficiencia de cloración así como la cobertura de agua potable; las concesiones de agua superficial, de agua subterránea, así como los acuíferos (o la parte del acuífero) presentes en la ZMC; y, los cuerpos de agua, manantiales, estanques y acueductos que se tienen en la ZMC.

El módulo Saneamiento presenta el inventario de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTARs) y sus capacidades de tratamiento, así como las descargas de aguas residuales por tipo de uso (servicios, público urbano, industriales y doméstico); la evolución histórica de las PTARs de los años 2005 a 2019; los tiraderos a cielo abierto, centros de acopio, las plantas de valorización y en general la infraestructura de recolección de residuos sólido; y, para usuarios con credenciales autorizadas, el mapa de tomas de agua clandestinas y descargas no autorizadas a canales de riego en el DR016.

El módulo Agua pluvial presenta la información hidrológica de la zona, con la que se establece la disponibilidad natural de agua en la cuenca del Río Apatlaco (presas, estaciones hidrométricas, estaciones meteorológicas, estaciones climatológicas, etc.); así como la información de temperatura, evaporación y precipitación registradas en las estaciones de medición.

El módulo Agua para la agricultura presenta el límite, parcelamiento e infraestructura del DR016 Estado de Morelos; la unidad de riego, red de conducción y la red de ríos presentes en la zona metropolitana de Cuernavaca; y, los cultivos básicos del ciclo Primavera - Verano de los años 2013 al 2020, así como los del ciclo Otoño-Invierno de los ciclos 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018.

El módulo Calidad ambiental presenta las estaciones de monitoreo de agua superficial y estaciones de monitoreo de agua subterránea; la calidad del agua en el sitio de las estaciones de acuerdo al índice de Canadá y el comportamiento de los principales contaminantes que se miden a lo largo del río. Además, se muestran, los cinco tipos de clima en la Zona Metropolitana de Cuernavaca, así como las isoyetas y temperatura en la zona; las curvas de nivel, geología, edafología, topoformas y fisiografía presentes en la ZMC; y, las regiones ecológicas, áreas naturales protegidas, así como el uso de suelo y vegetación para los años 1992, 2003, 2005, 2009, 2013 y 2016.

El módulo Caracterización social presenta la población por municipio, datos de vivienda, servicios de agua en viviendas y servicios de drenaje en viviendas de acuerdo al censo 2020. Así como información de población y vivienda del censo 2010 y la encuesta intercensal del 2015; y, la población por Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana, datos de vivienda, servicios de agua en viviendas y servicios de drenaje en viviendas de acuerdo al censo 2020.

El módulo Indicadores IGSH incluye un tablero inicial de nombre “Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH)” en el que se describe la composición del IGSH en cuatro criterios

y ocho indicadores cada uno con su propio peso (índice de escasez, índice de sequía, abatimiento de acuíferos, acceso a saneamiento, acceso al agua potable, índice de calidad del agua, índice de frecuencia de inundaciones e índice de gobernanza. Un segundo tablero denominado “Seguimiento de indicadores – IGSH”, presenta la evaluación del IGSH para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca para el año 2021 dejando la base para que en el futuro se pueda llevar a cabo el seguimiento del indicador IGSH.

Finalmente, se presenta el módulo *Acerca de ...* el cual despliega una breve descripción del sistema, la manera de citarlo, la liga para compartirlo y los principales proveedores de la información.

### 2.2.1 Información requerida

El grupo de archivos catalogados como información requerida, corresponde a aquéllos que son usados como capas de contexto, servicios de mapas, íconos al interior del sistema, etc. y corresponden a:

- *Servicios de mapas:* Consiste en todos los servicios de mapas generados dentro de ArcGIS Online para cada uno de los temas manejados. El listado preciso de estos servicios se encuentra en el manual técnico, también conocido como manual del programador, asignado a usuarios que administran el sitio del *SIG ZMC v 1.0*, dentro de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, Morelos.
- *Capas de información cartográfica en formato .zip y kml/kmz:* Se tiene un grupo de 103 capas cartográficas que integran los mapas del sistema, descargables desde él mismo. En el Anexo A: Banco de datos con metadatos, se incluyen todos los .zip y .kml/.kmz del sistema.
- *Documentos de metadatos en formato PDF:* Se tiene un grupo de 103 capas integradas en 20 mapas, a los cuales se les generó y publicó el archivo de metadato en formato PDF, donde se mencionan las fuentes de información, el año de los datos disponibles, el formato de archivos de descarga, la forma de cálculo del dato, etc; En el Anexo A: Banco de datos con metadatos, se incluyen todos los metadatos del sistema.
- *Imágenes de logos oficiales:* Son archivos contenidos y publicados en la cuenta de administrador del *SIG ZMC v 1.0*. En el Anexo E: logotipos usados en el SIG ZMC v1.0, se incluyen todos los logotipos mencionados en formato que le corresponda, ya sea .jpg o bien .png.
- *Manual de usuario:* Corresponde al presente documento y es descargable desde todos los módulos del *SIG ZMC v 1.0*. Este se incluye en el presente informe como Anexo E.

### 2.2.2 Banco de datos incorporado al SIG ZMC v 1.0

Se llevó a cabo la colección y estandarización de la información de las diversas fuentes mencionadas en la sección de “Acerca de ...”; la información se clasificó de acuerdo a los cinco ejes temáticos establecidos en el programa ProSiAgua, más información de contexto,

caracterización social e indicadores IGSH. La recolección considera tanto información espacial, como información tabular (incluyendo series de tiempo). La información cartográfica colectada, clasificada e incluida en cada uno de los módulos/ejes temáticos señalados es la siguiente:

#### CONTEXTO

- Red de carreteras
- Códigos postales
- Área Geoestadística Básica (rural)
- Área Geoestadística Básica (urbana)
- Localidades rurales
- Límites de localidades (urbanas y rurales)
- Zona Metropolitana de Cuernavaca (límite de los 8 municipios)
- Límites municipales to do el estado
- Límite Estatal
- Ríos principales
- Cuenca del Río Apatlaco
- Límites del Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU)

#### EJE TEMATICO AGUA POTABLE

- Plantas potabilizadoras
- Cobertura de agua potable y saneamiento
- Eficiencia de cloración
- Concesiones de agua superficial (Registro Público de Derechos de Agua, REPDA superficial)
  - Concesiones de uso público-urbano
  - Concesiones de uso doméstico
- Concesiones de agua subterránea (REPDA subterráneo)
  - Concesiones de uso público-urbano
  - Concesiones de uso doméstico
- Acuíferos de la Zona Metropolitana de Cuernavaca
- Obras de captación de agua subterránea (pozos)

- Manantiales
- Acueductos
- Estanques
- Cuerpos de agua

## EJE TEMÁTICO SANEAMIENTO

- Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's), ubicación y características del periodo 2005 al 2019
  - PTARs ZMC 2019
  - PTARs ZMC 2018
  - PTARs ZMC 2017
  - PTARs ZMC 2016
  - PTARs ZMC 2015
  - PTARs ZMC 2014
  - PTARs ZMC 2013
  - PTARs ZMC 2012
  - PTARs ZMC 2011
  - PTARs ZMC 2010
  - PTARs ZMC 2009
  - PTARs ZMC 2008
  - PTARs ZMC 2007
  - PTARs ZMC 2006
  - PTARs ZMC 2005
- Descargas de aguas residuales:
  - Descargas de aguas residuales por servicios;
  - Descargas de aguas residuales público urbano;
  - Descargas de aguas residuales industriales;
  - Descargas de aguas residuales de uso doméstico
- Relleno sanitario de Cuautla
- Infraestructura de depósito y manejo de residuos
- Rutas de recolección
- Producción de residuos por municipio.
- Tomas de agua, irregulares, en canales de riego
- Descargas de aguas en canales de riego
  - Descarga de aguas residuales
  - Descargas de aguas pluviales

## EJE TEMÁTICO AGUA PLUVIAL

- Presas

- Estaciones hidrométricas.
- Estaciones meteorológicas automatizadas (EMAS)
- Estaciones climatológicas convencionales
- Estaciones climatológicas (valores medios anuales)
- Red de corrientes (red hidrográfica escala 1:50,000)
- Precipitación [mm] (Isoyetas)
- Evaporación [mm] (Isolíneas)
- Temperatura promedio [°C] (Isotermas)
- Temperatura máxima [°C] (Isotermas)
- Temperatura mínima [°C] (Isotermas)

#### EJE TEMÁTICO AGUA PARA LA AGRICULTURA

- Puntos de control
- Distrito de Riego 016 cultivos
- Distrito de Riego 016 límite
- Estructuras
- Red de conducción
- Unidad de riego
- Mosaicos de cultivos básicos para los ciclos PV2013 a PV2020 y OI2014-2015 a OI17-2018
  - PV ZMC 2020
  - PV ZMC 2019
  - PV ZMC 2018
  - PV ZMC 2017
  - PV ZMC 2016
  - PV ZMC 2015
  - PV ZMC 2014
  - PV ZMC 2013
  - OI ZMC 2014-2015
  - OI ZMC 2015-2016
  - OI ZMC 2016-2017
  - OI ZMC 2017-2018

#### EJE TEMÁTICO CALIDAD AMBIENTAL

- Estaciones de monitoreo de agua superficial
- Estaciones de monitoreo de agua subterránea
- Clasificación de la calidad del agua en los sitios a través del índice de Canadá
- Comportamiento de los parámetros de monitoreo de la calidad del agua
- Precipitación [mm] (Isoyetas)

- Temperatura promedio [°C] (Isotermas)
- Clima
- Curvas de nivel (topografía – Elevaciones)
- Geología
- Edafología
- Topoformas
- Fisiografía
- Regiones ecológicas
- Áreas naturales protegidas
- Uso de suelo y vegetación 2016
- Uso de suelo y vegetación 2013
- Uso de suelo y vegetación 2009
- Uso de suelo y vegetación 2005
- Uso de suelo y vegetación 2003
- Uso de suelo y vegetación 1992

#### EJE TEMÁTICO CARACTERIZACIÓN SOCIAL

- Población 2020
- Vivienda 2020
- Vivienda: servicios de agua 2020
- Vivienda: servicios de drenaje 2020
- Población y vivienda 2010 y 2015
- Población y vivienda por AGEB urbana 2020

#### EJE TEMÁTICO INDICADORES IGSH

- Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021
- Índice de escasez 2021
- Índice de sequía 2021
- Abatimiento de acuíferos 2021

- Acceso al saneamiento 2021
- Acceso al agua potable 2021
- Índice de calidad del agua 2021
- Índice de frecuencia de inundaciones 2021
- Índice de gobernanza

Tal como se mencionó al inicio del presente capítulo, el sistema de proyección al que se homogeneizó la información es:

- GCS\_ITRF\_2008, D\_ITRF\_2008, MEXICO\_ITRF\_2008\_UTM14N

Algunas de las principales fuentes de las que se extrajo información son:

- Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
  - Marco Geoestadístico 2020 (base del censo 2020) (<https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>)
  - Simulador de Flujo de Agua en Cuencas (SIATL 4.0) ([http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/?s=geo&c=1693&e=04](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/?s=geo&c=1693&e=04))
  - Censo de Población y vivienda 2020 (<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>)
  - Sistema de cuentas nacionales (Producto Interno Bruto (PIB) - Trimestral. Base 2013 ([inegi.org.mx](http://inegi.org.mx)))
  - Cartografía ambiental (<https://www.inegi.org.mx/datos/?t=0150>)
- Comisión Nacional del Agua
  - Sistema Nacional de Información del Agua (<http://sina.conagua.gob.mx/sina/>)
  - Registro Público de Derechos del Agua (<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/registro-publico-de-derechos-de-agua-repda-55190>)
  - Servicio Meteorológico Nacional – climatología (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>)
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
  - Banco Nacional de Datos de Aguas superficiales (<http://hidrosuperf.imta.mx/bandas/>)
- Diario Oficial de la Federación
  - Disponibilidades de agua superficial y agua subterránea (<http://www.diariooficial.gob.mx/index.php>)

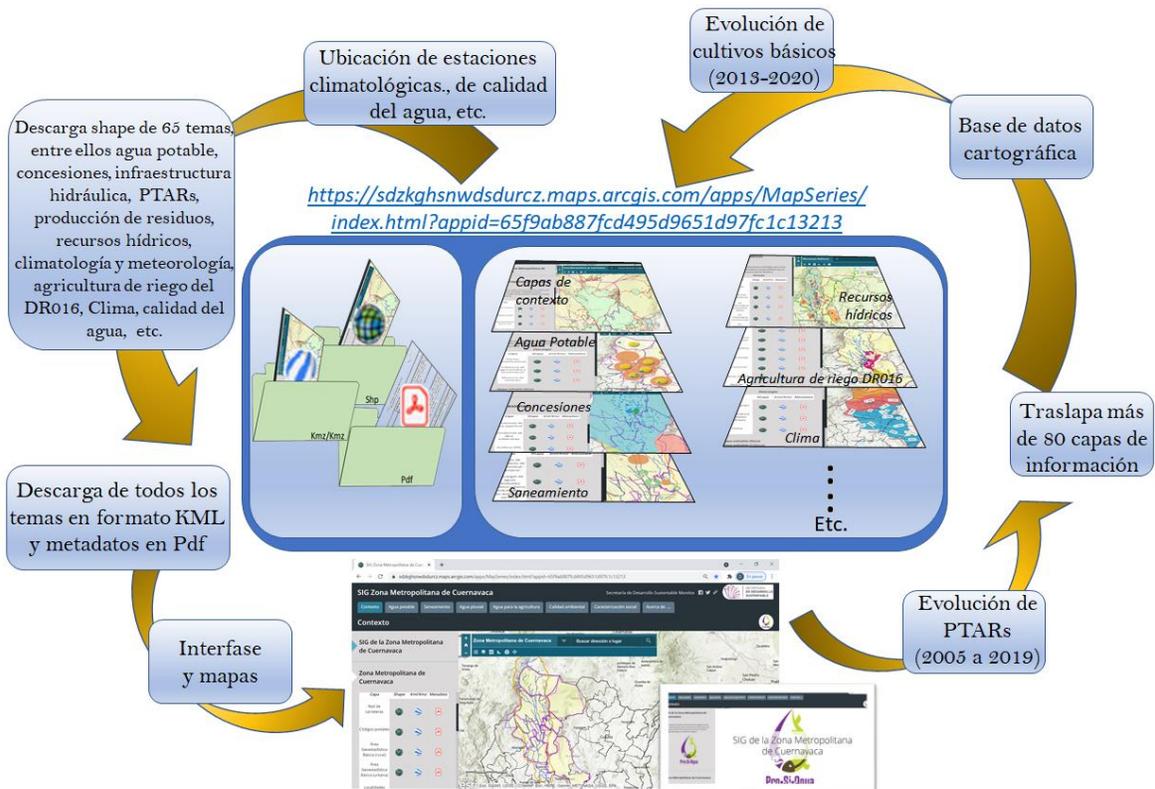
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
  - Geoportal (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>)

### 2.2.3 Esquema general y arquitectura del software del SIG ZMC v 1.0

El esquema general del **SIG ZMC v1.0** se muestra en la Figura 2.3, éste comprende aspectos de manejo de un gran banco de datos cartográficos compuesto por 77 temas en 21 mapas-tableros temáticos organizados en ocho ejes de información técnica; además contiene una serie de aplicaciones sencillas desarrolladas dentro de ArcGis Online que permiten visualizar y traslapar diferentes capas de información (103 capas) así como comparar algunos temas, sin necesidad de tener instalado un software específico para ver los mapas.

Los niveles de agregación de información van desde municipal, estatal, regional, cuenca, acuífero, y nivel AGEB en algunos casos. Es un sistema estadístico que presenta datos históricos en mapas, ventanas emergentes y formato tabular, mismos que se pueden descargar gratuitamente en formatos shapefile y KML/KMZ, y en el caso del metadato se descarga en formato PDF.

Figura 2.3 Esquema general del SIG ZMC v 1.0

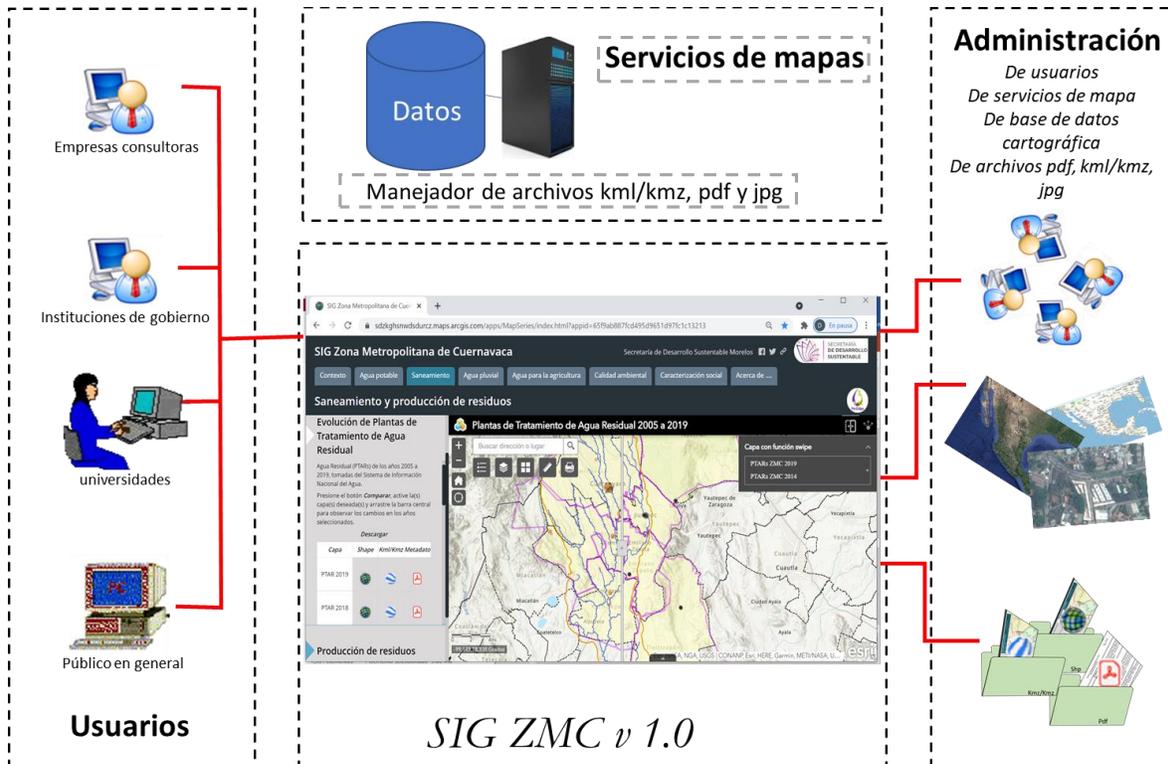


La base de datos cartográfica de origen para la presente versión web se tomó de distintas organizaciones oficiales como son: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y sus diferentes áreas técnicas y sitios web (Servicio Meteorológico Nacional <SMN>, Distrito de Riego 016 <DR016>, Sistema Nacional de Información del Agua <SINA>, etc.), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO), Secretaría de Desarrollo Sustentable Morelos (SDS Morelos), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

En la Figura 2.4 se muestra la arquitectura general del *SIG ZMC v1.0*, donde se observa la interrelación entre servicios de mapas, manejador de archivos, administración de usuarios, por un lado, y por el otro los diversos tipos de usuarios que usan el extenso banco de información cartográfica, mismo que se describe exhaustivamente en la sección 2.2.2 Banco de datos incorporados al *SIG ZMC v1.0*; dicha información es consultada a través de la interfaz descrita en la sección 2.3, Interfaz del sistema.

Los servicios de mapas son la manera en que los mapas pueden estar disponibles en la Web. Un servicio de mapas facilita los mapas, las entidades y los datos de atributos disponibles dentro de muchos tipos de aplicaciones de cliente, tales como el *SIG ZMC v1.0*. Algunas aplicaciones SIG en la nube para publicar mapas son QGIS Cloud, CARTO, GeoWE, Google My Maps, InstaMaps, etc., sin embargo, el *SIG ZMC v 1.0* usa ArcGIS Online tanto para construir y publicar los servicios de mapas como para consumirlos y con ello construir y compartir los 20 mapas on-line inteligentes que lo forman y que recopilan y publican conjuntos clave de información geográfica.

Figura 2.4 Arquitectura del *SIG ZMC v 1.0*



La arquitectura del Sistema de Información consiste de tres capas que son (ver Figura 2.5):

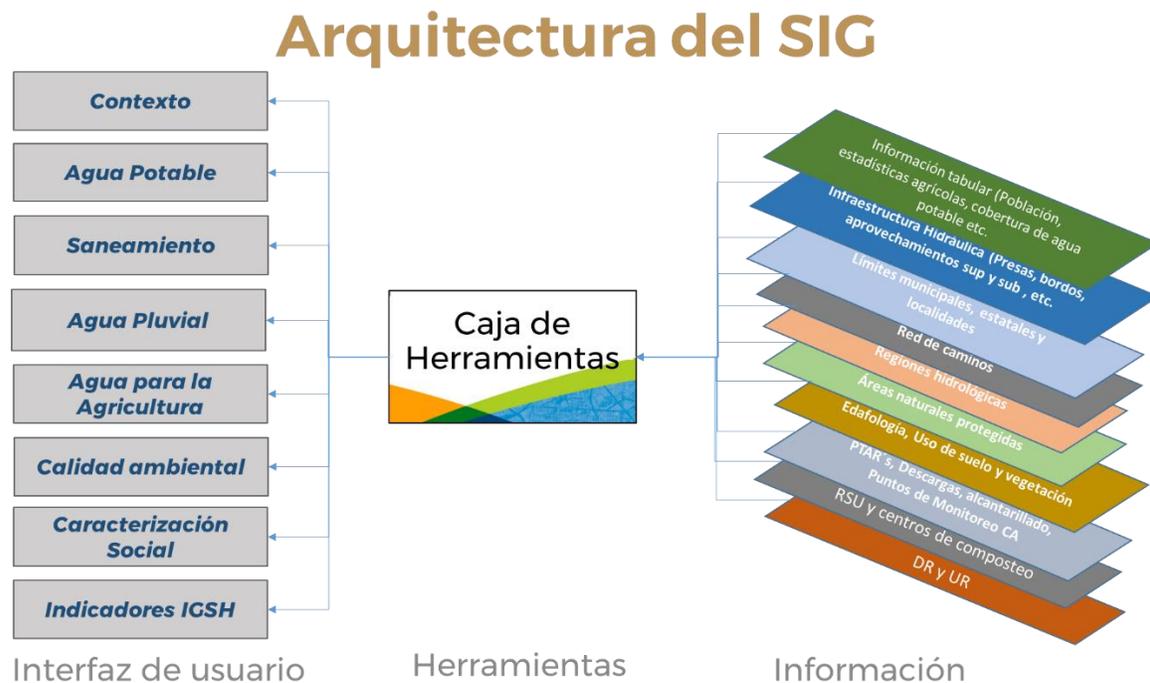
**Capa de interfaz con el usuario:** Esta capa es propiamente con la que el usuario interactúa. Ella está integrada por cinco módulos de información principal, uno por cada eje temático definido en el ProSiAgua más un eje de contexto, otro de caracterización social y un último eje de indicadores IGSH. Al entrar a cada módulo se puede consultar la información correspondiente, a través de mapas tablas o gráficos.

**Capa caja de herramientas:** ésta es una capa intermedia entre la interfaz de usuario y la información. A través de las herramientas que posee se pueden hacer algunos procesos como selección de mapas, activar o desactivar capas, ver la información de una capa, imprimir y compartir, etc. Las herramientas se agrupan en dos grandes subsistemas, dentro de visores geográficos y en las secciones de menú; el visor permite la gestión de las capas y la generación de mapas y los menús permiten seleccionar ejes, seleccionar mapas, bajar o descargar información. Cabe mencionar que para procesos y análisis específicos las capas deben ser descargadas y emplearse herramientas de plataforma de escritorio.

**Capa de información:** Esta capa contiene toda la información que se haya colectado y tiene una estructura en la cual la información se liga a través de campos y atributos como son los identificadores y las claves que le dan unicidad a un rasgo y con los cuales se establecen las relaciones y se da especial atención a los identificadores tanto internos para un mejor desempeño (ID), como públicos para su identificación (Claves) y relación con el mundo exterior.

La capa de información es la base del desarrollo de las otras dos capas, pues dependiendo de su estructura y de su contenido se definieron las herramientas que contiene el sistema y la interfaz a mostrar al usuario.

Figura 2.5 Arquitectura por capas del SIG ZMC v 1.0



### 2.3 Interfaz general del SIG ZMC v 1.0

Para entrar a la aplicación web SIG ZMC v 1.0 es necesario escribir la siguiente dirección en su navegador (Chrome, Edge, Firefox):

<https://sdzkgshsnwdsdurcz.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=65f9ab887fcd495d9651d97fc1c13213>

Al cargar la página se verá tal como se observa en la Figura 2.1 (Sección 2.1 del presente documento) y Figura 2.6. La página de inicio de la aplicación muestra el título del SIG ZMC v1.0, los siete módulos que lo forman, la liga al sitio web oficial de la Secretaría de Desarrollo Sustentable Morelos y su logo, en la pantalla central el logo del Programa sectorial de infraestructura para la Gestión integral del agua en la zona metropolitana de Cuernavaca (Pro-Si-Agua), y un menú lateral izquierdo con dos opciones: 1) SIG de la Zona Metropolitana de Cuernavaca y 2) Zona Metropolitana de Cuernavaca.

La interfaz de usuario del SIG ZMC v1.0 está integrada por tres secciones o áreas dentro del sistema (Figura 2.6). La primera sección se localiza en la parte superior de la pantalla y la componen tres renglones o filas. En la primera fila se da el título del sistema, justificado a la izquierda seguida en el mismo renglón del nombre de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y de algunas herramientas de compartir, todo esto justificado a la izquierda. El segundo renglón presenta un listado de folders definidos por la pestaña o separador que da acceso a ellos y que integrarían el menú principal del sistema. Los folders no son otra cosa que los ejes temáticos del programa ProSiAgua más los módulos de “Contexto”, “Caracterización social”, “Indicadores IGSH” y el de “Acerca de ...”. Y finalmente el tercer renglón que da una descripción del contenido del Folder, así como una liga para descargar este documento.

Figura 2.6 Interfaz de usuario del Sistema de Información Geográfica, mostrando las tres áreas que la integran



La segunda sección o área se define en la parte izquierda de la pantalla y está integrada por un listado de títulos que inician con una viñeta triangular, además de tener una línea

azul de separador. Los títulos pueden visualizarse como los encabezados de las hojas que se localizan dentro del folder al que se ha accedido en la parte superior. Esto es, el listado de títulos cambia dependiendo del folder que se ha seleccionado en la primera sección. Los encabezados o títulos de las hojas en el SIG ZMC no son otra cosa que los nombres de los mapas o tableros que posee un eje temático o un módulo del sistema. El listado de hojas puede asociarse al menú emergente o secundario que se despliega en una barra tradicional de menú al dar clic sobre una opción.

Finalmente, la tercera área o sección, que es la más grande, y que en la Figura 2.6 se le da el nombre de “Área principal de Información e interacción” es donde se despliega un tablero o un mapa. En el caso de la Figura 2.6 lo que se muestra es el tablero de “Presentación del SIG de la Zona metropolitana de Cuernavaca”, que inicia mostrando el logotipo del proyecto ProSiAgua y el nombre del SIG, pero si se baja la barra de desplazamiento (scroll) se expondrá el resto de la información, terminando en este tablero con los contactos dentro de la secretaría y el directorio en la misma (ver Figura 2.7). Además de la barra de desplazamiento, en este tablero se muestra en el centro de la parte inferior una flecha que indica que existe más información y debe uno desplazarse hacia abajo (ver Figura 2.6).

El contenido de la tercera sección depende de la hoja activa en la sección dos. Una hoja se activa al dar clic sobre el nombre de la misma. Cabe mencionar que la hoja activa siempre muestra debajo de su encabezado o título un resumen de su contenido y cuando éste es un mapa además se establece una tabla de descargas para los archivos shapefile, kml y metadatos de las capas que lo integran, así como hipervínculos a editores avanzados de ArcGis Online (Ver Figura 2.8).

Figura 2.7 Interfaz de usuario del SIG mostrando la parte baja del tablero de Presentación del SIG Zona metropolitana de Cuernavaca

The screenshot shows the user interface of the SIG Zona Metropolitana de Cuernavaca. At the top, there is a navigation bar with the following categories: Contexto, Agua potable, Saneamiento, Agua pluvial, Agua para la agricultura, Calidad ambiental, Caracterización social, Indicadores IGSH, and Acerca de .... Below this, the main content area is titled 'SIG de la Zona Metropolitana de Cuernavaca' and displays a 'Directorio' section. The 'Directorio' section lists the following contacts:

Maldonado Krinis Constantino	OFICINA DEL SECRETARIO DE DESARROLLO SUSTENTABLE. SECRETARIO DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE.
Vázquez Ríos Víctor Hery	SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE. DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECTOR GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.
Balcázar Sánchez Claudia Angélica	DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN E INSTRUMENTACIÓN TERRITORIAL.
Angulo Cabello Adriana	DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN E

Por default, al dar clic en un folder (primera sección), en la segunda sección se desplegará el listado de hojas (tableros o mapas) que éste contiene y se activará la primer hoja en él. A su vez en el “Área principal de Información o interacción” se desplegará el tablero o mapa

al que hace referencia la hoja. El sistema siempre inicia en el folder de Contexto y en la hoja de “Presentación del SIG Zona metropolitana de Cuernavaca” (ver Figura 2.6).

Las barras de desplazamiento se activan en cualquier sección o ventana de diálogo de la interfaz, cuando el contenido a mostrar en ella rebasa la porción visible. Lo anterior con la finalidad de que pueda accederse al resto de la información o elementos de la sección o ventana. Las barras de desplazamiento pueden activarse ya sea en el “Área principal de información e interacción” (ver Figura 2.6 y Figura 2.7), en la segunda sección cuando se tengan muchas hojas o cuando al activarse una de ellas, el resumen y la tabla de descargas e hipervínculos sea muy grande (ver Figura 2.8) e inclusive en ventanas como las de la Leyenda o de información de un elemento (ver Figura 2.8).

Figura 2.8 Interfaz de usuario del SIG. Vista general de herramientas interactivas



Cuando el contenido de una hoja es un mapa, éste se desplegará en el “Área principal de información e interacción” a través de un visor de mapa interactivo que contendrá varias herramientas que se explicarán en la siguiente sección. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, al activarse la hoja del mapa, en la sección dos se mostrará también una tabla de descargas integrada por los nombres de las capas que conforman el mapa (únicamente las que hacen referencia al tema principal y que no han sido vinculadas para descargarse en otra hoja o folder) y los íconos asociados al tipo de formato (shapefile, kml/kmz y metadato). Al dar clic sobre alguno de los íconos se iniciará la descarga de la capa, en el formato asociado (ver Figura 2.8).

Como también se observa en la Figura 2.8, después de la tabla de descargas, se tienen un par de hipervínculos denominados “Mapa editable (Beta)” y “Mapa editable (Clásico)”, estos hipervínculos permiten abrir el mapa en los dos editores avanzados que posee el ArcGIS

Online (Figura 2.9 y Figura 2.10). Con estos editores se puede cambiar los símbolos mostrados en el mapa (para datos puntuales) por algún otro, cambiar el color del símbolo, de la línea o del polígono que se esté desplegando, modificar la transparencia, cambiar el atributo que se está visualizando, etc. Sin embargo, algo que no se puede hacer, por protección para el sistema, es salvar/almacenar el mapa modificado, éste podrá imprimirse únicamente.

Figura 2.9 Editor avanzado de mapas (beta) de ArcGis Online

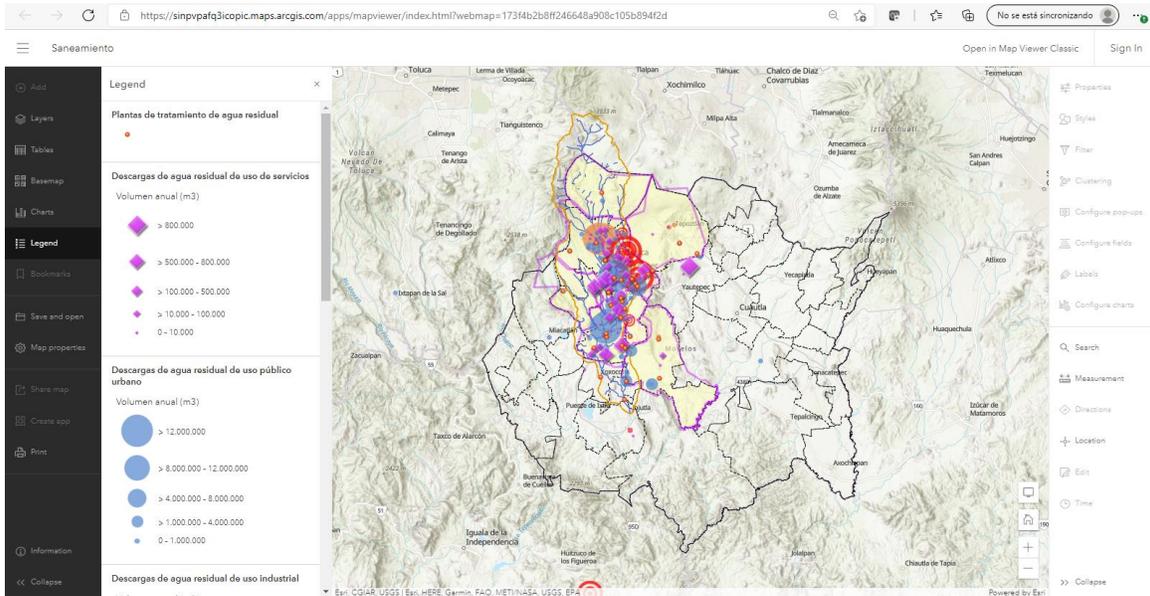
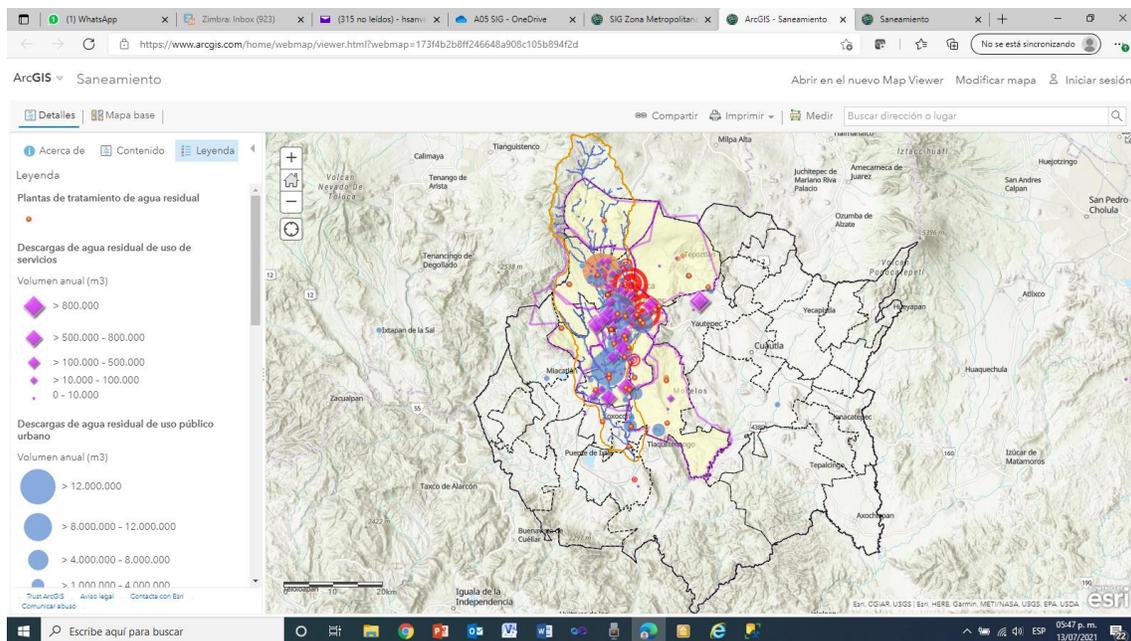


Figura 2.10 Editor avanzado de mapas (clásico) de ArcGis Online



Para desplegar un mapa en el sistema se hace uso de un visor de mapas interactivo, esto es, no sólo se despliega el mapa tipo imagen, sino que éste posee herramientas que le permiten al usuario interactuar con él. Estas herramientas permiten conocer la información de atributo de los elementos que componen el mapa, hacer mediciones, ubicar un lugar, prender o apagar capas, etc. La Figura 2.11 muestra los principales elementos generales de las herramientas de un visor de mapa interactivo, los cuales son una caja de herramientas (aunque pueden no estar agrupadas dentro de una caja), una ventana de diálogo para los requerimientos de las herramientas y una ventana de información para mostrar los atributos de una capa.

Dependiendo de las herramientas con que cuenta un visor, sus capacidades y procesos que puedan realizarse con ellas, el visor puede definirse como básico o avanzado, los visores muy avanzados se consideran más como editores de mapas, que para el caso del sistema *SIG ZMC v 1.0* se emplean los dos editores avanzados de ArcGis Online que se accede a ellos a través de los hipervínculos mencionados en la Figura 2.8.

Para el despliegue de los mapas dentro del sistema *SIG ZMC v 1.0* se emplean principalmente dos visores básicos (ver Figura 2.12) cuya variación más visible es una herramienta para comparación de capas del mapa. Existen otras variaciones menores como son la existencia de un encabezado para el título del mapa y la distribución de las herramientas, pero esencialmente los dos visores poseen las mismas herramientas con excepción de la de comparación.

Figura 2.11 Principales elementos de las herramientas de un visor de mapa interactivo

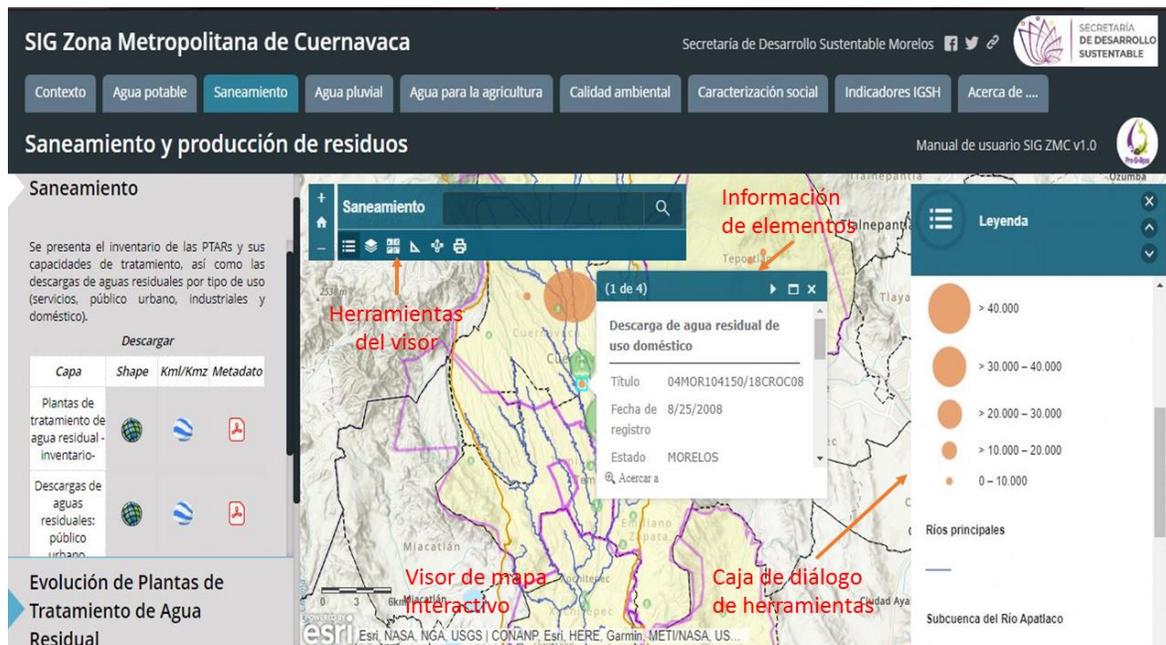
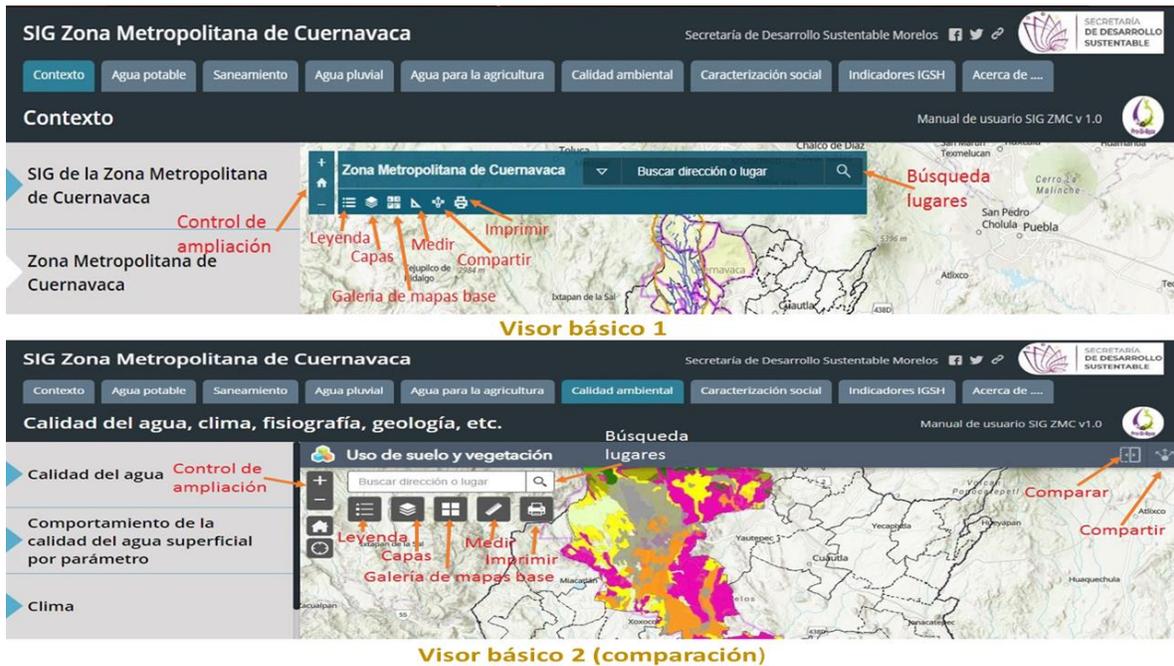


Figura 2.12 Herramientas de los dos visores básicos interactivos que posee el SIG-ZMC v1.0



Los visores geográficos mencionados contienen las siguientes herramientas (ver Figura 2.12).

- **Leyenda:** Despliega la leyenda de las capas que se encuentran visibles en ese momento y los símbolos con los cuales se identifican en el mapa en la caja o ventana de diálogo de las herramientas (Figura 2.13).
- **Capas:** Muestra en la caja o ventana de diálogo de las herramientas el listado de todas las capas que integran el mapa y permite activar o desactivar cada capa individualmente, esto es, que se visualicen o no en el mapa, así como controlar el nivel de transparencia del símbolo que las representa (Figura 2.14).
- **Galería de mapas base:** Abre en la caja o ventana de diálogo de las herramientas un mosaico de íconos de mapas base para cambiar la imagen de fondo del mapa, lo cual se realizará al dar clic sobre alguno de los íconos. A través de esta herramienta se puede tener de fondo imágenes de satélite, mapas topográficos, cartografía simplificada, etc. (Figura 2.15).
- **Medir:** En la caja de diálogo de las herramientas se da acceso a tres instrumentos de medición, uno para distancias lineales, otro para áreas y el último para ubicar en latitud longitud cualquier sitio señalado por el cursor (Figura 2.16). En la caja de diálogo se despliegan tres íconos, uno por instrumento, al dar clic sobre alguno de ellos, se activa la herramienta y se tendrá que trazar en el mapa una línea que defina la poligonal a medir o el polígono que defina el área a establecer, la medida se despliega en la caja de diálogo. Para el instrumento de ubicación, en la caja de diálogo se mostrarán las coordenadas de la ubicación del cursor.
- **Compartir:** Permite, a través de la caja de diálogo de las herramientas, mandar la liga al mapa a las principales redes sociales (Facebook y Twitter, así como enviar

un correo electrónico con el enlace a éste (Figura 2.17). Lo anterior se realiza dando clic sobre el ícono de la red social o del correo electrónico.

- **Imprimir:** Establece en la caja de diálogo de las herramientas una comunicación para definir el tamaño de papel en la que se imprimirá el mapa así como para indicar si se incluye o no la leyenda y un título del mapa y manda éste a un formato PDF que puede ser impreso desde el navegador de internet (Figura 2.18 y Figura 2.19).
- **Búsqueda de lugares:** Permite buscar direcciones y lugares dentro del mapa usando el servicio de geocodificación de lugares de ArcGis. Se teclea el lugar en la caja de diálogo y se da clic en la lupa. Hace una búsqueda tanto en capas como en la base de datos de ArcGis (Figura 2.20)
- **Control de ampliación:** Son herramientas para ampliar o reducir el mapa (símbolo de + y símbolo de -, respectivamente), así como para regresar al despliegue inicial (ícono de la casita) (ver Figura 2.12). Estas herramientas no requieren ningún parámetro o interacción extra con el usuario, solo dar clic sobre el ícono respectivo.
- **Comparar:** Esta herramienta pertenece al visor geográfico básico 2. Su función es apagar una capa del lado derecho de una barra que se activa verticalmente sobre el mapa. Al dar clic sobre el ícono de la herramienta, se abre una caja de diálogo para establecer la capa con función swipe, y se activa la barra que separa el mapa en dos partes (Figura 2.21). Conforme se desplaza la barra para la izquierda o la derecha se borra o se repinta la capa que ha sido establecida, de manera que se puedan comparar dos capas sobre el mismo tema pero para diferente fecha

Figura 2.13 Herramienta de Leyenda

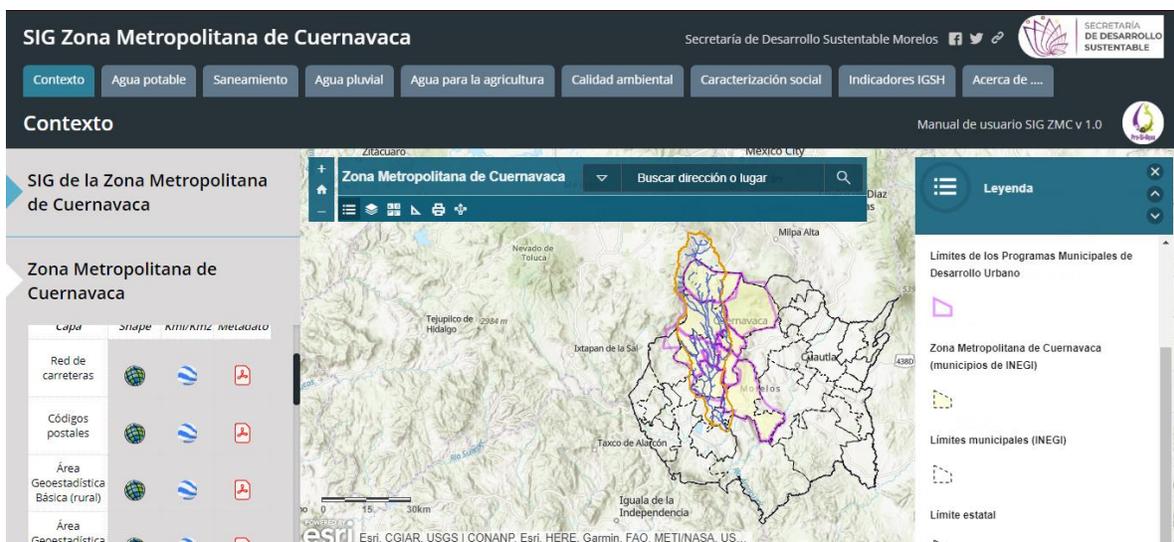


Figura 2.14 Herramienta de Capas

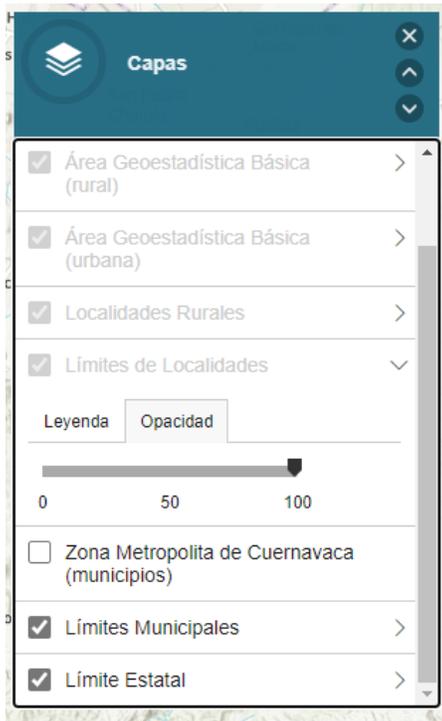


Figura 2.15 Herramienta de Galería de mapa base

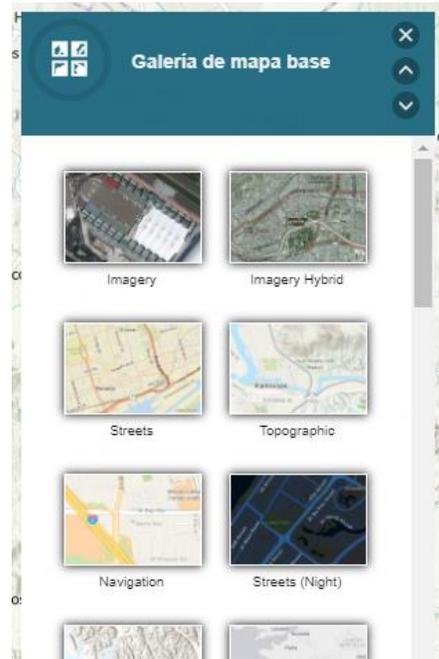


Figura 2.16 Herramienta de Medir

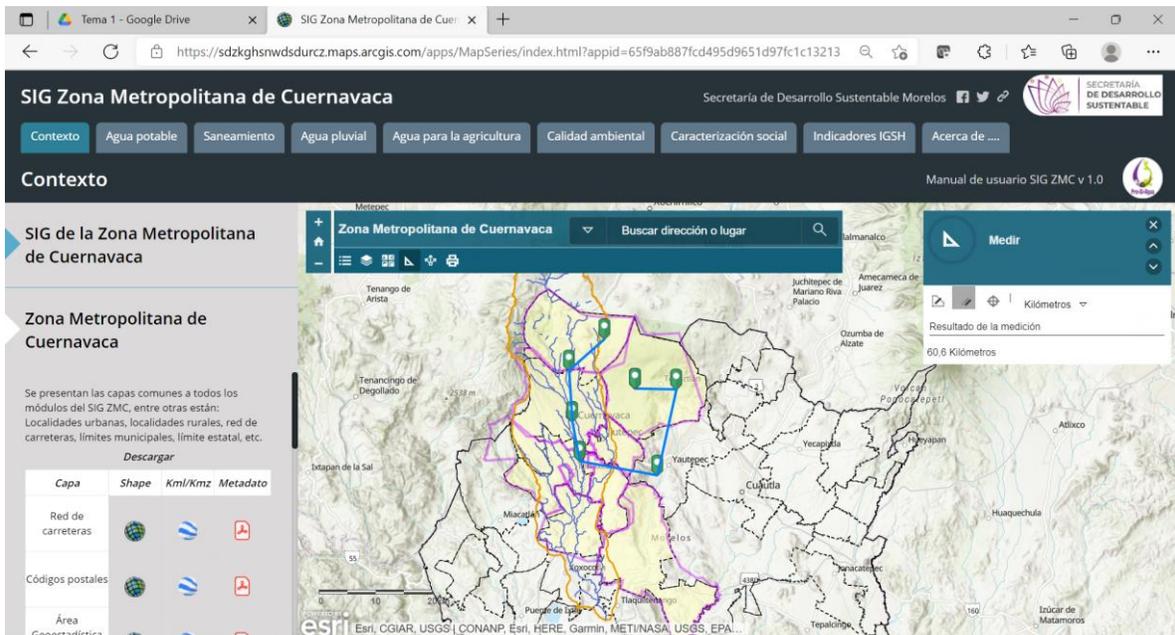


Figura 2.17 Herramienta de Compartir



Figura 2.18 Herramienta de Imprimir

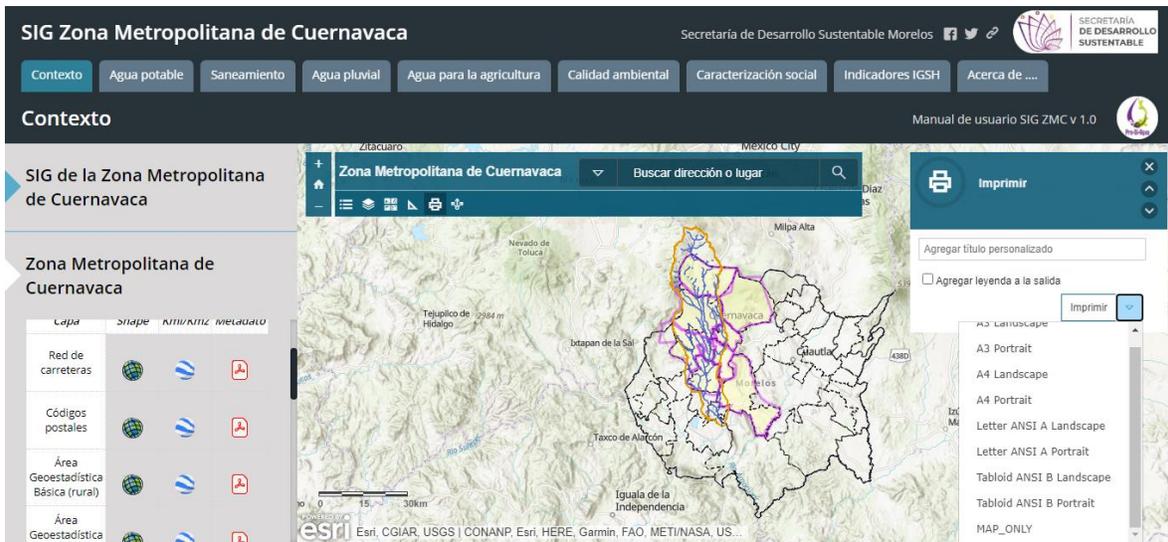


Figura 2.19 Impresión de un mapa a través del Sistema de Información Geográfica

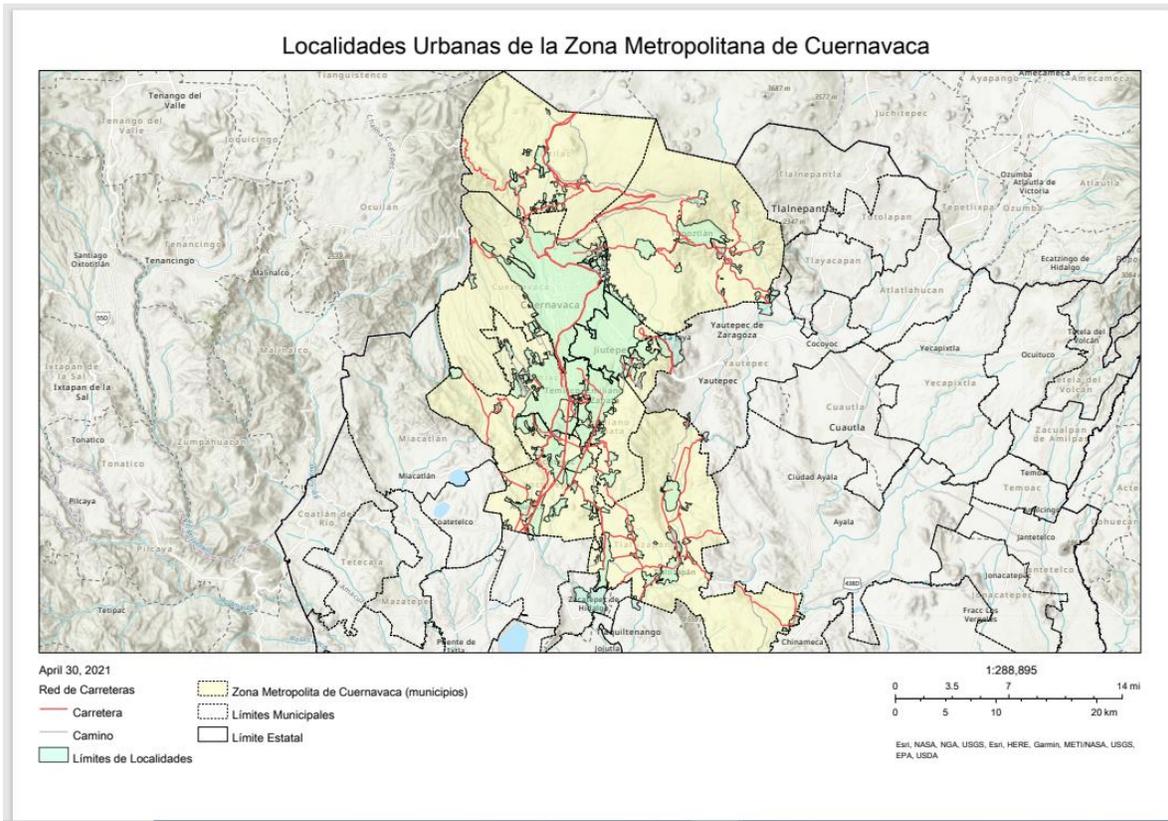


Figura 2.20 Herramienta de búsqueda de lugares

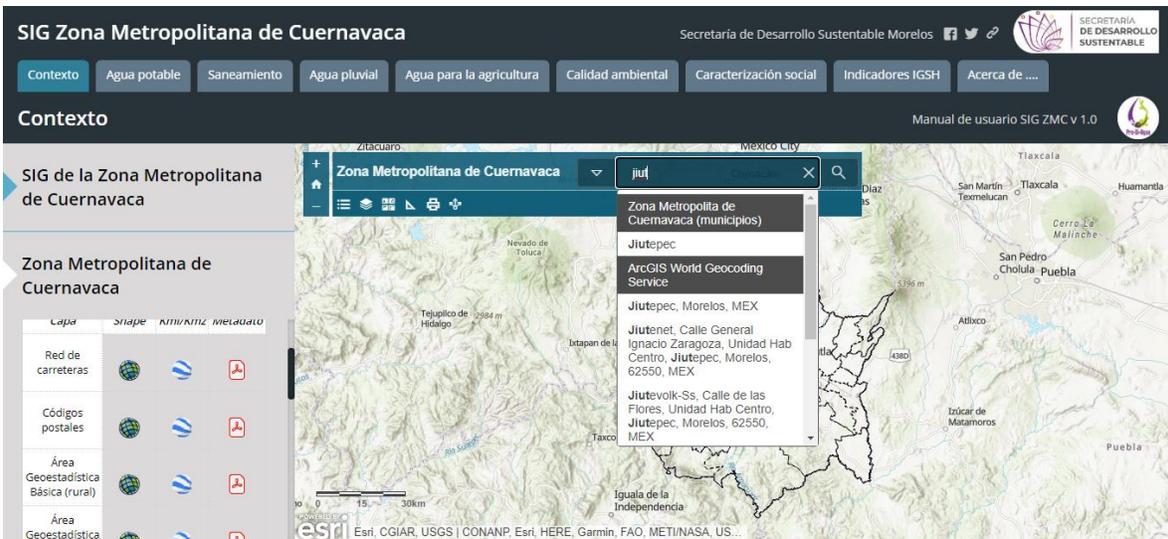


Figura 2.21 Herramienta de comparar



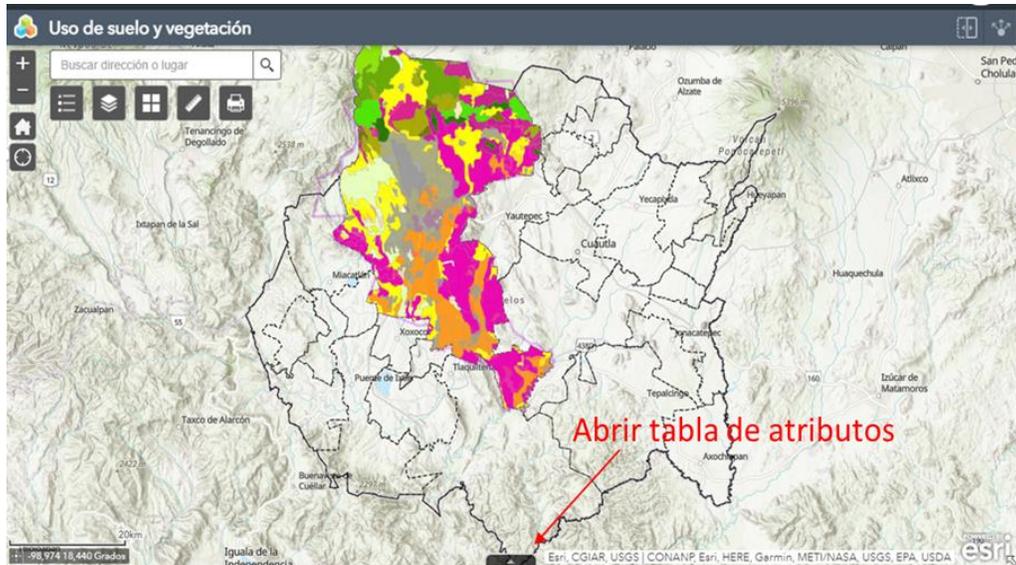
Otras funcionalidades no tan visibles que posee el visor geográfico básico 2 son:

- **Acceso a las tablas de atributos de las capas activas en ese momento:** esto se realiza dando clic en la flecha de la pequeña barra de color negro localizada en la parte baja central del mapa (Figura 2.22a). La Figura 2.22b muestra la apertura de la sección de visualización de las tablas de atributos. En esta sección se puede acceder a las diferentes tablas dando clic sobre la pestaña con el nombre de las capas. Cuando una tabla se despliega se muestran los campos que la integran con los nombres originales en la capa. Finalmente, la Figura 2.22b muestra las funciones u operaciones que se pueden realizar sobre o a través de la tabla, estas funciones son:

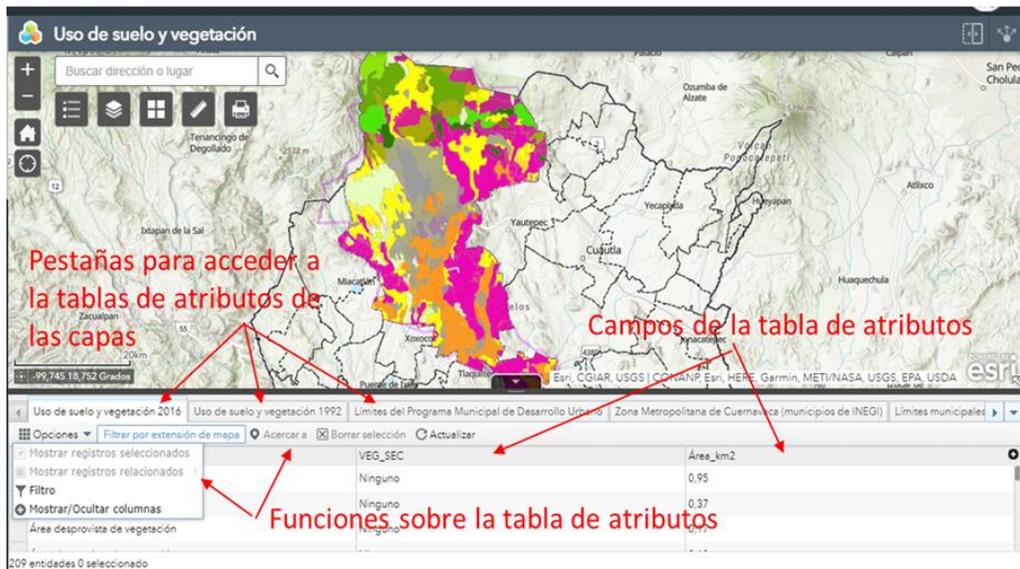
- **Mostrar registros seleccionados:** esta función muestra exclusivamente aquellos registros que están seleccionados en la zona de despliegue de la tabla de atributos. Los registros se seleccionan dando clic en el extremo izquierdo de los mismos.
- **Mostrar registros relacionados:** En ningún mapa dentro del *SIG ZMC v 1.0* se establecen relaciones por lo que esta funcionalidad nunca se va a activar.
- **Filtro:** permite establecer relaciones lógicas entre los campos de la tabla de atributos para mostrar en el mapa sólo aquellos rasgos que los cumplan. También se pueden borrar filtros que se tengan.
- **Mostrar/Ocultar columnas:** abre un menú con los nombres de los campos donde se puede establecer los campos de la tabla que serán visibles o no.
- **Filtrar por extensión de mapa:** no realiza una función en el mapa pues todos los mapas en el *SIG ZMC v1.0* por default consideran la extensión completa de sus capas
- **Acercar a:** hace un acercamiento al o los registros seleccionados
- **Borrar selección:** borra la selección de registros que se tenga en ese momento.

- **Actualizar:** hace un refrescar o repintar sobre la tabla y sobre el mapa.

Figura 2.22 Herramienta de comparar



(a)



(b)

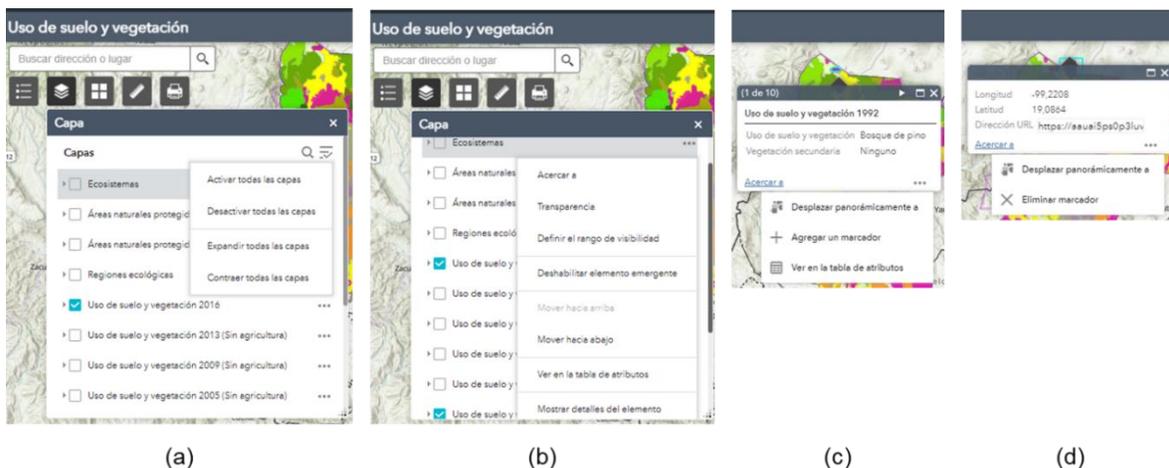
- **Operaciones desde la caja de diálogo de la herramienta Capas:** esta caja de diálogo permite abrir dos menús de funciones u operaciones que se pueden realizar desde él. El primero son funciones que actúan sobre el listado de capas desplegadas en la propia caja de diálogo y el menú se abre al dar clic sobre las tres líneas palomeadas de la extrema derecha. Las opciones de este primer menú son (Figura 2.23a):

- **Activar todas las capas:** prende todas las capas del mapa.
- **Desactivar todas las capas:** apaga todas las capas del mapa.
- **Expandir todas las capas:** muestra bajo el nombre de cada capa la simbología de la misma.
- **Contraer todas las capas:** borra la simbología bajo el nombre de las capas que la estén mostrando.

El segundo menú son funciones que actúan sobre una capa y se abre al dar clic en los tres puntos de la derecha de cada capa. Es un menú específico para hacer operaciones sobre esa capa. Las opciones de este segundo menú son (Figura 2.23b):

- **Acercar a:** hace un zoom a la extensión de la capa.
- **Transparencia:** permite modificar la transparencia de los rasgos en la capa.
- **Definir el rango de visibilidad:** permite modificar las escalas a las que la capa es visible.
- **Deshabilitar/Habilitar elemento emergente:** deshabilita o habilita el que se muestre el menú emergente al dar clic en un rasgo de la capa.
- **Mover hacia arriba:** desplaza la capa una posición arriba para que no sea cubierta por la capa inmediata superior.
- **Mover hacia abajo:** desplaza la capa una posición abajo para que puedan observarse los rasgos de la capa inmediata inferior.
- **Ver en la tabla de atributos:** abre la tabla de atributos de la capa.
- **Mostrar detalles del elemento:** esta opción permitiría ver la información de la capa, pero esto requiere que se conozca la información para entrar en la cuenta donde se encuentra la capa. Esta opción se sustituye descargando el metadato de la capa.

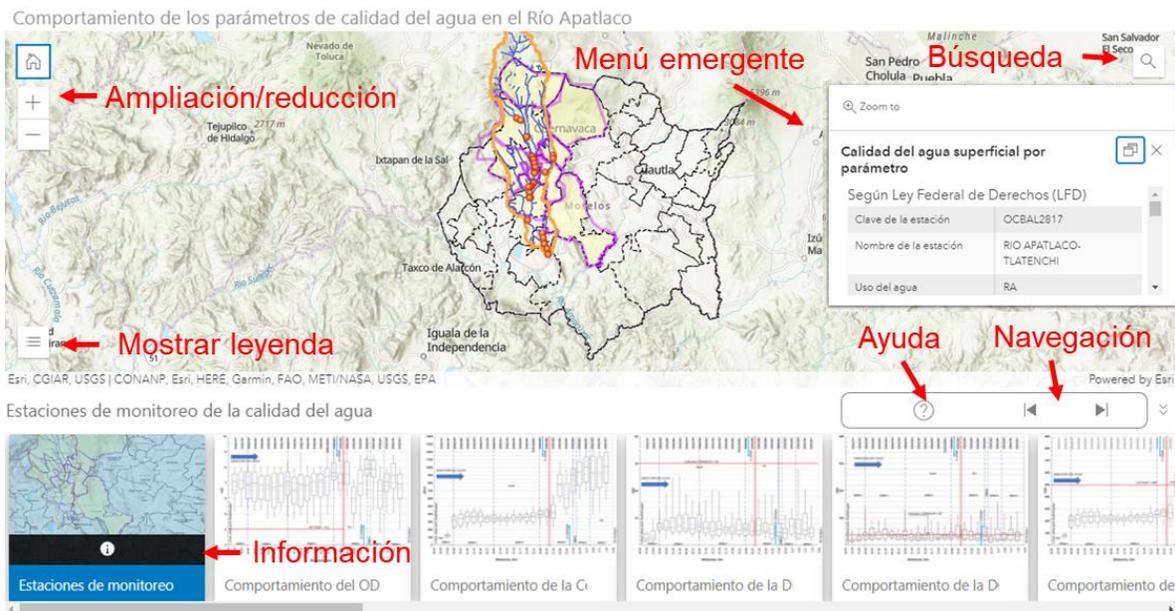
Figura 2.23 Operaciones desde la caja de diálogo de la herramienta Capas y del menú emergente



- **Operaciones a partir del menú emergente de un rasgo:** cuando se abre el menú emergente al hacer clic sobre un rasgo, en el extremo inferior derecho de la caja de diálogo que se abre se localizan tres puntos que al dar clic sobre ellos muestran un menú con las siguientes opciones (Figura 2.23c):
  - **Desplazar panorámicamente a:** hace un desplazamiento para centrar el rasgo en el área de visualización.
  - **Agregar un marcador:** agrega una marca tipo pin sobre el rasgo. Al dar clic en esta marca se observarán las coordenadas del punto en una caja de diálogo la cual a su vez en su parte inferior derecha tiene tres puntos que al dar clic en ellos abre un menú con las opciones de Desplazar panorámicamente a y la de Eliminar marcador (Figura 2.23d).
  - **Ver en la tabla de atributos:** abre la tabla de atributos y selecciona el rasgo.

Un tercer y último visor que emplea el SIG ZMC es el llamado Portafolio que permite desplegar, además del mapa, una serie de imágenes, en el caso del *SIG ZMC v1.0* de los gráficos que muestran el comportamiento de los parámetros de monitoreo de la calidad del agua en el Río Apatlaco (Figura 2.24). Este visor es el que menos herramientas y funciones presenta para interactuar con el mapa, pero su potencialidad es dar acceso rápido a las imágenes de los gráficos e inclusive poder mostrar una ventana de descripción del gráfico

Figura 2.24 Herramientas del visor de portafolio



Las herramientas que posee el visor de portafolio son (figura 24):

- Ampliación/reducción: permite hacer ampliaciones o reducciones del despliegue del mapa.
- Mostrar leyenda: al dar clic muestra la leyenda del mapa.

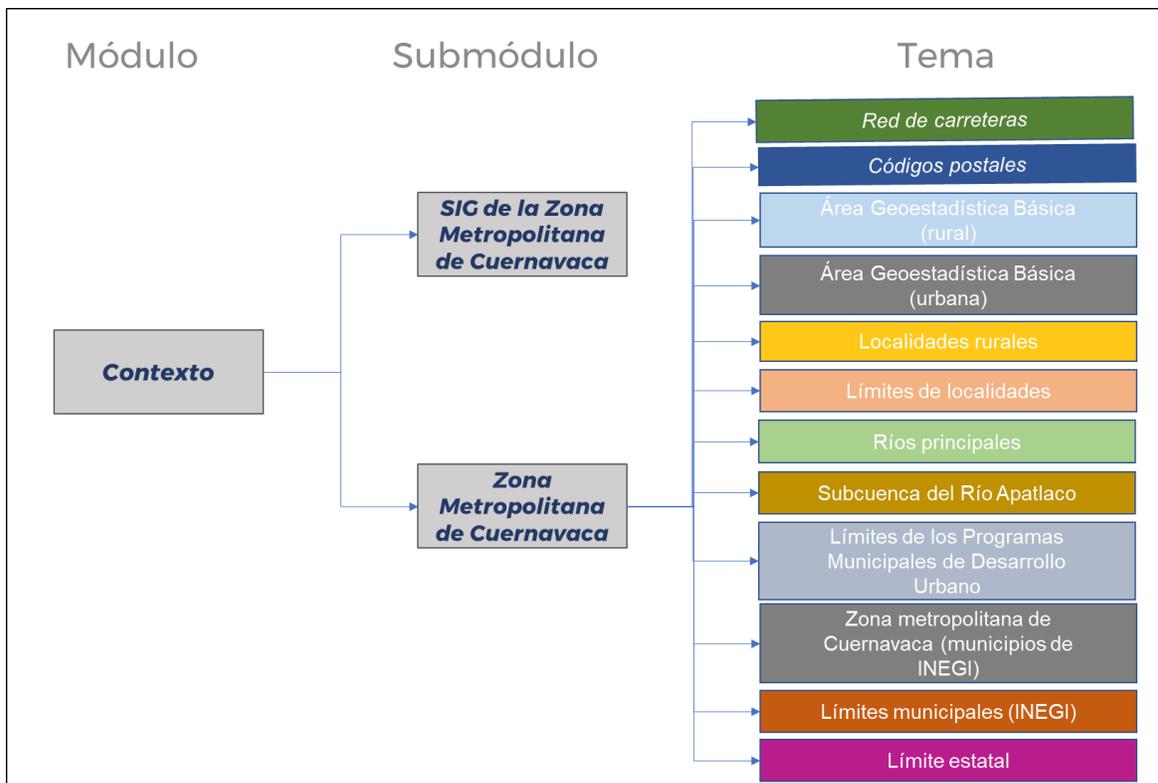
- Búsqueda de direcciones: permite hacer búsqueda de lugares sobre el mapa, hace uso del servicio de geocodificación de lugares de ArcGis.
- Menú emergente: muestra la información del rasgo seleccionado, dentro de este tiene la funcionalidad de hacer un acercamiento al rasgo a través de la lupa.
- Despliegue de ayuda: Despliega una ventana con información del contenido del mapa y las funcionalidades de sus herramientas de navegación.
- Navegación: permite cambiar la imagen o mapa activo que se está desplegando.
- Información: abre una ventana en la sección izquierda con la descripción del mapa o imagen siendo mostrada

## 2.4 Descripción de módulos del SIG ZMC v 1.0

### 2.4.1 Módulo Contexto

El módulo Contexto está dividido en dos submódulos, el primero de ellos es el tablero inicial de presentación del SIG de la Zona Metropolitana de Cuernavaca y un segundo submódulo denominado Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.25). El tablero, como se mencionó anteriormente, da una introducción breve al Programa Sectorial de Infraestructura para la Gestión Integral del Agua en la ZMC (ProSiAgua), a la interfaz, se establece el contenido y se dan los créditos principales. El submódulo “Zona Metropolitana de Cuernavaca” presenta los temas para dar una contextualización de la ZMC en cuanto a límites territoriales administrativos, límites hidrológicos, límites geoestadísticos, red de corrientes principales y red de carreteras y caminos.

Figura 2.25 Estructura del módulo de contexto



Fuente: Elaboración propia.

Específicamente los temas de “Límite estatal”, “Límites municipales (INEGI)”, “Zona metropolitana de Cuernavaca (municipios de INEGI)” y “Límites de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano”, establecen la cartografía base para todos los mapas que se presentan en los submódulos del SIG ZMC. A los temas anteriores, en algunos submódulos con un enfoque hidrológico, a esta cartografía base, se agregan los temas de Subcuenca del Río Apatlaco y Ríos principales.

A continuación se describe la información que integra el submódulo Zona Metropolitana de Cuernavaca.

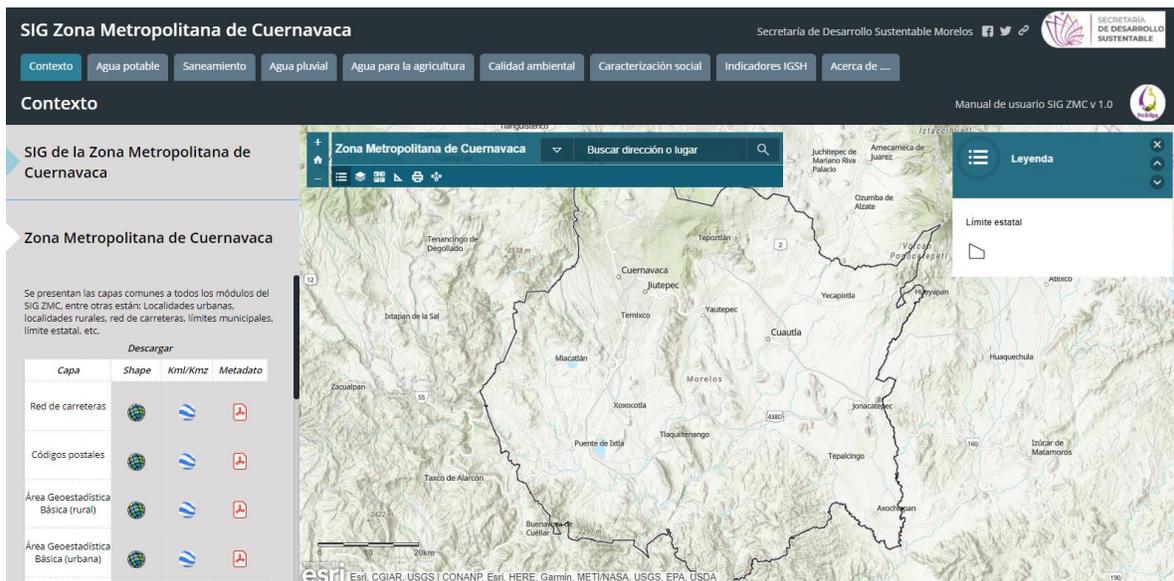
## Zona Metropolitana de Cuernavaca

La información colectada en este submódulo provino de cinco fuentes que son:

1. Marco geoestadístico Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
2. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL V4.0 publicada en 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
3. Programas Municipales de Desarrollo Urbano. Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) Morelos.
4. Red Nacional de Caminos - Instituto Mexicano del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones (SCT-IMT) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
5. Códigos Postales. Servicio Postal Mexicano (Sepomex).

**Límite estatal.** Datos vectoriales con la delimitación espacial (polígono) del estado de Morelos (Figura 2.26). Esta capa contiene el límite empleado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para realizar el trabajo de campo de los censos que tiene entre sus funciones, y asignar los resultados a una unidad administrativa. La delimitación puede en algunos tramos coincidir con los límites político-administrativos oficiales, para los cuales se tiene sustento legal; sin embargo, cuando no es así deben entenderse esos tramos como límites provisionales, trazados sólo para realizar los operativos censales. Estos límites provisionales no tienen pretensión de oficialidad, dado que el INEGI no es el órgano facultado para definir límites político-administrativos.

Figura 2.26 Límite estatal



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020. A partir de la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile

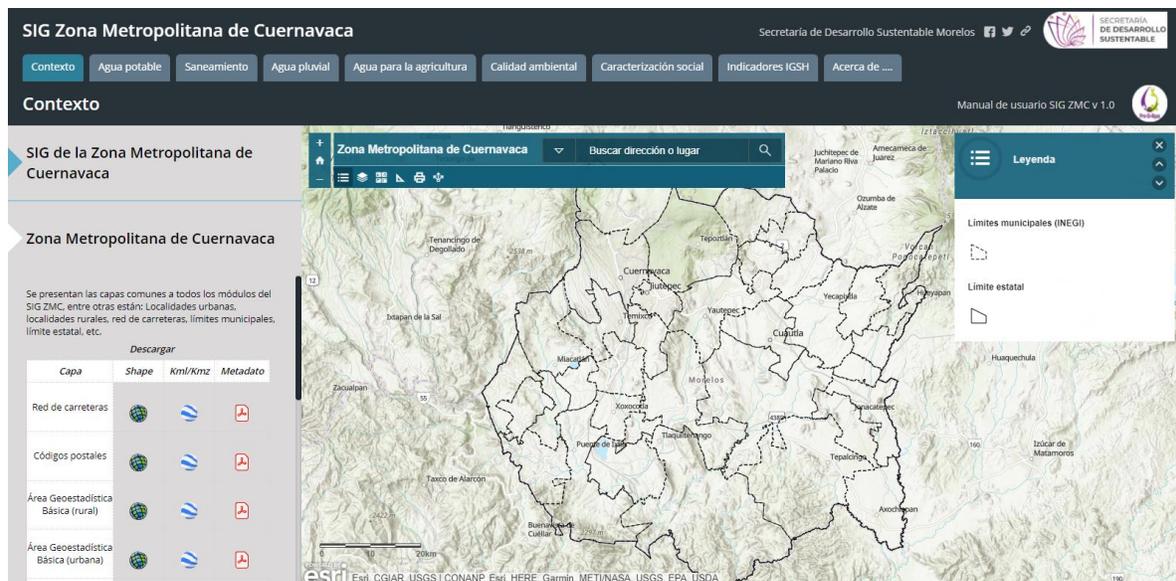
17ent correspondiente al área geoadministrativa estatal establecida para el estado de Morelos (límite estatal). Dado que la capa de origen venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008 está se reproyectó a MEXICO\_ITRF\_2008/UTM zona 14 norte.

Este tema contiene tres campos de tipo string con las claves para la entidad federal establecidas por el INEGI y el nombre de la misma. Dentro del sistema, este tema no tiene activado el menú emergente, por lo que no despliega ninguna información. La capa se emplea para contextualizar espacialmente toda la información mostrada en el SIG ZMC. Esta capa puede descargarse del sistema en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

***Límites municipales (INEGI).*** Datos vectoriales con la delimitación espacial (polígonos) de los municipios que integran el estado de Morelos (Figura 2.27). Esta capa contiene los límites empleados por el INEGI, para realizar el trabajo de campo de los censos que tiene entre sus funciones, y asignar los resultados a una unidad administrativa. La delimitación puede en algunos tramos coincidir con los límites político-administrativos oficiales, para los cuales se tiene sustento legal; sin embargo, cuando no es así deben entenderse esos tramos como límites provisionales, trazados sólo para realizar los operativos censales. Estos límites provisionales no tienen pretensión de oficialidad, dado que el INEGI no es el órgano facultado para definir límites político-administrativos.

Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020. A partir de la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile 17mun correspondiente a las áreas geoadministrativas municipales (límites municipales) para el estado de Morelos. Dado que la capa de origen venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008 está se reproyectó a MEXICO\_ITRF\_2008/UTM zona 14 norte.

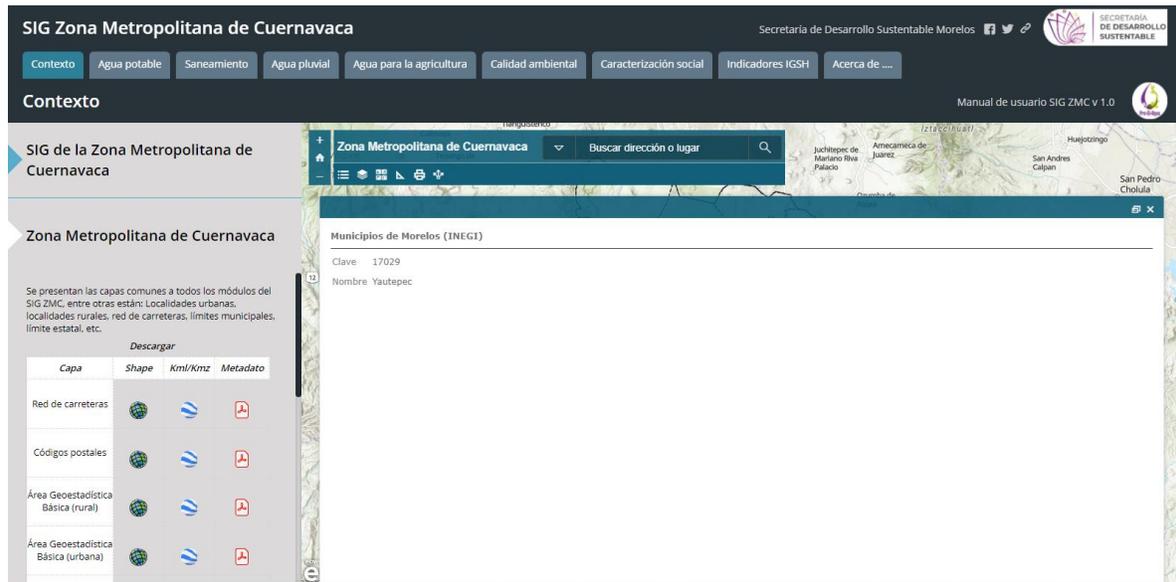
Figura 2.27 Límites municipales (INEGI)



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

El tema contiene cuatro campos de tipo string con las claves de la entidad federal y el municipio establecidas por el INEGI y el nombre de este último. Dentro del sistema únicamente se activan los campos de la clave geográfica integrada única y el nombre del municipio para mostrarse en el menú emergente (Figura 2.28). La capa se emplea para contextualizar espacialmente toda la información mostrada en el SIG ZMC.

Figura 2.28 Campos mostrados en el SIG ZMC para Límites municipales (INEGI)



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

Zona metropolitana de Cuernavaca (municipios de INEGI). Datos vectoriales con la delimitación espacial (polígonos) de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.29). Esta capa contiene los límites empleados por el INEGI, para realizar el trabajo de campo de los censos que tiene entre sus funciones, y asignar los resultados a una unidad administrativa. Parte de los límites establecidos pueden coincidir con las demarcaciones político-administrativas oficiales, las cuales tienen sustento legal, pero partes no, estos fueron trazados sólo para realizar los operativos censales.

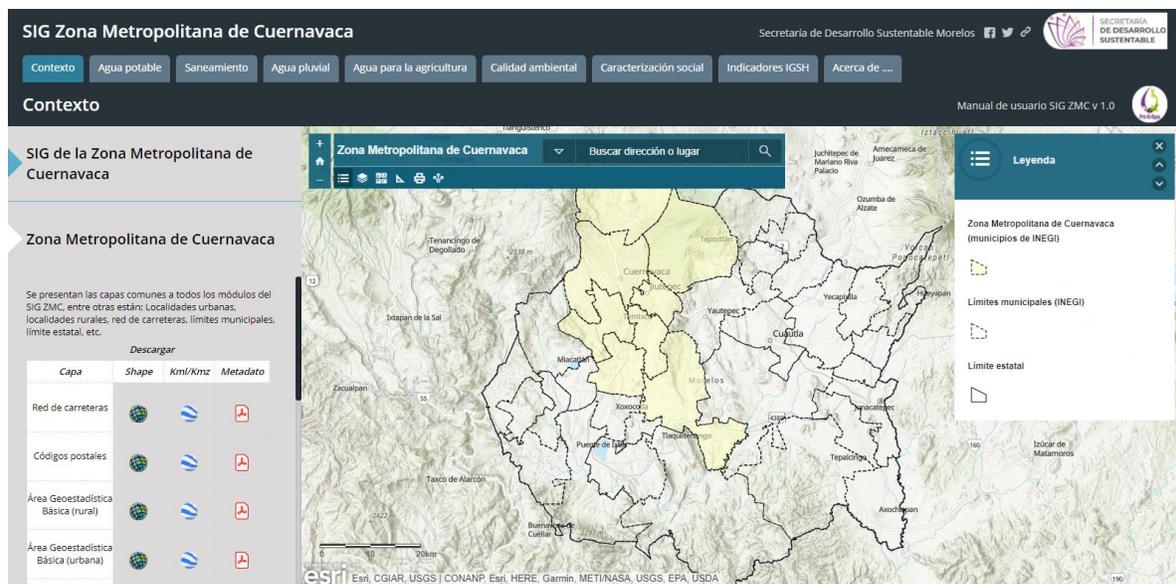
Este tema tiene por finalidad establecer la delimitación espacial empleada por el INEGI de los municipios que integran la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y se generó mediante el siguiente procedimiento:

- Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020.
- A partir de la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile 17mun.shp correspondiente a las áreas geoestadísticas municipales (límites municipales) para el estado de Morelos.
- Empleando el campo CVE\_MUN (clave del municipio) de su tabla de atributos se seleccionaron los ocho municipios que conforman la ZMC y se salvó dicha selección.

- Como de origen la capa venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008, ésta se re proyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

Por provenir de la misma capa de origen, que la cobertura Límites municipales (INEGI), el tema posee los mismos cuatro campos que ésta; por lo que al desplegarse en el sistema se traslapan entre sí y no es necesario activarle ningún campo, la información es proporcionada por el menú emergente de la capa Límites municipales (INEGI). La capa se emplea para que rápidamente se visualice la delimitación de la zona metropolitana de Cuernavaca y contextualizar espacialmente toda la información mostrada en el SIG ZMC. Esta capa puede descargarse del sistema en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

Figura 2.29 Zona metropolitana de Cuernavaca (municipios de INEGI).



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

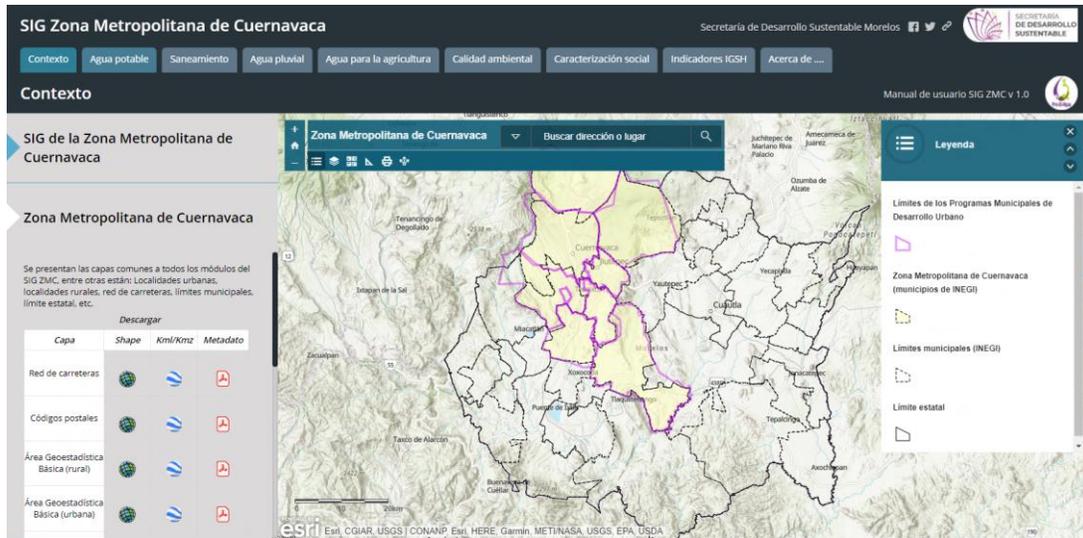
**Límites de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano.** El tema está integrado a partir de los límites publicados en los Programas Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU) vigentes actualmente para cada uno de los ocho municipios que conforman la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC). Como los PMDU se realizan de manera individual por cada municipio, el tema presenta inconsistencias topológicas en las fronteras entre municipios vecinos, pudiéndose observar traslapes o huecos. Además, las fechas de publicación de cada PMDU varían y tienen varios años que no se actualizan.

La cobertura tiene como finalidad el contar con los límites que cada municipio reconoce y contrastarlos con las delimitaciones que para fines de colección de estadísticos realiza el INEGI. Para generar el tema el procedimiento fue el siguiente:

Para obtener la cartografía digital de los PMDU de los ocho municipios de la ZMC, se hizo una petición expresa a la SDS Morelos, obteniéndose un shapefile por cada municipio, los cuales mediante el Software ArcGIS se unieron en un solo shapefile. Para poder hacer esta

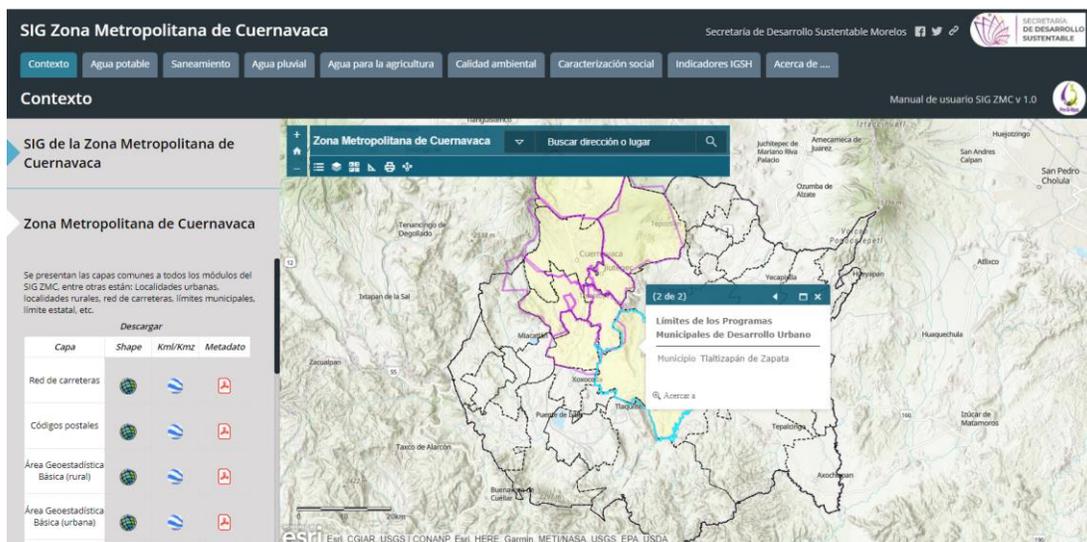
unión se consideraron dos condiciones, la primera, que todas las capas estuvieran en la misma proyección lo cual si se cumplía, pues todas ellas se encontraban proyectadas en Universal Transversal Mercator empleando el elipsoide WGS 1984. La segunda condición fue uniformizar sus tablas de atributos pues unas capas tenían un solo atributo, otras dos y alguna hasta tres atributos, siendo el único atributo común el nombre del municipio que fue el único que se dejó para la capa de unión. Una vez unidas todas las capas en un solo shapefile, como la capa quedó en proyección WGS\_1984\_UTM\_Zone\_14N esta se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte (Figura 2.30).

Figura 2.30 Límites de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano.



Fuente: Elaboración propia con información de SDS, 2000-2011.

Figura 2.31 Campos del tema Límites de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano.



Fuente: Elaboración propia con información de SDS, 2000-2011.

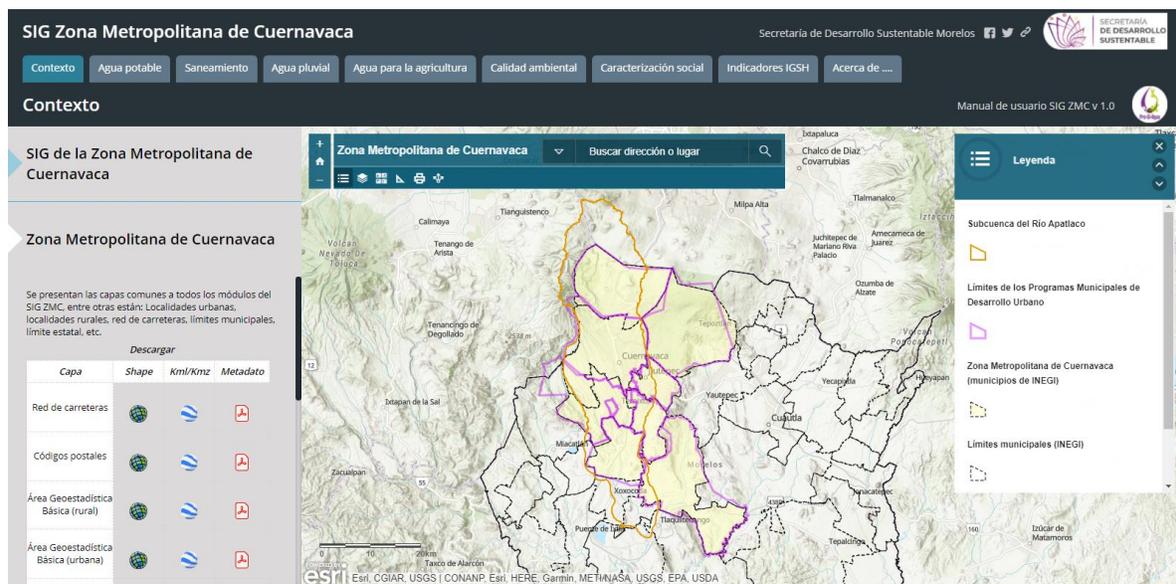
Como se mencionó la capa posee un solo campo con el nombre del municipio el cual es activado en el menú emergente para resaltar la delimitación al dar clic en él (Figura 2.31).

La capa se emplea para que rápidamente se visualice la delimitación de la zona metropolitana de Cuernavaca con los límites de los PMDU y contextualizar espacialmente toda la información mostrada en el SIG ZMC. Esta capa puede descargarse del sistema en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

**Subcuenca del Río Apatlaco.** El tema contiene la subcuenca del Río Apatlaco generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a partir de su cartografía en papel 1:50,000, fotografía aérea e imágenes de satélite y publicada en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL. El propósito del tema es contar con la delimitación o parteaguas de la subcuenca del Río Apatlaco, para poder hacer análisis hidrológico y de gestión de recursos hídricos. El SIATL es publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y su información digital de hidrología fue producida en el año 2010, sin embargo, el parteaguas de una subcuenca es difícil que cambie por lo que se considera representativa del tema.

El procedimiento para obtener el tema fue: A partir de la aplicación del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL V4.0 publicada en 2020, se descargó la red hidrográfica para la subcuenca del Río Apatlaco (clave RH18Fd) la cual está integrada por tres capas en archivos shapefile que son RH18Fd\_hl.shp (líneas de flujo), RH18Fd\_dr.shp (puntos de drenaje) y RH18Fd\_subc.shp (polígono de la subcuenca). Se consideró únicamente el archivo RH18Fd\_subc.shp que es el que tiene la poligonal de la subcuenca. Dado que la capa de origen viene en coordenadas geográficas usando el sistema GCS\_GRS\_1980, ésta se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte para tener la cobertura final del tema (Figura 2.32).

Figura 2.32 Subcuenca del Río Apatlaco.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2010 y 2020.

El tema posee 20 campos unos de tipo Real, otros String y otros Integer en los cuales se establece tanto la identificación de la subcuenca (identificador, claves y nombre), como sus relaciones de pertenencia a contextos más grandes como la cuenca y la región hidrológica. Además establece hasta cuatro posibles puntos de salida de los escurrimientos, el total de drenes hacia cada punto de salida, el área de la subcuenca, el perímetro y el tipo. En el menú emergente únicamente se activaron 5 campos, aquellos que identifican, establecen la pertenencia, dan el área y el tipo de la subcuenca (Figura 2.33).

La capa se emplea para establecer la zona de aportación de los escurrimientos principales que circulan por la zona metropolitana de Cuernavaca. Además, para submódulos con una fuerte componente hidrológica se emplea para contextualizar espacialmente esta información. La capa puede descargarse del SIG en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

Figura 2.33 Campos del tema Subcuenca del Río Apatlaco.

The screenshot shows the 'SIG Zona Metropolitana de Cuernavaca' interface. The top navigation bar includes tabs for 'Contexto', 'Agua potable', 'Saneamiento', 'Agua pluvial', 'Agua para la agricultura', 'Calidad ambiental', 'Caracterización social', 'Indicadores IGSF', and 'Acerca de...'. The 'Contexto' tab is active. Below the navigation bar, there is a search bar and a map view. The main content area displays the metadata for the 'Subcuenca del Río Apatlaco' layer. The metadata table is as follows:

Subcuenca del Río Apatlaco	
Clave	RH18Fd
Región Hidrológica	BALSAS
Cuenca	R. GRANDE DE AMACUZAC
Subcuenca	R. Apatlaco
Área (Km2)	809,95
Tipo	ABIERTA

On the left side of the interface, there is a 'Descargar' section with a table of available layers:

Capa	Shape	Kml/Kmz	Metadato
Red de carreteras			
Códigos postales			
Área Geoadministrativa Básica (rural)			
Área Geoadministrativa Básica (urbana)			

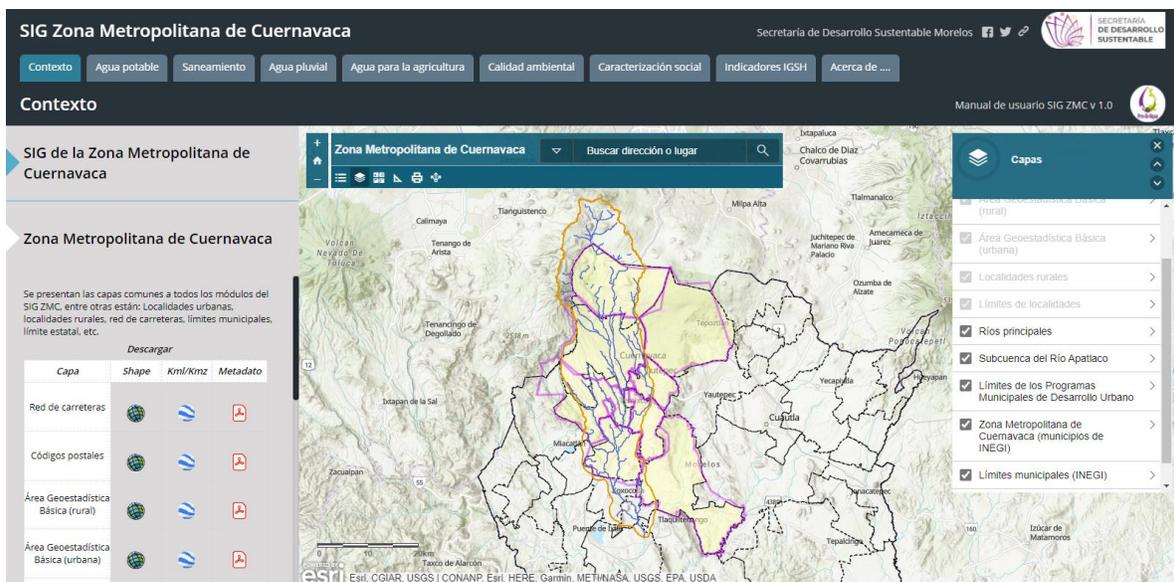
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2010 y 2020a.

**Ríos principales.** Corrientes principales en la subcuenca del Río Apatlaco, generadas a partir de cartografía 1:50,000 (Figura 2.34). El tema contiene la red hidrográfica conectada del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL, considerando únicamente las corrientes con magnitud de orden 3, y superiores. La magnitud de orden es una medida de la posición de un arroyo (definido como el segmento entre tributarios sucesivos) dentro de la jerarquía de la red de drenaje. El SIATL es publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y su información digital de corrientes fue producida en el año 2010, sin embargo, estos son rasgos con un cambio lento por lo que se considera representativa del tema.

El tema tiene como propósito mostrar los ríos principales o trayectos por donde circula el agua superficial hacia la salida de la subcuenca del Río Apatlaco, de manera que pueda establecerse las relaciones de proximidad del recurso hídrico con las localidades y centros de consumo.

El tema se generó mediante el siguiente procedimiento: A partir de la aplicación del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL V4.0 publicada en 2020, se descargó la red hidrográfica para la subcuenca del Río Apatlaco (clave RH18Fd) la cual está integrada por tres capas en archivos shapefile que son RH18Fd\_hl.shp (líneas de flujo, RH18Fd\_dr.shp puntos de drenaje y RH18Fd\_subc.shp polígono de la subcuenca. Se trabajó con el archivo RH18Fd\_hl.shp que es el que tiene propiamente la red de drenaje y a partir del campo ORDER\_1 que posee el indicador de orden de magnitud de las corrientes se seleccionaron todos aquellos tramos con un valor mayor o igual a 3 para discriminar todas aquellas corrientes iniciales o tributarias pequeñas y quedarse únicamente con la red de ríos principales. Se salvó la selección en una nueva capa. Finalmente, como la capa de origen viene en coordenadas geográficas usando el sistema GCS\_GRS\_1980, la capa generada se reprojectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

Figura 2.34 Ríos principales.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI 2010 y 2020b.

El tema posee 22 campos unos de tipo Real, otros String, otros Integer64 y hasta uno tipo Date. Varios de los campos se definieron para establecer la conectividad de la red, fijar la dirección de flujo y construir el ruteo del agua. Sin embargo, como la finalidad del SIG ZMC no es ofrecer este tipo de procesamiento que requiere de servidores con capacidades especiales y que para realizarse en la nube donde se aloja el SIG ZMC tendría un costo económico, la capa no tiene activado ningún campo y solo se emplea como información contextual para establecer relaciones visuales o de procesamiento no automático.

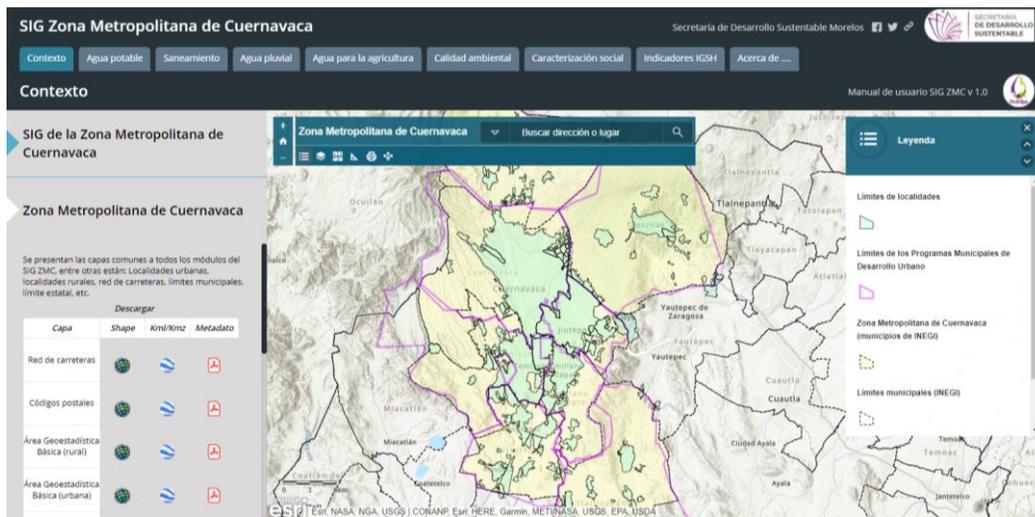
La capa puede descargarse del SIG en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

**Límites de localidades.** Polígonos que definen el área que cubren las localidades urbanas y algunas de las localidades rurales dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.35). Las localidades rurales que se integran son aquellas para las cuales el INEGI cuenta con un plano. Se considera localidad urbana aquella con más de 2,500 habitantes y/o que

sea cabecera municipal, independientemente de su población. Una localidad rural es aquella que no cumple con estos criterios.

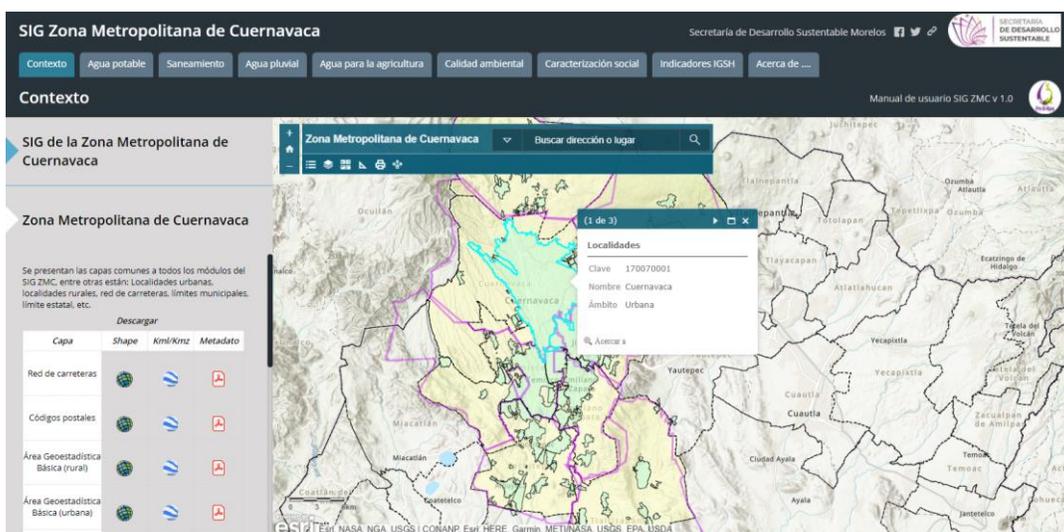
Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020. A partir de la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile 17l.shp correspondiente a los polígonos de localidades urbanas y rurales amezanadas para el estado de Morelos. Empleando el campo CVE\_MUN (clave del municipio) de su tabla de atributos se seleccionaron los ocho municipios correspondientes a la ZMC y se salvó dicha selección. De origen la capa venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008 de modo que se reproyectó a MEXICO\_ITRF\_2008/UTM zona 14 norte.

Figura 2.35 Límites de localidades.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

Figura 2.36 Campos activos en el menú emergente de Límites de localidades.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

El tema posee 6 campos de atributo de tipo string, de los cuales se activaron tres en el menú emergente, la clave de identificación única, el nombre de la localidad y el ámbito de esta (Figura 2.36).

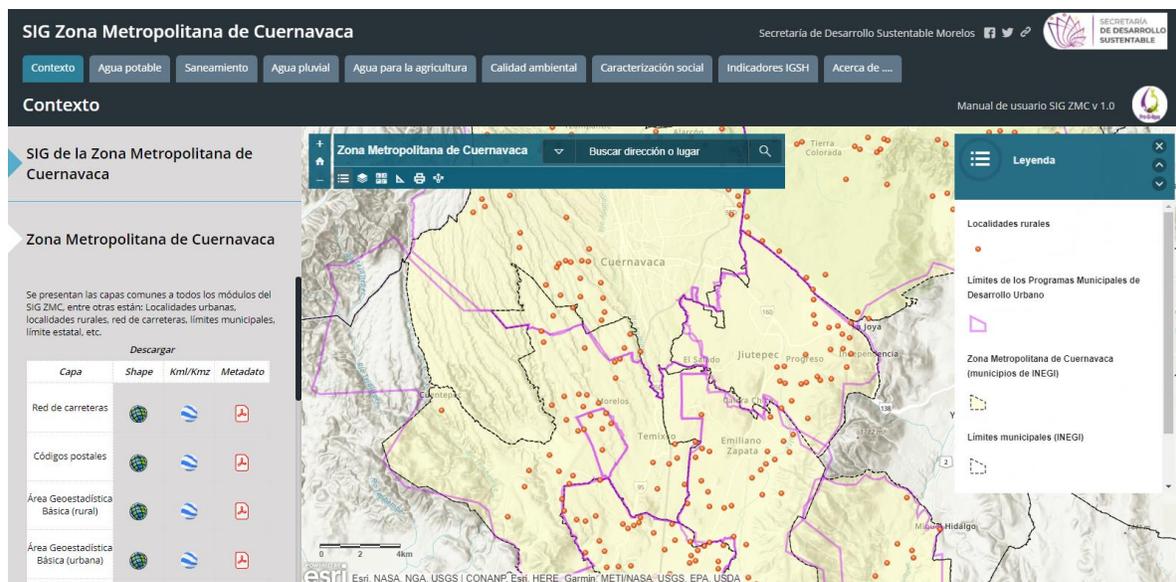
Cabe mencionar, que el tema al entrar al submódulo de Contexto no es visible, sino que se requiere alcanzar una escala para que éste se muestre en el mapa. A partir de su visualización se puede apreciar que más del 90% de la zona conurbada está integrada por las localidades de Cuernavaca, Jiutepec, Temixco, Tres de Mayo y Emiliano Zapata.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

**Localidades rurales.** Tema conteniendo datos vectoriales con la ubicación de puntos que definen la distribución espacial de localidades rurales dentro de la ZMC (Figura 2.37). Cada punto establece el centroide de una localidad rural y fue determinado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se considera localidad rural aquella con menos de 2,500 habitantes y que no sea cabecera municipal. El tema tiene por finalidad complementar al tema de Límite de localidades, ubicando espacialmente las localidades rurales para las que el INEGI no posee un plano.

El tema se generó mediante el siguiente procedimiento: Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020. A partir de la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile 17lpr.shp correspondiente a las localidades puntuales rurales para el estado de Morelos. Empleando el campo CVE\_MUN (clave del municipio) de su tabla de atributos se seleccionaron los ocho municipios correspondientes a la ZMC y se salvó dicha selección. De origen la capa venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008 de modo que se reprojectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

Figura 2.37 Localidades rurales.

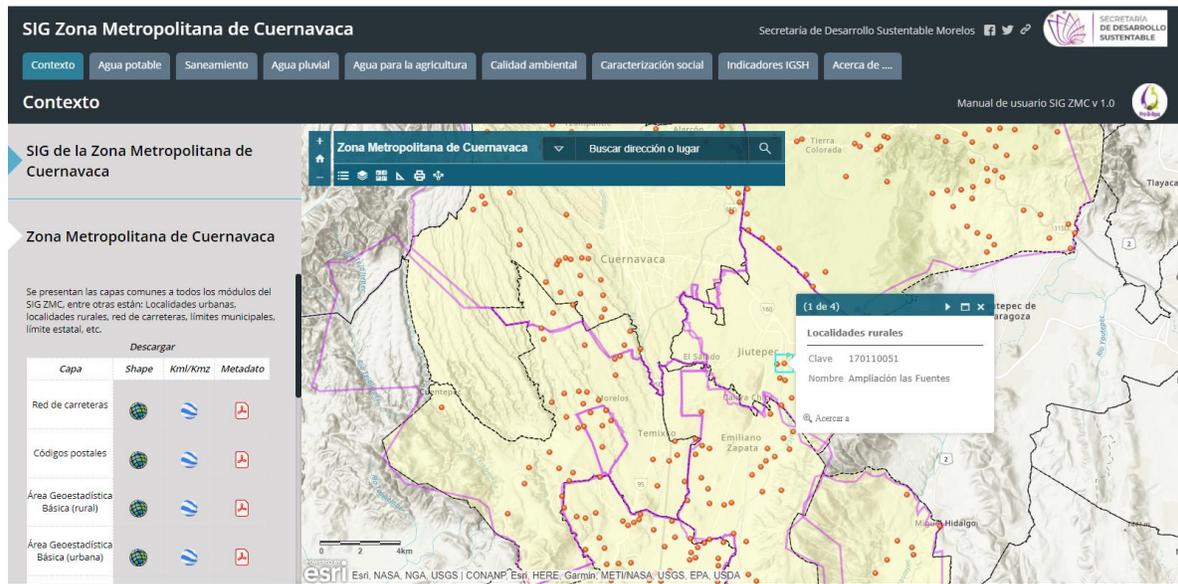


Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

Aunque el tema posee 8 campos, principalmente claves e identificadores para relacionarse con otros temas; en el SIG ZMC únicamente se muestran la clave única asignada a la localidad y su nombre (Figura 2.38). El tema solo se visualiza al alcanzar determinada ampliación. En el tema resaltan los municipios de Xochitepec, Tlaltizapán de Zapata y Tepoztlán en su número de localidades rurales alejadas de la zona conurbada.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

Figura 2.38 Campos activos en el menú emergente de Localidades rurales.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

**Área Geoestadística Básica (urbana).** Tema con los polígonos que delimitan las áreas geoestadísticas básicas urbanas (AGEB's urbanas) definidas por el INEGI dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.39). Un AGEB es una unidad territorial creada específicamente como base para el control de los operativos de levantamiento de información en campo que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Existen dos tipos de áreas geoestadísticas básicas: urbanas y rurales. Las AGEB's urbanas agrupan conjuntos de manzanas correspondientes a una localidad urbana.

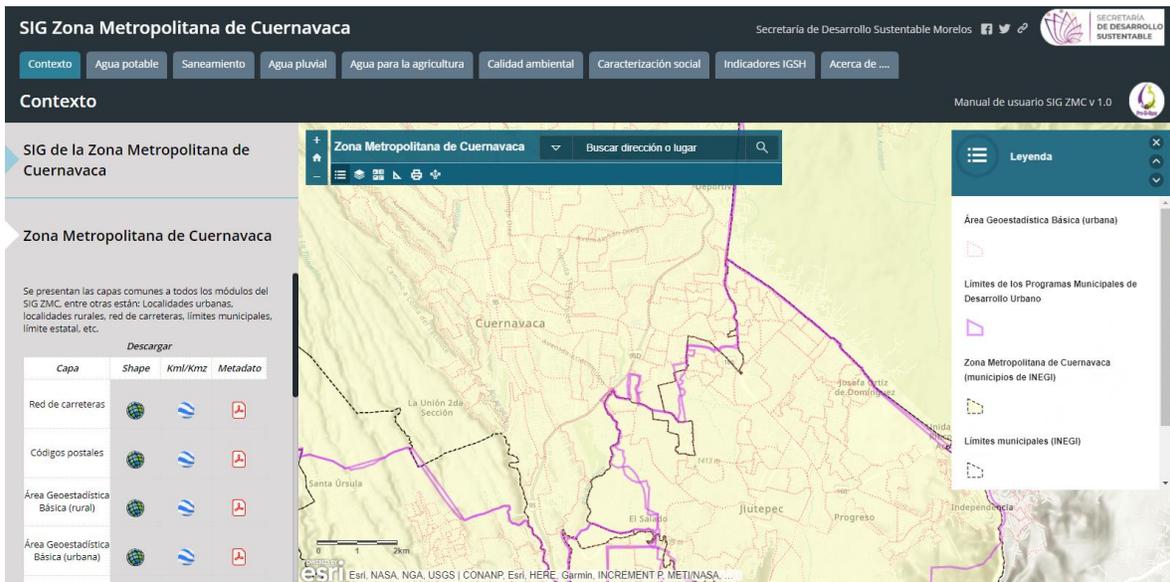
Para generar el tema se procedió de la siguiente manera:

- Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020.
- A partir de la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile 17a.shp correspondiente a las áreas geoestadísticas básicas urbanas para el estado de Morelos.
- Empleando el campo CVE\_MUN (clave del municipio) de su tabla de atributos se seleccionaron los ocho municipios correspondientes a la ZMC y se salvó dicha selección.

- De origen la capa venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008 de modo que se re proyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

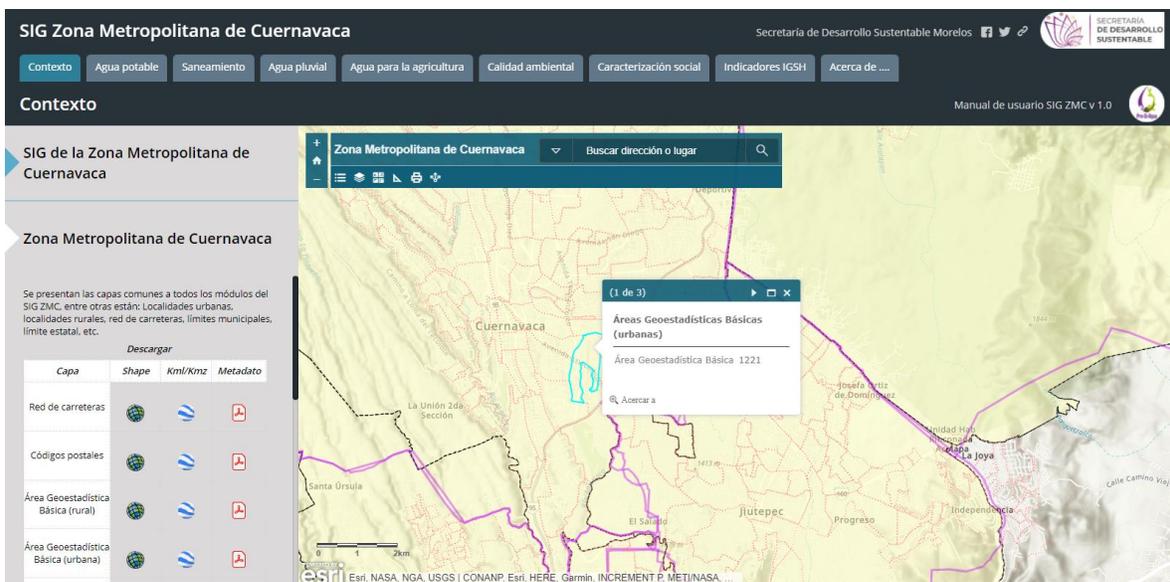
Dado que los AGEB no cuentan con un nombre, sino únicamente con una clave de identificación ésta es la que se muestra dentro del SIG ZMC (Figura 2.40).

Figura 2.39 Área Geoestadística Básica (urbana).



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

Figura 2.40 Campos mostrados para el tema Área Geoestadística Básica (urbana).

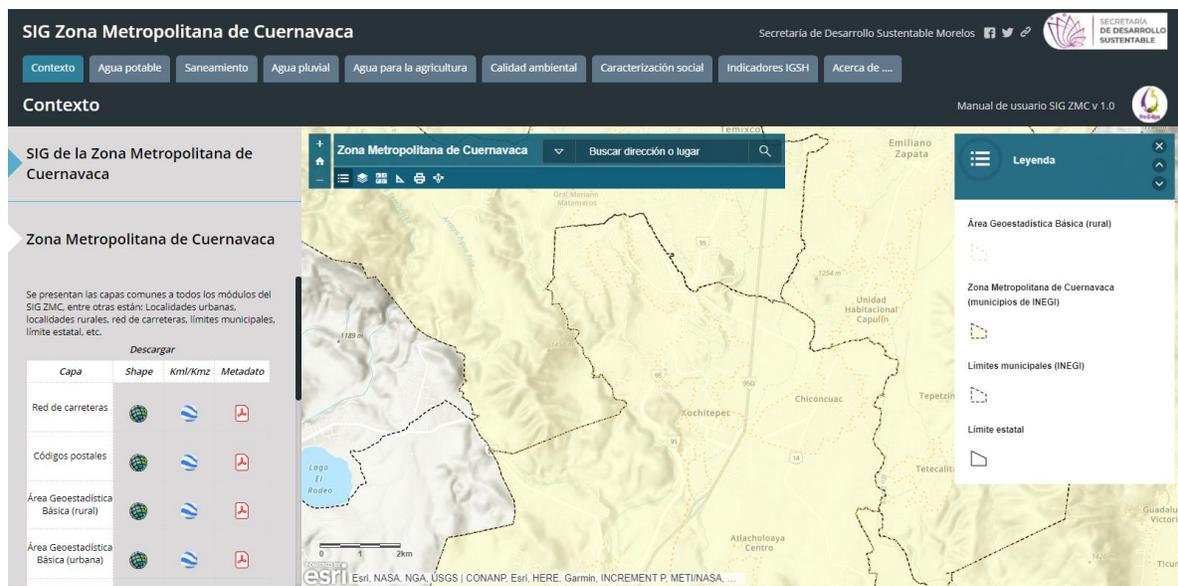


Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

El tema solo se visualiza al alcanzar determinada ampliación. La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

Área Geoestadística Básica (rural). Polígonos que delimitan las áreas geoestadísticas básicas rurales (AGEB's rurales) definidas por el INEGI dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.41). Un AGEB es una unidad territorial definida como base para el control de los operativos de levantamiento de información estadística. Existen dos tipos de áreas geoestadísticas básicas: urbanas y rurales. A diferencia de las AGEBs urbanas que se definen como subdivisiones de una localidad urbana, las AGEB's rurales agrupan localidades rurales y sus extensiones son grandes.

Figura 2.41 Área Geoestadística Básica (rural).

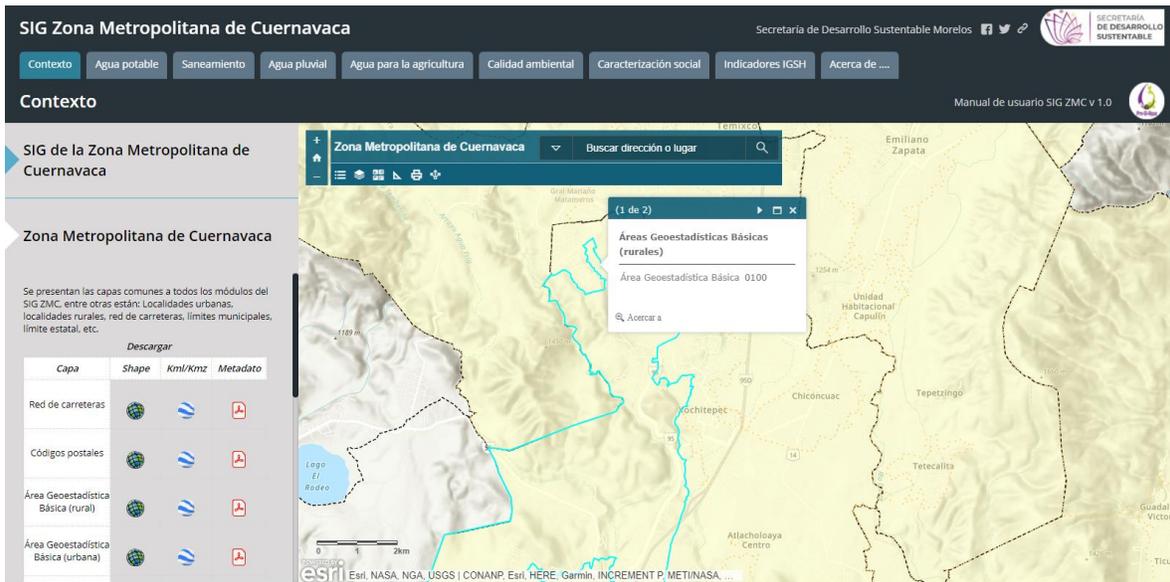


Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

Se descargó de la página del INEGI el Marco Geoestadístico (MG) Censo de Población y Vivienda 2020. De la carpeta de Conjunto de datos se seleccionó la capa shapefile 17ar.shp correspondiente a las áreas geoestadísticas básicas rurales para el estado de Morelos. Empleando el campo con la clave del municipio, de su tabla de atributos, se seleccionaron los ocho municipios correspondientes a la ZMC y se salvó dicha selección. De origen la capa venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_ITRF\_2008 de modo que se re proyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

Al igual que para las AGEBs urbanas, el tema de AGEBs rurales únicamente despliega la clave de la AGEB en el menú emergente del SIG ZMC (Figura 2.42). El tema solo se visualiza al alcanzar determinada ampliación. La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

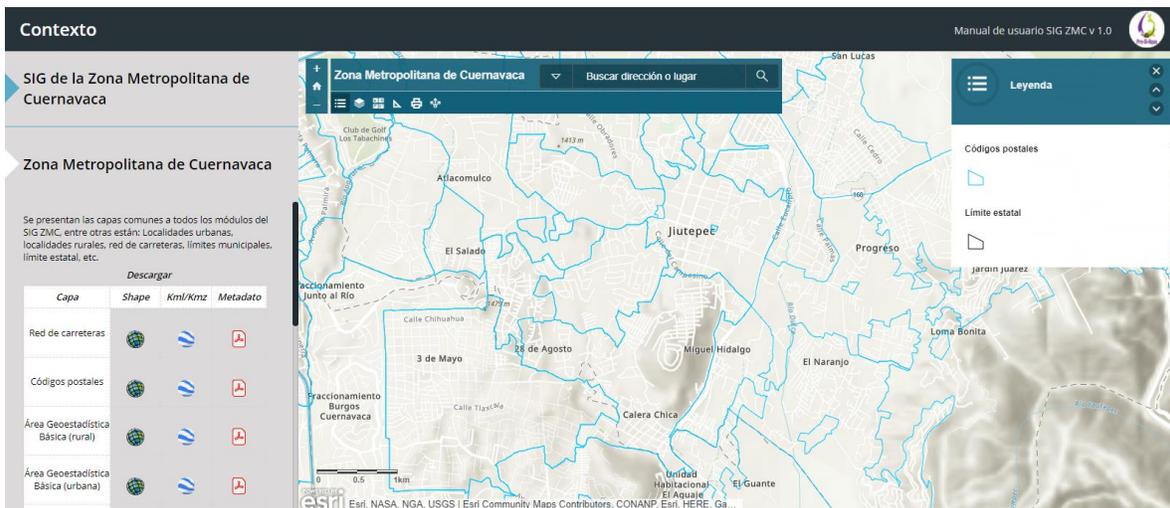
Figura 2.42 Campos mostrados para el tema Área Geoestadística Básica (rural).



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020.

**Códigos postales.** Tema que contiene los polígonos que delimitan las áreas que cubren los códigos postales en que Correos de México y el Servicio Postal Mexicano (SEPOMEX) han dividido los municipios que integran la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.43). Este tema tiene como finalidad que alguien con base en el código postal pueda ubicarse y establecer las relaciones de proximidad a las fuentes o elementos de gestión de recursos hídricos.

Figura 2.43 Códigos postales.



Fuente: Elaboración propia con información de SEPOMEX, 2012-2020.

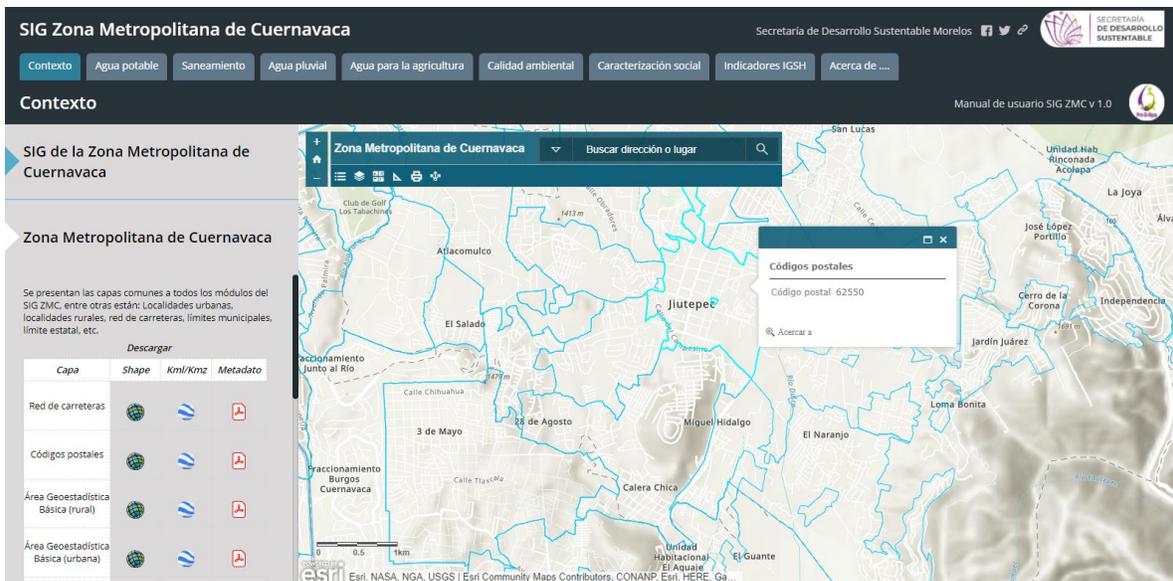
A partir de la página de datos abiertos que publica el Servicio Postal Mexicano, se descargó todo el conjunto de datos de archivos shapefile a nivel nacional, y se seleccionó la capa

correspondiente al estado de Morelos. Posteriormente, dado que está es una capa a nivel estatal se recortó, considerando sólo los rasgos que se ubican espacialmente, completa o parcialmente dentro de la ZMC. De origen la capa venía en proyección Cónica Conforme de Lambert en el sistema geográfico GCS\_WGS\_1984 de modo que se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

La capa posee únicamente un rasgo que corresponde al código postal del rodal seleccionado, el cual es mostrado en el menú emergente para la identificación del rasgo al hacer clic (Figura 2.44). Por ser rodales pequeños que saturarían el mapa a escalas pequeñas, sin aportar nada, más bien cubriendo alguna otra información, el tema solo se visualiza al alcanzar determinada ampliación. Por otra parte, la capa ha venido actualizándose desde su año inicial de publicación en 2012 por lo que se considera su periodo de información del 2012 al 2020.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

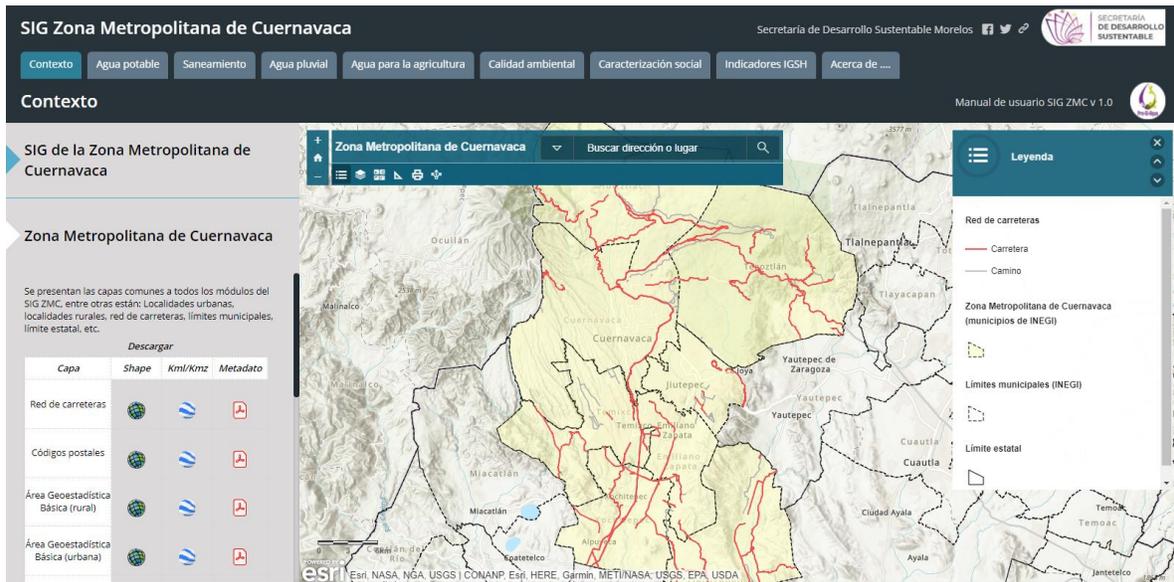
Figura 2.44 Menú emergente para Códigos postales.



Fuente: Elaboración propia con información de SEPOMEX, 2012-2020.

**Red de carreteras.** El objetivo de este tema es proporcionar un mapa con alta precisión y escala de detalle con la localización de las carreteras y caminos, que establecen la conectividad terrestre en la ZMC (Figura 2.45). Así como proporcionar información de características como: recubrimiento, tipo, velocidad máxima, etc.

Figura 2.45 Red de carreteras.



Fuente: Elaboración propia con información de SCT-IMT, 2012-2020.

La fuente de información de este tema es la Red Nacional de Caminos (RNC) integrada de manera conjunta por el Instituto Mexicano del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones (SCT-IMT) y el INEGI. La red originalmente fue modelada y estructurada con las especificaciones técnicas para Sistemas Inteligentes de Transportes, para determinar rutas en sistemas de información geográfica orientada al análisis de redes de transporte. La red se ha venido actualizando desde el 2012, en que se publicó inicialmente, al año 2020, año de la última actualización, por lo que posee información para este periodo.

Para integrar el tema se descargó todo el conjunto de datos de la RNC y se seleccionó la capa de red vial. Posteriormente, dado que está es una capa a nivel nacional se recortó considerando sólo los rasgos que se ubican dentro de la ZMC. De origen la capa venía en coordenadas geográficas en el sistema MEXICO\_ITRF\_2008 de modo que se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte. Por otro lado, se recortaron los campos de la tabla de atributos para dejar exclusivamente aquellos que se consideraron esenciales y a partir del campo de tipo de vialidad se seleccionaron exclusivamente los rasgos correspondientes a las carreteras y los caminos.

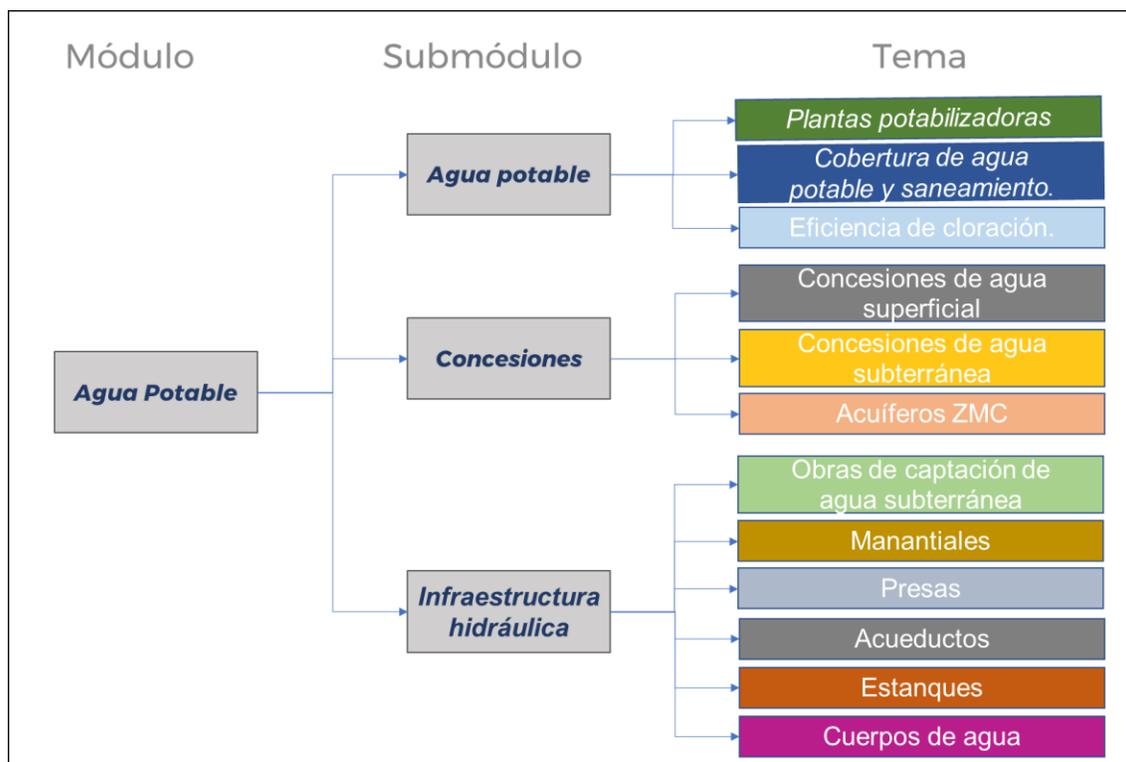
Como se mencionó, la RNC cuenta con una gran cantidad de campos, principalmente para establecer rutas entre lugares, pero estos se recortaron para dejar únicamente tipo de vialidad, nombre de la vialidad, tipo de recubrimiento, número de carriles, si es de peaje o no, quien la administra y la velocidad máxima permitida. Sin embargo, dentro del sistema SIG ZMC ninguno de estos campos se activó para ser mostrado en el menú desplegable, reduciéndose únicamente su utilidad en el submódulo a una discriminación del tipo de vialidad por color.

## 2.4.2 Módulo Agua potable

La información recopilada de los temas del módulo de *Agua potable* se obtuvo de varias fuentes, cada una con proyecciones geográficas propias, mismas que fueron estandarizadas utilizando la proyección cartográfica: *México ITRF2008 / UTM zona 14N*, de acuerdo con (INEGI, 2019), a partir de diciembre de 2010 se adoptó ITRF2008 en la época 2010 como marco de referencia oficial para la determinación de las coordenadas de su red geodésica horizontal. Respecto a las unidades, en general se encuentra en el sistema internacional, utilizando el metro como unidad. Los temas obtenidos para el módulo de agua potable ya sea los obtenidos a nivel nacional en formato vectorial o numérico fueron procesados utilizando la plataforma QGIS versión 2.18.28. Todos los nombres de las variables contenidas en los campos de los temas que fueron seleccionados para desplegarse en las ventanas emergentes, fueron depurados de acuerdo a los requerimientos de la Secretaría de Desarrollo Sustentable.

El módulo de *Agua potable* se estructuró en tres submódulos: Agua potable, Concesiones e Infraestructura hidráulica, estos integran varios temas como se muestra en la Figura 2.46.

Figura 2.46 Estructura del módulo de agua potable



Fuente: Elaboración propia.

### Agua potable.

Plantas potabilizadoras. La información referente a las plantas potabilizadoras fue obtenida del Sistema Nacional Agua, administrado por la Comisión Nacional del Agua, fue obtenida en representación espacial tipo vectorial del registro del inventario nacional a escala 1:250 000. El conjunto de datos se representa digitalmente mediante puntos la ubicación

de las plantas municipales de potabilización en operación que se registraron en el inventario nacional del año 2018. La capa obtenida fue a nivel nacional de la que se recortaron los ocho municipios de la ZMC. Los datos originales esta proyectados en el Sistema Geodésico de Referencia ITRF92 época 1988 y fueron reproyectados en el sistema estandarizado (ITRF2008 / UTM zona 14N), (Figura 2.47).

Figura 2.47 Plantas potabilizadoras



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019c](#).

Esta capa tiene 12 campos con variables tipo Integer64 y String, de los cuales fueron activados cinco considerados los más importantes (Figura 2.48).

Cabe hacer mención que en cuatro de los ocho municipios no se tienen plantas potabilizadoras incluido el municipio de Cuernavaca que es donde se concentra el mayor número de habitantes.

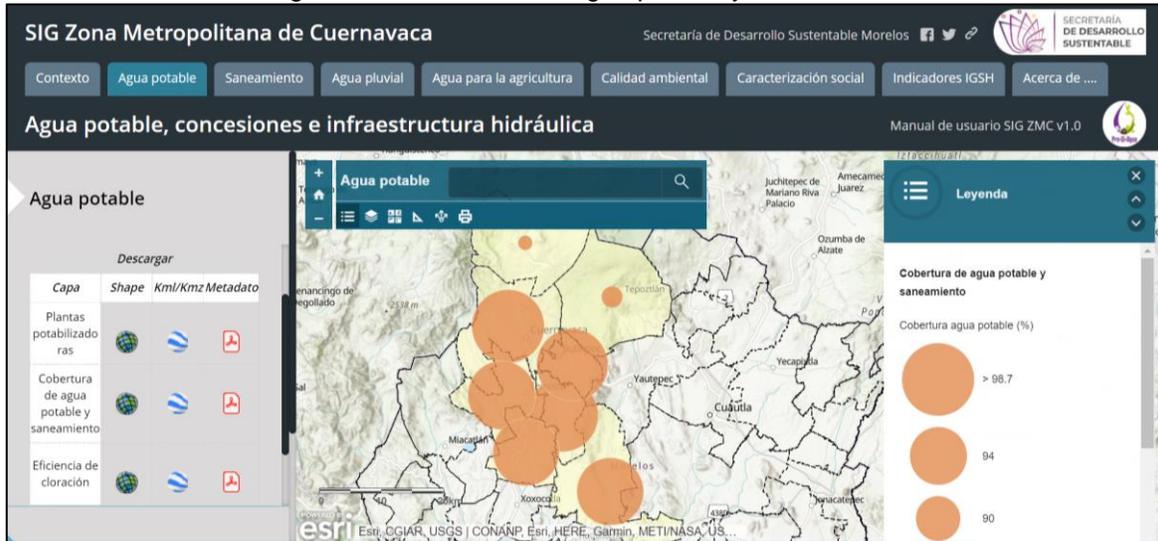
Figura 2.48 Campos seleccionados de plantas potabilizadoras



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019c](#).

Cobertura de agua potable y saneamiento. La cobertura de agua potable se extrajo del Sistema Nacional Agua, Cobertura de acceso al agua por municipio. Gerencia de Planificación Hídrica. Los datos espaciales son de tipo vectorial, representados digitalmente mediante polígonos con delimitación municipal a nivel nacional, así como el porcentaje de cobertura de acceso al agua que cada uno de ellos presentado para el año 2015. El sistema de referencia está definido como ITRF92 época 1988. La capa obtenida fue a nivel nacional de la que se recortaron los ocho municipios de la ZMC (Figura 2.49). Los datos originales fueron re proyectados en el sistema estandarizado.

Figura 2.49 Cobertura de agua potable y saneamiento.



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2015](#).

Fueron activados ocho de 11 campos que contiene la capa original con variables tipo Integer64 y String (Figura 2.50).

Figura 2.50 Campos seleccionados de la cobertura de agua potable y saneamiento.



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2015](#).

Los municipios con menor cobertura de agua potable y saneamiento son Huitzilac con 80.48, 90.60 y Tepoztlán con 82.61, 93.23 por ciento respectivamente.

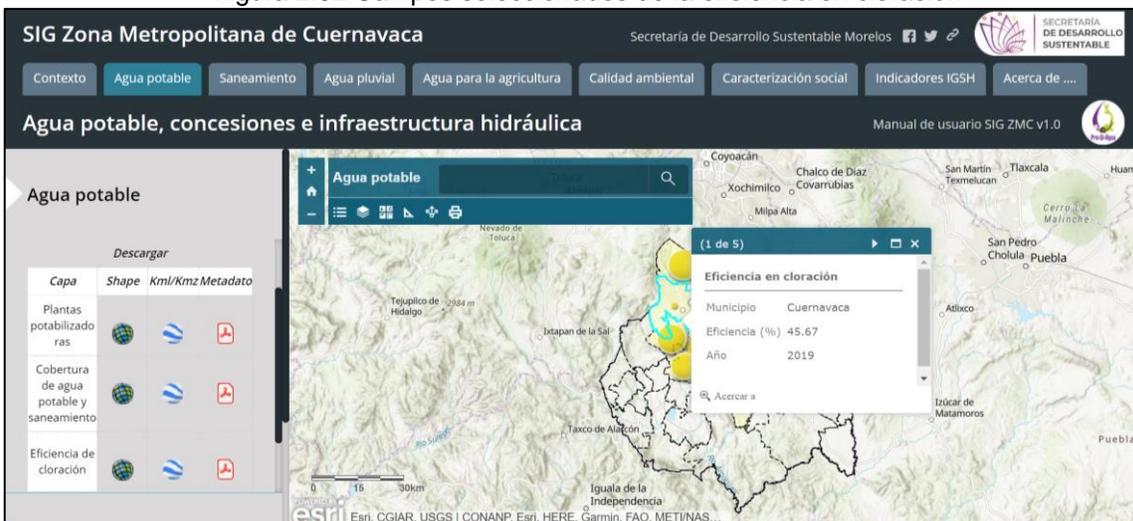
Eficiencia en cloración. La eficiencia en cloración se obtuvo Sistema Nacional de Información del Agua. El conjunto de datos vectoriales representa digitalmente mediante polígonos la delimitación de los municipios del país y el porcentaje de eficiencia de cloración en el año 2020, el Sistema de Referencia es ITRF92 época 1988. La capa fue descargada del sistema con información a nivel nacional, se hicieron los recortes de los municipios de la zona en estudio y se reproyectó en el sistema de referencia estandarizado (Figura 2.51 Eficiencia de cloración ).

Figura 2.51 Eficiencia de cloración



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2020b](#).

Figura 2.52 Campos seleccionados de la eficiencia en cloración



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2020b](#).

La capa original con variables tipo Integer64 y String cuenta con nueve campos, de los cuales fueron activados tres campos para el despliegue de información en ventanas

emergentes. Es importante señalar que la eficiencia en cloración en el municipio de Cuernavaca es de 45.67 por ciento la más baja de la ZMC (Figura 2.52).

### Concesiones

Concesiones de agua superficial y subterráneo. Los datos de los registros de los títulos de concesión de agua superficial y subterránea para los usos Público Urbano y Doméstico se obtuvieron del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) versión 2019 generados por la Comisión Nacional del Agua. Los datos fueron obtenidos en formato .xls. Se extrajeron los registros, se recortaron los municipios de la ZMC y se elaboraron los mapas (Figura 2.53 Concesiones superficiales y Figura 2.54 Concesiones subterráneas).

Figura 2.53 Concesiones superficiales



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019b](#).

Figura 2.54 Concesiones subterráneas



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019a](#).

La información de las concesiones cuenta con 18 campos de los cuales seis son representados en la ventana emergente (Figura 2.55 Campos seleccionados de las concesiones de agua subterránea).

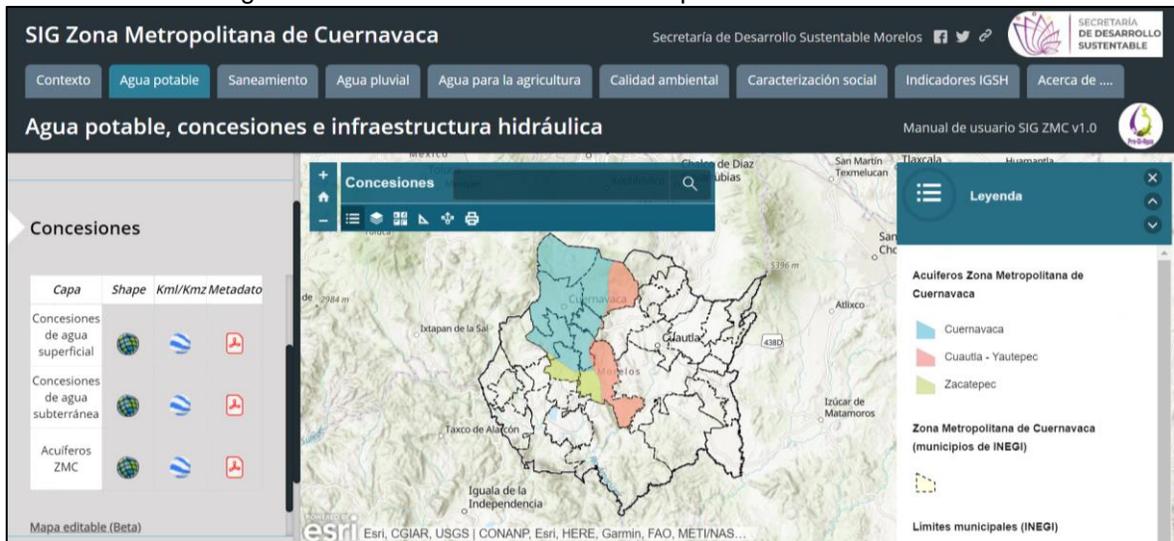
Figura 2.55 Campos seleccionados de las concesiones de agua subterránea



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019a](#).

Acuíferos ZMC. La información de acuíferos de la ZMC se obtuvo del Sistema Nacional del Agua generada por la Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua. Los datos se descargaron en formato Shapefile versión 2020 a nivel nacional con sistema de referencia ITRF92 época 1988. Se recortaron los acuíferos que interceptaban al menos un municipio de la ZMC y se reproyectaron al Sistema de Referencia estandarizado (Figura 2.56 Acuíferos de la Zona Metropolitana de Cuernavaca).

Figura 2.56 Acuíferos de la Zona Metropolitana de Cuernavaca



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2020a](#).

Los tres acuíferos en los que se encuentra la ZMC que se encuentran en condición de “no Sobreexplotación”, es decir que cuentan con disponibilidad.

La información de las concesiones cuenta con 10 campos tipo largo y texto, de los cuales cinco son representados en la ventana emergente (Figura 2.57 Campos seleccionados de los acuíferos de la ZMC).

Figura 2.57 Campos seleccionados de los acuíferos de la ZMC



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2020a](#).

### Infraestructura hidráulica

Obras de captación de agua subterránea. Las obras de captación se refieren a la infraestructura para el aprovechamiento de agua de los acuíferos mediante pozos profundos, esta información fue tomada de los las concesiones de agua subterránea del REPDA versión 2009. Los datos fueron obtenidos en formato .xls. Se extrajeron los registros, se recortaron los municipios de la ZMC y se elaboraron los mapas con la proyección estandarizada (Figura 2.58 Obras de captación de agua subterránea).

Figura 2.58 Obras de captación de agua subterránea



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019d](#).

El municipio de Huitzilac, a pesar de estar ubicado en la zona de recarga del acuífero Cuernavaca, no cuenta con infraestructura de captación de agua subterránea.

La capa generada está compuesta con variables tipo Qstring, double y qlonglong, cuenta con diez campos, de los cuales fueron activados cinco campos para el despliegue de información en ventanas emergentes (Figura 2.59 Campos seleccionados de las obras de captación de agua subterránea).

Figura 2.59 Campos seleccionados de las obras de captación de agua subterránea



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, 2019d](#).

**Manantiales.** La información de los manantiales que se ubican en la ZMC en formato Shapefile se descargaron de la Zona Hidrogeológica Cuernavaca del INEGI, edición 2015. Estos datos contienen información digital estructurada en formato vectorial, con proyección ITRF92. La capa fue descargada del sistema con información a nivel nacional, se hicieron los recortes de los municipios de la zona en estudio y se reproyectó en el sistema de referencia estandarizado (Figura 2.60 Manantiales).

Figura 2.60 Manantiales



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015a](#).

La capa generada está compuesta con variables tipo Qstring, double y qlonglong, cuenta con nueve campos, de los cuales fueron activados tres campos para el despliegue de información en ventanas emergentes (Figura 2.61 Campos seleccionados de los manantiales).

Figura 2.61 Campos seleccionados de los manantiales



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015a](#).

**Presas.** La información de presas de la zona de estudio se tomó del Sistema de Seguridad de Presas generada por la Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, de la Comisión Nacional del Agua. Se tomaron las coordenadas geográficas de las presas localizadas en toda el área del estado de Morelos en formato .XLS. A la nube de puntos se le realizó el recorte para solo seleccionar lo correspondiente a la zona delimitada por los municipios de la ZMC y la cuenca del río Apatlaco y se elaboraron los mapas con la proyección estandarizada. Los campos agregados fueron los suficientes para caracterizar las presas existentes para la distribución del agua a los usuarios (Figura 2.62 Presas).

Figura 2.62 Presas



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, s.f.](#)

La capa generada está compuesta con variables tipo String y Double, cuenta con 24 campos, de los cuales fueron activados nueve campos para el despliegue de información en ventanas emergentes (Figura 2.63 Campos seleccionados de presas).

Figura 2.63 Campos seleccionados de presas



Fuente: Elaboración propia con información de [Conagua, s.f.](#)

De esta fuente de datos han surgido varias capas con recortes diferentes de información para los mismos municipios tomándola de manera parcial que han sido publicadas por otros usuarios con objetivos diferente a los del presente trabajo. Esto obliga a retomar la información original y realizarle el proceso descrito anteriormente.

**Acueductos.** La información de la descripción de los acueductos de la Zona Metropolitana de Cuernavaca, se obtuvo del INEGI, edición 2015. Este producto contiene información digital estructurada en formato vectorial, se descargaron los Shapefile públicos de la Zona Hidrogeológica Cuernavaca, con proyección ITRF92. La capa fue descargada del sistema con información a nivel nacional, se hicieron los recortes de los municipios de la zona de interés y se reproyectó en el sistema de referencia estandarizado (Figura 2.64 Acueductos).

Figura 2.64 Acueductos



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015b.](#)

La capa del tema de acueductos generada está compuesta con variables tipo String y Double, cuenta con 12 campos y activados tres campos para el despliegue de información en ventanas emergentes (Figura 2.65 Campos seleccionados de acueductos).

Figura 2.65 Campos seleccionados de acueductos



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015b](#).

Estanques. Los datos de los estanques en la ZMC de la Zona Hidrogeológica Cuernavaca del INEGI, edición 2015. Contiene información digital en formato vectorial con proyección es ITRF92. La capa descargada del sistema con información a nivel nacional, se recortó con los municipios de la zona de interés y se re proyectó en el sistema de referencia estandarizado (Figura 2.66 Estanques).

Figura 2.66 Estanques



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015c](#).

La información de los estanques cuenta con 11 campos tipo QString y double, dos de ellos son representados en la ventana emergente (Figura 2.67 Campos seleccionados para estanques).

Figura 2.67 Campos seleccionados para estanques



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015c](#).

**Cuerpos de agua.** El mapa con la ubicación de los cuerpos de agua en la ZMC se obtuvo de la Zona Hidrogeológica Cuernavaca del INEGI, edición 2015. Contiene información digital en formato vectorial. Se recortó la información de para los municipios de la ZMC y se reprojectaron al Sistema de Referencia estandarizado (Figura 2.68 Cuerpos de agua).

Figura 2.68 Cuerpos de agua



Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015d](#).

La capa del tema de cuerpos de agua generada está compuesta con variables tipo QString Int y Double, cuenta con 12 campos, dos de ellos activados para el despliegue de información en ventanas emergentes (Figura 2.69 Campos seleccionados para cuerpos de agua). Figura 2.65 Campos seleccionados de acueductos).

Figura 2.69 Campos seleccionados para cuerpos de agua

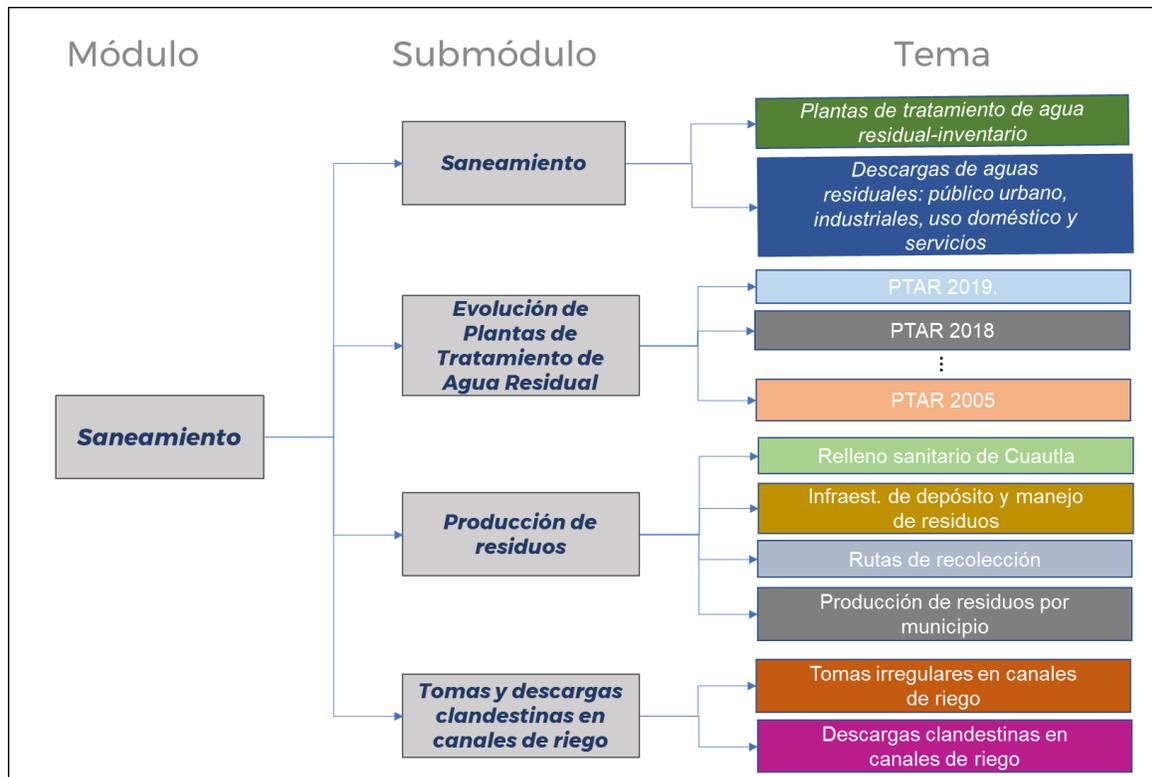


Fuente: Elaboración propia con información de [INEGI, 2015d](#).

### 2.4.3 Módulo Saneamiento

El módulo de Saneamiento se integra de cuatro submódulos: saneamiento, evolución de plantas de tratamiento de aguas residuales, producción de residuos, y tomas y descargas clandestinas en canales de riego. Cada uno de ellos a su vez se integra de un conjunto de temas como se muestran en la Figura 2.70.

Figura 2.70 Estructura del módulo de Saneamiento



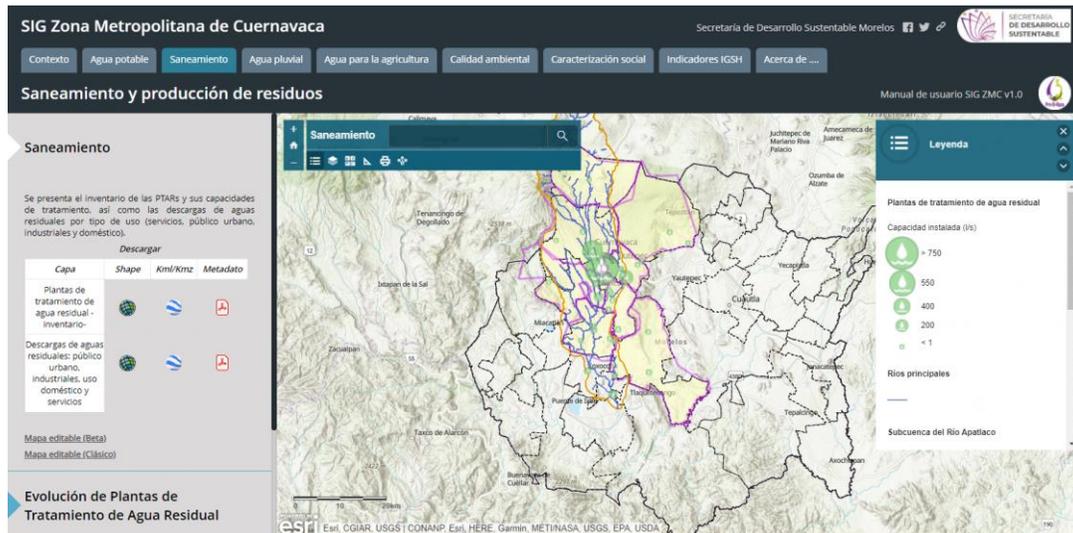
## Saneamiento

Presenta el inventario de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTARs) y sus capacidades de tratamiento, así como las descargas de aguas residuales por tipo de uso (servicios, público urbano, industriales y doméstico).

*Plantas de tratamiento de agua residual–inventario.* Tema con la ubicación espacial precisa, la capacidad instalada y el periodo de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) que se tenían en el año 2005 y las nuevas que se fueron abriendo hasta el año 2019 y se encuentran ubicadas ya sea en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o en la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.71). La ubicación se da a través de un rasgo puntual digital.

La fuente de la información de este tema son los inventarios nacionales de PTARs en operación, que publica la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) a través del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Figura 2.71 Plantas de tratamiento de agua residual–inventario



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2005-2019.

Se descargaron del SINA las capas de puntos de las ubicaciones de las PTARs en operación que se registraron en los inventarios nacionales del periodo 2005 – 2019 (15 capas shapefile). Posteriormente se recortaron dichas capas, considerando sólo las que se ubican dentro de la ZMC o de la subcuenca del Río Apatlaco. De origen todas las capas tenía proyección Cónica Conforme de Lambert, con el Datum ITRF 1992 de modo que se re proyectaron a México ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

A las tablas de atributo, de las capas resultantes de la reproyección, se les agregaron tres campos, uno para el año del inventario y los otros dos para establecer las coordenadas (X, Y) de la ubicación. Como todas las capas se encontraban ya en el mismo sistema de proyección y contaban con los mismos campos en su tabla de atributos, se unieron las 15 capas en un solo shapefile. La tabla de atributos de esta capa integrada se extrajo y proceso en Excel donde filtrando por el campo “Id\_ptar”, que establece un identificador único para cada planta de tratamiento a nivel nacional, se obtuvo las veces que una planta se repetía

y a partir del campo del año se estableció el periodo o periodos de operación de cada planta. Además, a partir de los campos de coordenadas (X, Y) se pudo observar cambios en la ubicación de la planta (en los inventarios más viejos las plantas se asignaban al centroide del municipio o de la localidad donde se encontraba, mientras que en los años recientes esta ubicación se obtiene con GPS) tomando como correcta la ubicación más reciente que se tuviera, ésta se le asignó a la planta. De la misma forma, el criterio de tomar como cierto el valor más reciente que se tenga, se consideró para cualquier atributo que cambiara para una planta. De lo antes mencionado se obtuvo una tabla con un solo registro por identificador de planta, en el que el campo de año pasó a ser un campo de periodo de operación, pues una planta operando podía dejar de operar durante un periodo y luego volver a aparecer, o ya no. Usando los campos de coordenadas se generó el shapefile del inventario. Los campos de coordenadas (X, Y) finalmente fueron borrados.

La tabla de atributos de la capa resultante quedó con los 12 campos originales, más un campo para establecer el periodo de operación (13 campos en total). De estos campos en el SIG ZMC únicamente se muestran 8, dando prioridad a los nombres sobre las claves o identificadores numéricos. La Figura 2.72 muestra el menú emergente del tema.

Figura 2.72 Campos de Plantas de tratamiento de agua residual–inventario

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2005-2019.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

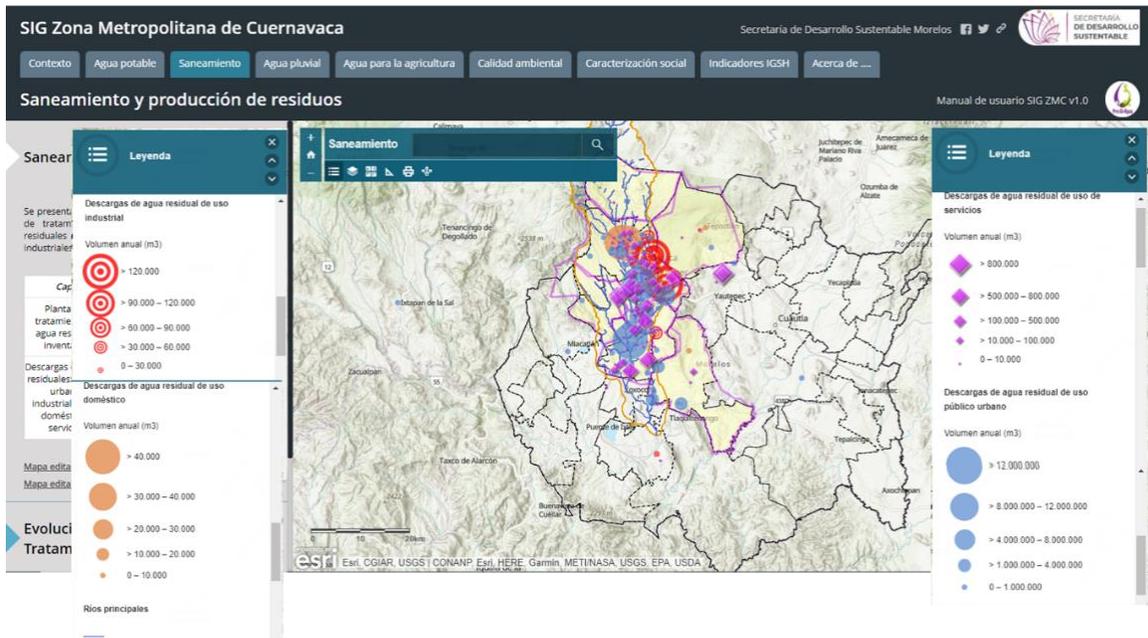
#### Descargas de aguas residuales: público urbano, industriales, uso doméstico y servicios.

Tema con la localización de los puntos de descarga de aguas residuales que cuentan con un título o permiso de concesión para descarga y están registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) y se encuentran dentro de los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.73). Estas descargas son de tipo público urbano, industrial, uso doméstico y servicios.

A partir de la página de internet del REPGA, se descargaron los títulos que se encontraron de los municipios comprendidos en la ZMC, y se generó el shapefile considerando los

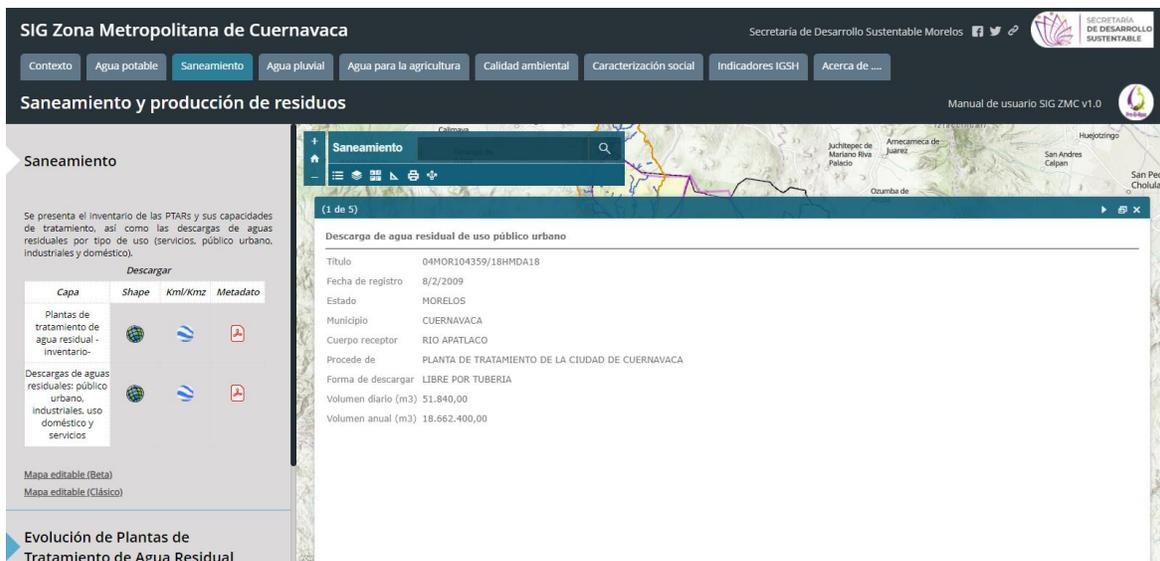
campos de ubicación (Latitud y Longitud) de las coordenadas proporcionadas en cada título, a esta información se le adicionaron los campos de clave del municipio y un campo bandera para establecer si la descarga procede de una PTAR. Ahora bien, como las coordenadas de ubicación se capturan a partir de un GPS y el sistema geográfico coordinado de éstos por default es GCS\_WGS\_1984, a la capa creada se le asignó dicho sistema y posteriormente se reproyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

Figura 2.73 Descargas de aguas residuales: público urbano, industriales, uso doméstico y servicios



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2021a.

Figura 2.74 Campos de Descargas de aguas residuales mostrados en el SIG ZMC



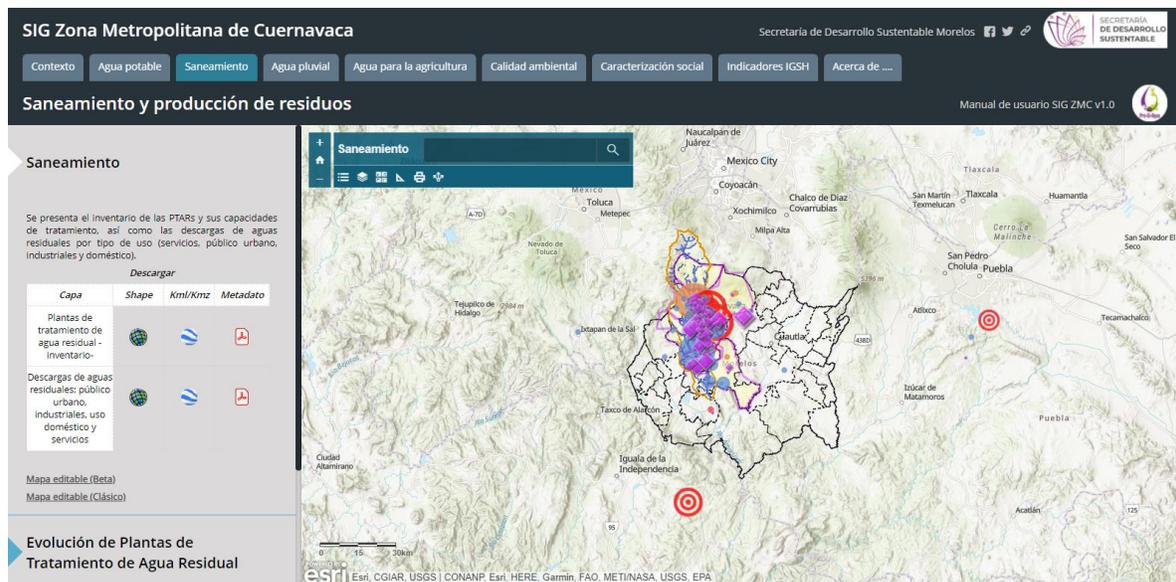
Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2021a.

La base de datos de inscritos que se publica en la página de internet del REPDA indicaba como fecha de la última modificación: miércoles, 16 de abril de 2021 por WebMaster.

Un título de concesión del REPDA puede amparar aprovechamientos de agua superficial y subterránea, descargas y explotación de zonas federales. Por lo anterior, la tabla de atributos de este tema posee 33 campos, pero en el menú emergente se muestra solo lo relacionado a la descarga (Figura 2.74).

Por otro lado, como es ampliamente conocido, el REPDA tiene problemas de ubicación a través sus coordenadas geográficas, dado que en sus inicios éstas fueron proporcionadas por el solicitante directamente. Por este motivo la identificación de los títulos se realizó a través de consulta a los campos de estado y municipio. Sin embargo, para generar la capa geográfica si se usaron las coordenadas del título, esto provocó que cuando las coordenadas son erróneas los puntos de descarga quedaron fuera de la ZMC (Figura 2.75).

Figura 2.75 Problemas de ubicación en los sitios de descargas de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2021a.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

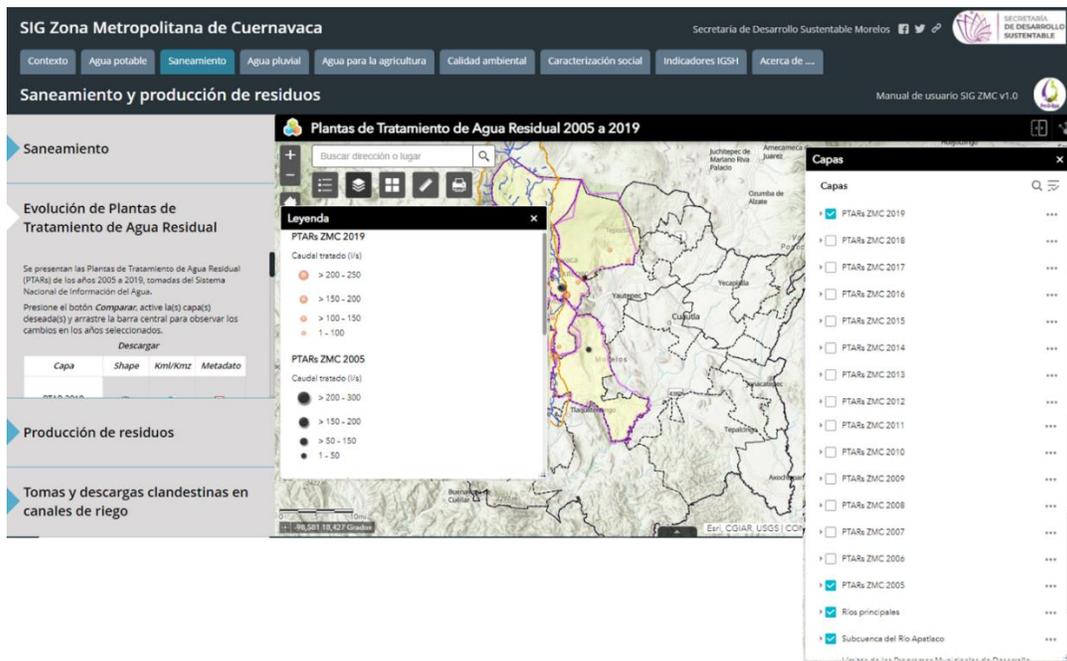
### Evolución de Plantas de Tratamiento de Agua Residual

Se presentan las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTARs) urbanas en operación que se registraron en los inventarios nacionales de los años 2005 a 2019 de la Comisión Nacional del Agua, para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca.

El objetivo de este submódulo es mostrar la evolución del tratamiento de aguas residuales de uso urbano que se ha venido dando en la ZMC del 2005 hacia la actualidad, esta evolución se representa por el número de PTARs urbanas en operación, su capacidad instalada y el caudal tratado. Para cumplir con este objetivo se descargaron del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) las capas vectoriales de puntos con la ubicación

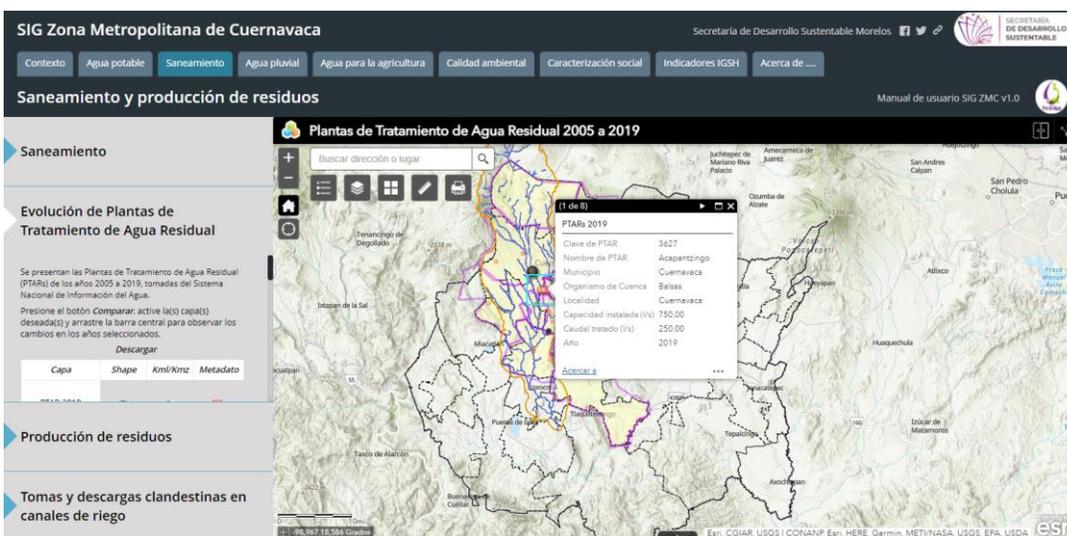
de las PTARs en operación que se registraron en los inventarios nacionales para los años del 2005 al 2019 (último año que se tenía dentro del SINA). Posteriormente se recortó cada capa, considerando sólo las PTARs que se ubican dentro de la ZMC. De origen las capas tenían proyección Cónica Conforme de Lambert con el Datum ITRF 1992, de modo que se re proyectaron a ITRF 2008/UTM zona 14 norte para introducirse en el SIG ZMC (Figura 2.76).

Figura 2.76 Evolución de Plantas de tratamiento de aguas residuales (2005 – 2019)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2005-2019.

Figura 2.77 Campos de las Plantas de tratamiento de aguas residuales

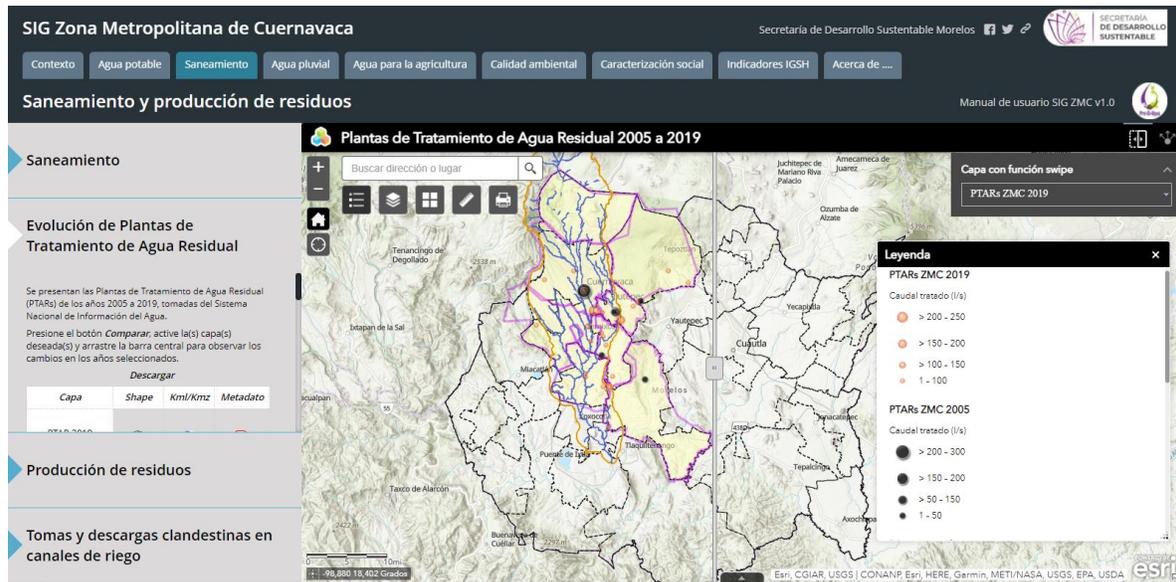


Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2005-2019.

De los 12 campos que poseen las capas de PTARS, en el SIG ZMC únicamente se muestran 8, dando prioridad a los nombres sobre las claves o identificadores numéricos. La Figura 2.77 muestra el menú emergente para el tema PTARs 2019.

Se cuenta con información de varios años, lo que permite comparar las capas entre sí, para realizar dicha comparación en el SIG ZMC se debe presionar el botón Comparar ubicado en la esquina superior derecha de la pantalla, previamente se deben activar la(s) capa(s) deseada(s) y fijar la capa con función swipe (capa que se apagará paulatinamente), y arrastre la barra central para observar los cambios en los años seleccionados (Figura 2.78).

Figura 2.78 Comparación entre capas de Plantas de tratamiento de agua residual



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, .2005-2019.

De la revisión de las capas se puede observar que cuando no se conoce la ubicación de alguna de ellas ésta asigna al centroide del municipio o de la localidad donde se encuentra, esta situación ocurre mucho en los inventarios más viejos y poco a poco las plantas han sido asignadas a su ubicación precisa obtenida a través de GPS. Además, se observa que una planta puede estar apareciendo para algunos años y luego desaparecer y volver a aparecer posteriormente con su información de capacidad cambiada, esto se puede asociar a una modernización de la planta.

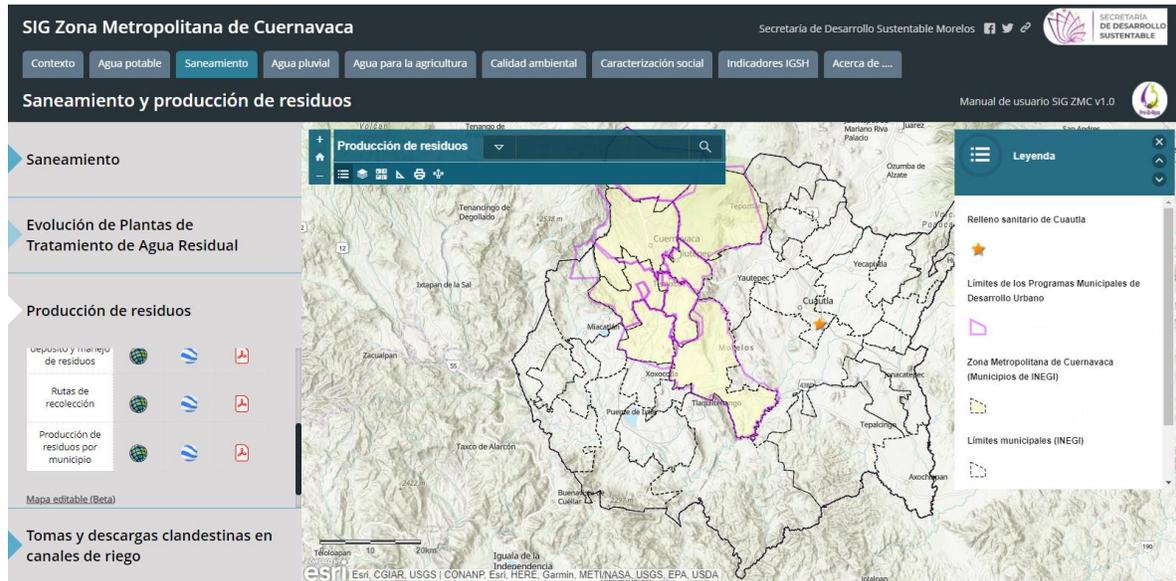
Todos los temas (inventarios) de este submódulo pueden descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz para emplearse tanto en sistemas de información geográfica convencionales como en los productos Google Earth o Google Maps.

### Producción de residuos

Este submódulo cuenta con los temas (Figura 2.70): Relleno sanitario de Cuautla, infraestructura de depósito y manejo de residuos (tiraderos a cielo abierto, centros de acopio, las plantas de valorización, etc.), rutas de recolección y producción de residuos por municipio.

Relleno sanitario de Cuautla. Ubicación espacial del relleno sanitario de Cuautla con información de su capacidad y estado (Figura 2.79). El propósito de este tema es mostrar la ubicación y dar la información de la infraestructura operando a la cual recurren los municipios de la ZMC para hacer la disposición final de residuos sólidos.

Figura 2.79 Relleno sanitario de Cuautla



Fuente: Elaboración propia con información de SDS, 2021a.

Se descargó del Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEIARN) que posee la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del estado de Morelos el archivo Kml para sitios de disposición y se convirtió a formato shapefile. Se filtró a rellenos sanitarios y que estuvieran operando, se recortó la capa solo al municipio de interés, luego, se hizo una recopilación de datos con la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) para completar la información, se agregaron los campos: Municipio, Nombre, Estado y Ton\_día, campos que se perdieron en la transformación de kml a shapefile. Dado que la capa de origen viene en proyección WGS 84 / UTM zona 14N, ésta se reprojectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

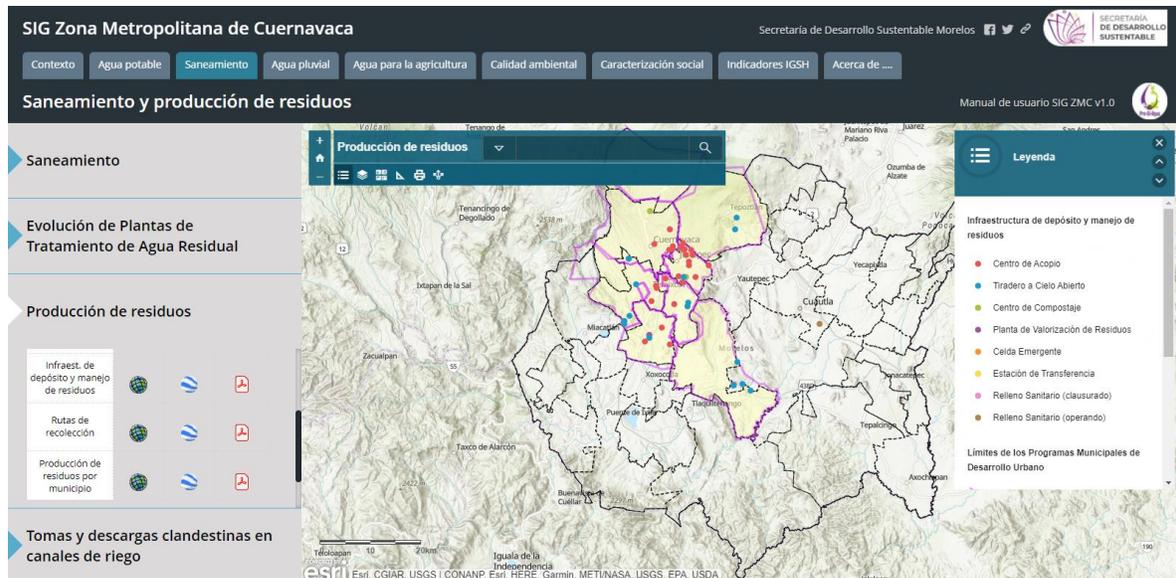
La capa posee los atributos de nombre del municipio, nombre de la infraestructura, condición de la infraestructura, capacidad al día y tipo de infraestructura, sin embargo, dentro del SIG ZMC no se activó su menú emergente pues únicamente se requiere establecer su localización. La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Infraestructura de depósito y manejo de residuos. Tema con la ubicación espacial de la infraestructura de depósito y manejo de residuos para la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.80). La infraestructura considerada es celdas emergentes, centros de compostaje, centros de acopio, estación de transferencia, planta de valoración de residuos sólidos, rellenos sanitarios y tiraderos, además cuando se dispuso se agregó información de su capacidad y estado.

El objetivo de este tema es mostrar la ubicación y dar la información de la infraestructura de depósito y manejo de residuos dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC).

Se descargó del Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEIARN) perteneciente a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado de Morelos los archivos Kml para centros de compostaje, para la planta de valorización y para los sitios de disposición que hay en el estado de Morelos, estos archivos se convirtieron a formato shapefile. Se recortaron las capas para incluir información solo de los municipios de interés.

Figura 2.80 Infraestructura de depósito y manejo de residuos



Fuente: Elaboración propia con información de SDS, 2021b.

Por otro lado, para los centros de acopio, se obtuvo la información tabular del inventario de centros de acopio autorizados por la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del estado de Morelos, se filtró para los municipios de la ZMC, se ubicaron los sitios con ayuda de Google My Maps y se exportaron en formato kml, posteriormente se convirtió este archivo a formato shapefile.

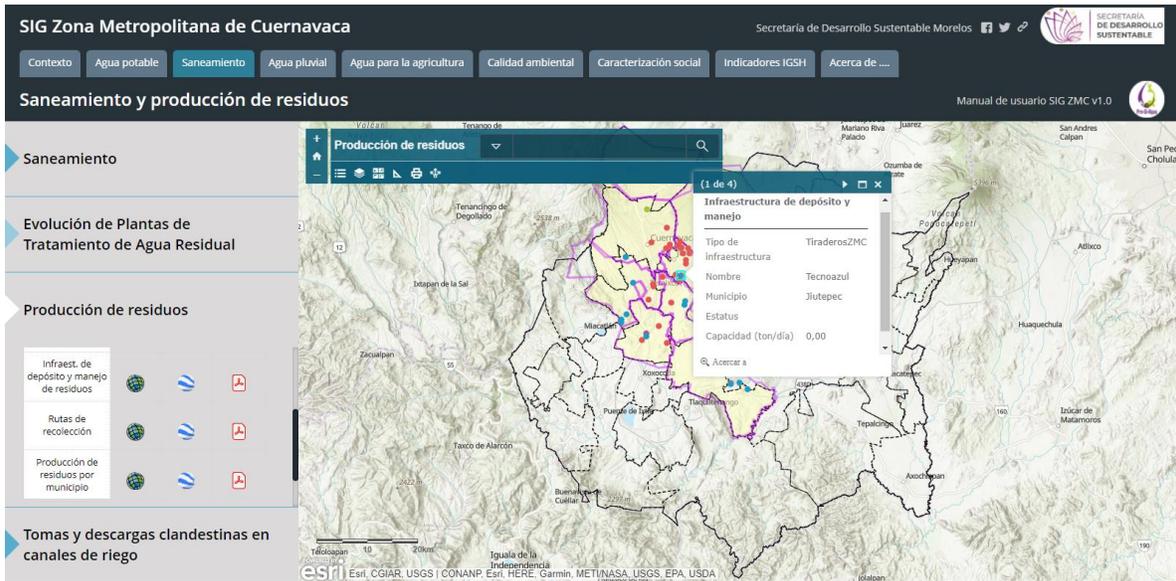
Se unieron los cuatro archivos shapefile en uno sólo y luego se hizo una recopilación de datos con la SDS para completar la información, además se agregaron los campos: Municipio, Nombre, Estado y Ton\_día, campos que se perdieron en la transformación de kml a shapefile. Dado que las capas de origen vienen en proyección WGS 84 / UTM zona 14N, la capa final se reprojectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

La capa final incluye información del Relleno Sanitario de Cuautla, Morelos porque los municipios que integran la ZMC llevan sus residuos hasta este sitio de disposición final. Para las plantas de valorización, contiene solamente los municipios que cuentan con este tipo de infraestructura para el manejo de los residuos sólidos, no se tiene la ubicación exacta.

Para este tema se despliegan en el menú emergente sus cinco campos dentro del SIG ZMC (Figura 2.81). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

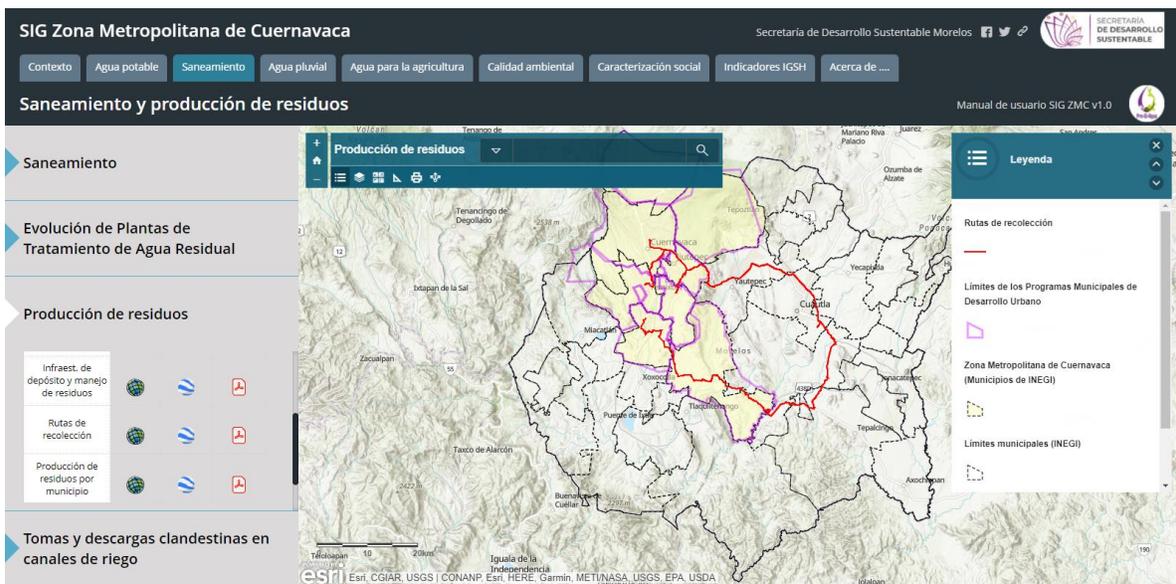
**Rutas de recolección.** Datos vectoriales (polilíneas) estableciendo las rutas de recolección o traslado para la disposición final de los residuos sólidos urbanos desde los municipios de Cuernavaca, Jiutepec, Temixco, Emiliano Zapata, Xochitepec y Tlaltizapán de Zapata que pertenecen a la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.82).

Figura 2.81 Campos de Infraestructura de depósito y manejo de residuos



Fuente: Elaboración propia con información de EIGREM, 2021.

Figura 2.82 Rutas de recolección



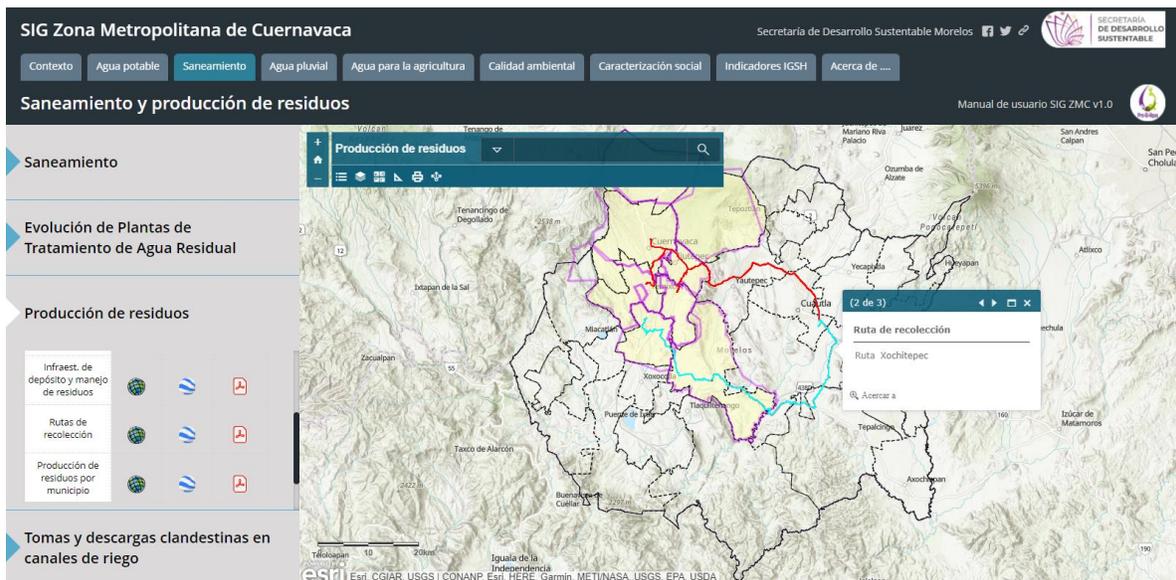
Fuente: Elaboración propia con información de EIGREM, 2021.

Se recabó la información de rutas de recolección de residuos sólidos en la ZMC, de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS), posteriormente, con ayuda de Google My Maps se trazó una ruta y se exportó en formato kml, finalmente se convirtió a formato shapefile. Cabe mencionar que las rutas inician en un punto dentro de la localidad de cabecera del municipio, al cual se asocia la ruta, y terminan en el relleno sanitario de Cuautla que es el sitio de disposición final para los residuos sólidos urbanos de los municipios de Cuernavaca, Jiutepec, Temixco, Emiliano Zapata, Xochitepec y Tlaltizapán de Zapata. Dado que la capa, por provenir de Google My Maps, queda en sistema geográfico coordinado WGS 84, la capa final se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

Ahora bien, como las rutas inician en puntos centroides dentro de los municipios mencionados, los cuales no establecen ningún lugar en específico, y de ahí se incorporan y siguen las vialidades principales que conectan los municipios entre sí y que se aprecian en Google My Maps, éstas deben ser consideradas aproximadas, pero representativas de los diferentes trayectos que desde cada municipio se haría para llegar al sitio de disposición final que es el relleno sanitario de Cuautla. Sobre estas consideraciones, el objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa de rutas representativas de traslado para la disposición final de los residuos sólidos en los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC).

Cada ruta únicamente posee de atributo el municipio al cual se asocia la ruta de recolección (Figura 2.83). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Figura 2.83 Campos de Rutas de recolección



Fuente: Elaboración propia con información de EGIREM, 2021.

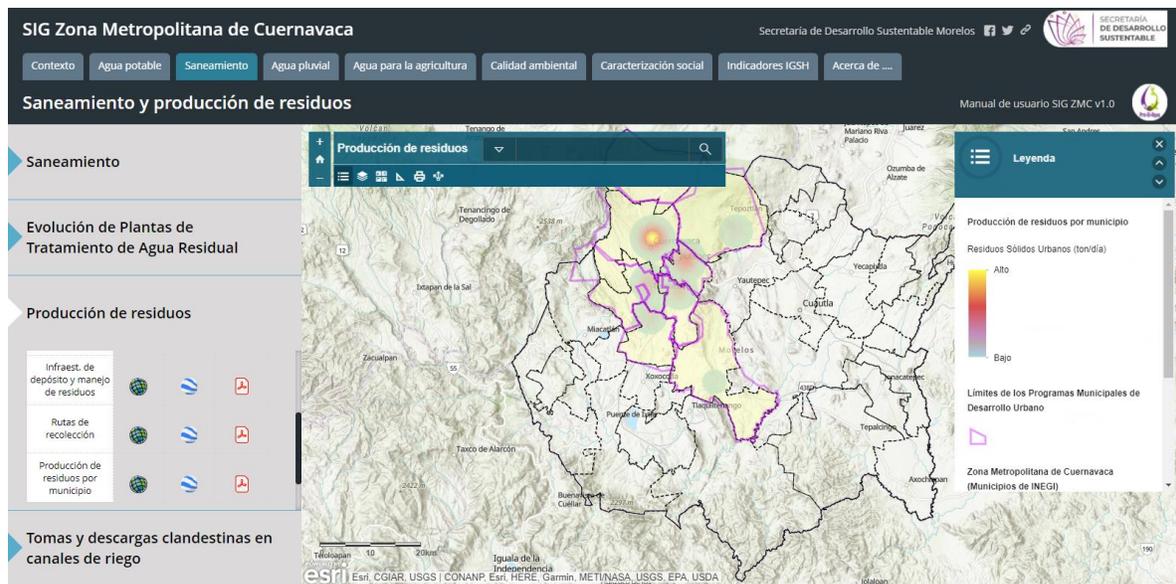
Producción de residuos por municipio. Datos vectoriales (puntos) con un centroide para cada uno de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC), al cual se le asocia la información de producción de residuos a nivel municipal (Figura 2.84).

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa que permita asociar espacialmente a nivel de municipios la producción de residuos en la Zona Metropolitana de Cuernavaca.

El procedimiento efectuado para desarrollar este tema fue:

Usando la información de población del “Censo de Población y Vivienda 2020” (INEGI, 2021), los datos e información establecidos en los siguientes programas y estudios: “Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Morelos” (CEAGUA, 2010), “Estrategia para la Gestión Integral de los Residuos del Estado de Morelos” (SDS, 2017) y “Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2020” (SDS, 2020); se estimaron los volúmenes de producción diaria de residuos en toneladas para cada municipio en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC), generándose un tabulado.

Figura 2.84 Producción de residuos por municipio



*Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020-CEAGUA, 2010- EGIREM, 2017.*

Por otro lado, se generó una capa shapefile de centroides, uno por cada municipio de interés. Los centroides para los municipios de Huitzilac y Tepoztlán se hicieron coincidir con los tiraderos a cielo abierto más próximos a las respectivas cabeceras municipales. Para los otros 6 municipios que integran la ZMC, se tomó el centroide que sirvió de punto de inicio de las rutas de recolección de residuos que se definieron para la ZMC (ver el tema Rutas de recolección del submódulo Producción de residuos en la sección 2.3.3 Módulo de saneamiento).

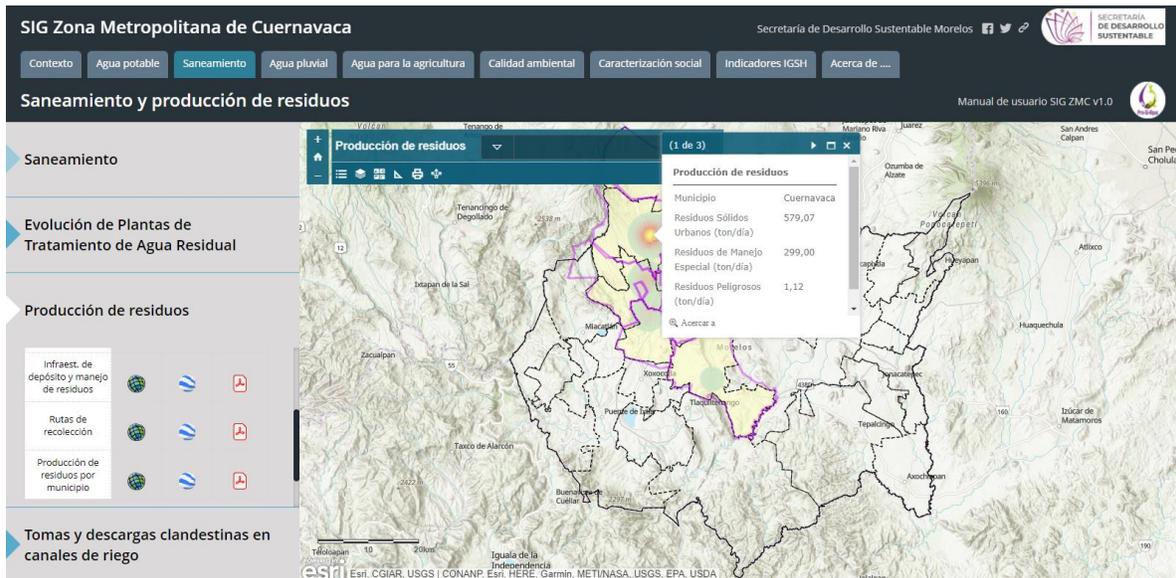
A través del campo del nombre del municipio tanto en el tabulado como de la tabla de atributos del archivo shapefile, se estableció una unión y se guardó la capa de centroides ya con la tabla de atributos integrada. La capa final posee la proyección MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

La información contenida en la tabla de atributos es total de residuos sólidos urbanos producidos, la clasificación de los principales tipos de residuos sólidos y su cantidad de producción en toneladas por día, el total de residuos de manejo especial y el total de residuos peligrosos. Sin embargo, en el menú emergente únicamente se visualizan los totales (Figura 2.85).

En este tema se puede apreciar que el mayor productor de residuos sólidos urbanos es el municipio de Cuernavaca con 579.07 ton/día, seguido de Jiutepec, Temixco y Emiliano Zapata con 316.57 ton/día, 134.49 ton/día y 109.19 ton/día, respectivamente.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Figura 2.85 Campos de Producción de residuos por municipio



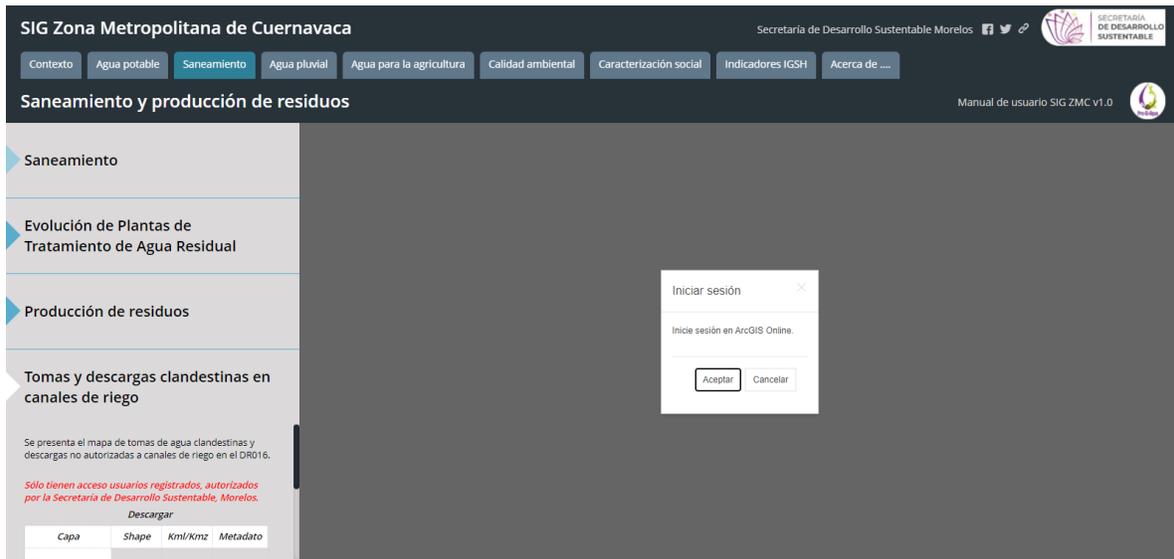
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2020-CEAGUA, 2010- EGIREM, 2017.

### Tomás y descargas clandestinas en canales de riego

Los temas que integran este submódulo son tomas irregulares y descargas clandestinas a los canales de riego de los módulos 3 “Alto Apatlaco”, módulo 4 “La Fuentes” y módulo 5 “Agrisiglo XXI” del DR016 “Estado de Morelos”.

Para acceder a este submódulo se debe iniciar sesión en ArcGIS Online con el usuario registrado adecuado (Figura 2.86).

Figura 2.86 Acceso restringido a Tomas y descargas clandestinas en canales de riego



Fuente: Elaboración propia, con información de CONAGUA-DR016, 2010-2011.

Tomas irregulares en canales de riego. Datos vectoriales (Puntos) con la ubicación de las tomas irregulares identificadas sobre la red de canales de riego en los módulos del DR016, “Estado de Morelos”, para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y delimitada por la subcuenca del Río Apatlaco. Este registro se obtuvo a partir de la información proporcionada por la jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”.

Proporcionar a la sociedad un mapa con la ubicación de las tomas irregulares de agua que se tienen sobre la red de canales de riego, su ubicación en el canal de riego, tipo de estructuras y su estado físico.

El proceso mediante el cual se obtuvieron estas tomas irregulares fue el siguiente:

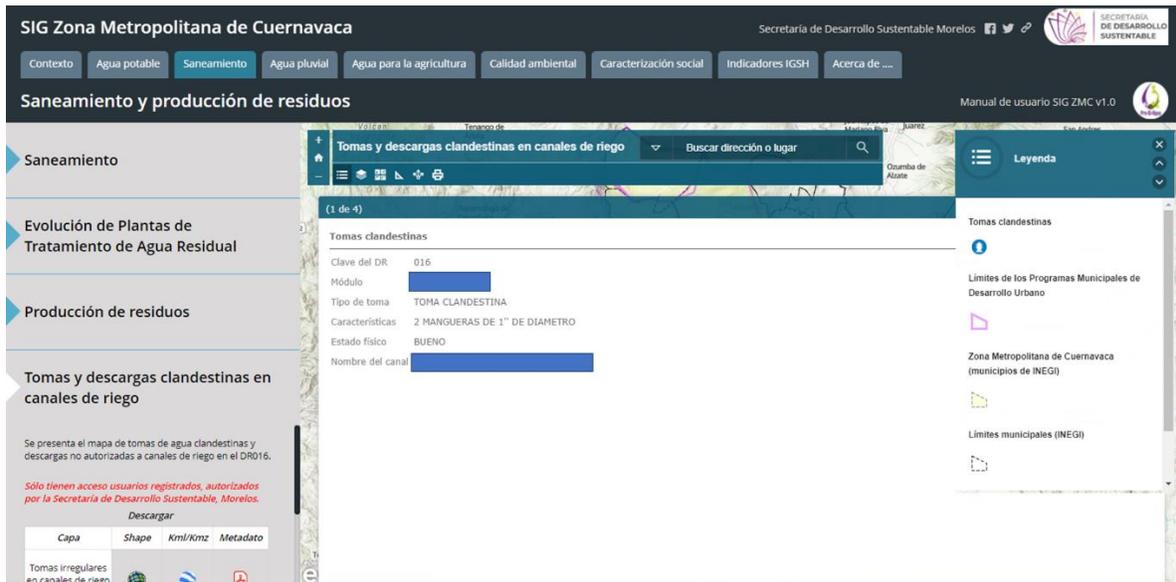
Del archivo shapefile de infraestructura hidroagrícola proporcionado por la Jefatura del Distrito de Riego 016 Estado de Morelos, se procesó la capa para seleccionar, a partir del campo “ESTRUCTURA”, aquellos registros con el valor “Toma clandestina”. Posteriormente, se realizó el recorte de la capa para la zona delimitada por los municipios de la ZMC y la subcuenca del Río Apatlaco. No se agregó ni quitó ningún campo de atributo más del original. Por otro lado, de origen la capa venía en proyección GCS\_WGS\_1984/UTM zona 14N de modo que se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

La capa cuenta con 24 campos de los cuales en el SIG ZMC únicamente se activan seis, que establecen su ubicación en el DR016, el tipo de toma, las características de ésta y su estado físico (Figura 2.87).

Cabe mencionar que la información de la que procede esta capa se generó en los años 2010 – 2011, por lo que se requiere una campaña de revisión para establecer el estatus actual de estas tomas.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz, previo inicio de sesión en ArcGIS Online con el usuario registrado adecuado.

Figura 2.87 Campos y leyenda de Tomas irregulares en canales de riego



Fuente: Elaboración propia, con información de CONAGUA-DR016, 2010-2011.

**Descargas clandestinas en canales de riego.** Datos vectoriales (Puntos) con la ubicación de las descargas clandestinas identificadas sobre la red de canales de riego en los módulos del DR016, “Estado de Morelos”, para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y delimitada por la subcuenca del Río Apatlaco. Este registro se obtuvo a partir de la información proporcionada por la jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”.

Proporcionar a la sociedad un mapa con la ubicación de las descargas irregulares de agua que se tienen sobre la red de canales de riego, su ubicación en el canal de riego, tipo de estructuras y su estado físico.

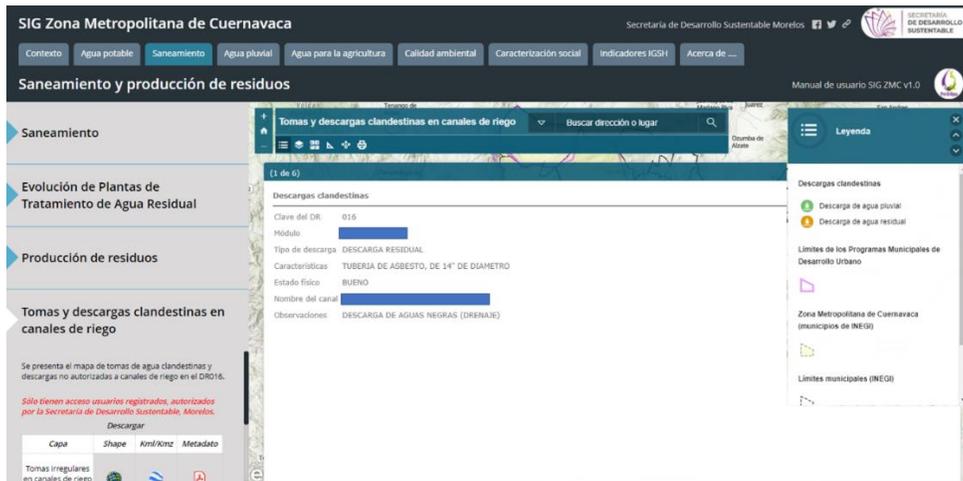
El proceso mediante el cual se obtuvieron estas descargas irregulares fue el siguiente:

Del archivo shapefile de infraestructura hidroagrícola proporcionado por la Jefatura del Distrito de Riego 016 Estado de Morelos, se procesó la capa para seleccionar, a partir del campo “ESTRUCTURA”, aquellos registros con los valores “Descarga pluvial” y “Descarga residual”. Posteriormente, se realizó el recorte de la capa para la zona delimitada por los municipios de la ZMC y la subcuenca del Río Apatlaco. No se agregó ningún campo de atributo más del original. Por otro lado, De origen la capa venía en proyección GCS\_WGS\_1984/UTM zona 14N de modo que se reproyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

La capa cuenta con 24 campos de los cuales en el SIG ZMC únicamente se activan siete, que establecen su ubicación en el DR016, el tipo de descarga, las características de ésta, su estado físico y el campo de observaciones adicionales (Figura 2.88).

Cabe mencionar que la información de la que procede esta capa se generó en los años 2010 – 2011, por lo que se requiere una campaña de revisión para establecer el estatus actual de estas descargas. La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz, previo inicio de sesión en ArcGIS Online con el usuario registrado adecuado.

Figura 2.88 Campos y leyenda de descargas clandestinas en canales de riego

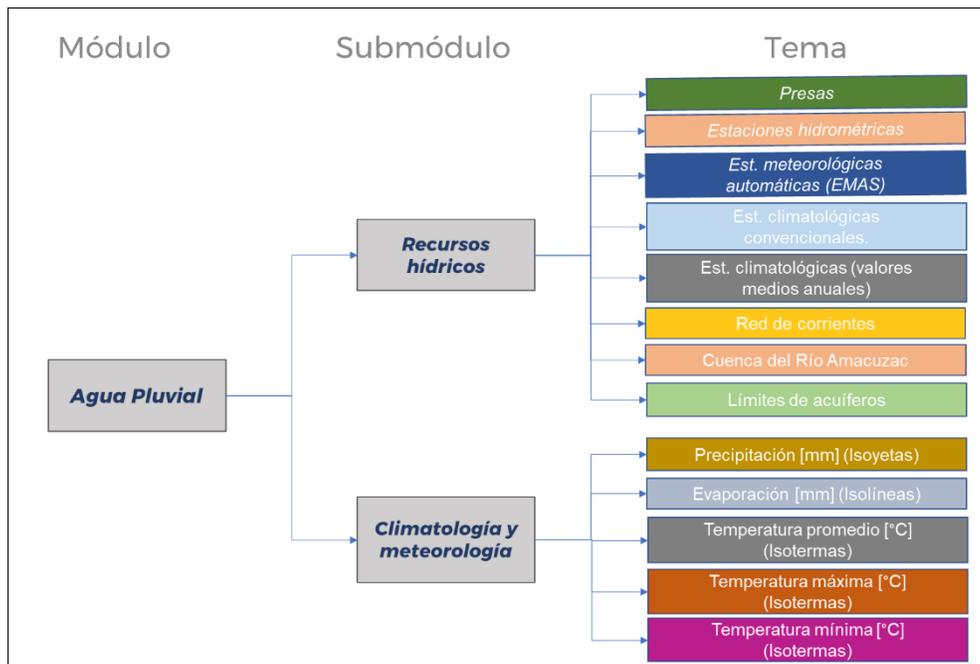


Fuente: Elaboración propia, con información de CONAGUA-DR016, 2010-2011.

### 2.4.4 Módulo Agua pluvial

El módulo de Agua pluvial integra la información hidrológica de la zona, con la que se establece la disponibilidad natural de agua en la cuenca del Río Apatlaco, así como la climatología obtenida de los registros de las estaciones de medición. El módulo se compone de los submódulos Recursos hídricos y Climatología y meteorología, a su vez cada submódulo contiene una serie de temas los cuales se muestran en la Figura 2.89.

Figura 2.89 Estructura del módulo de Agua pluvial



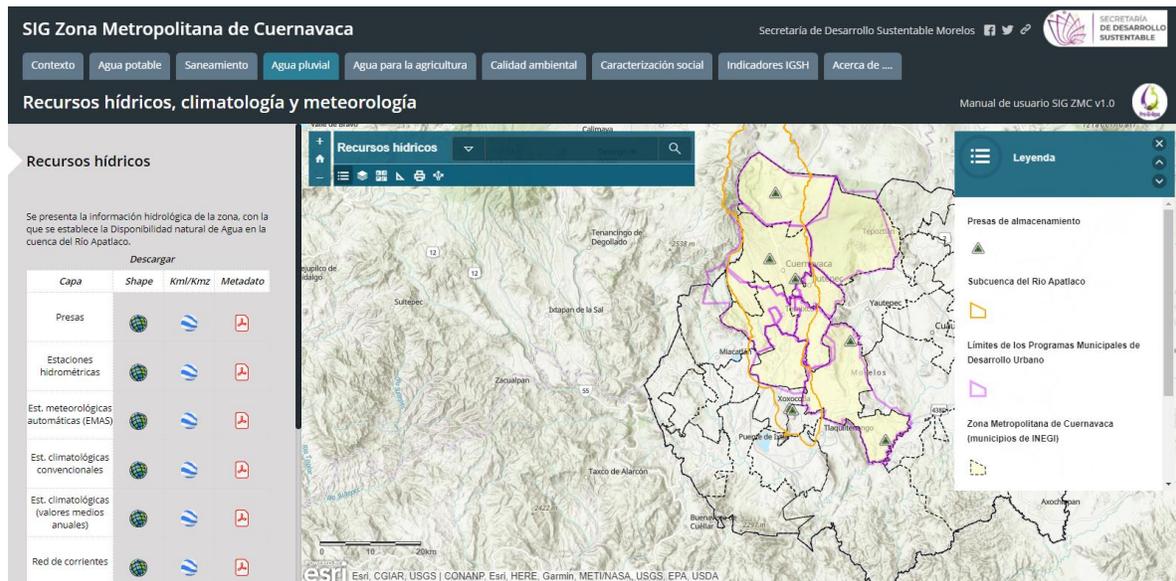
Fuente: Elaboración propia

## Recursos hídricos

Como se observa en la Figura 2.89 el submódulo de Recursos hídricos contiene ocho temas específicos que son: Presas, Estaciones hidrométricas, Estaciones meteorológicas automáticas (EMAS), Estaciones climatológicas convencionales, Estaciones climatológicas (valores medios anuales), Red de corrientes, Cuenca del Río Amacuzac y Límites de acuíferos. Cabe aclarar que los temas de Ríos Principales y Subcuenca del Río Apatlaco no se incluyen en el submódulo, dado que son parte del submódulo Zona metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.25) que se encuentra ubicado en el módulo de Contexto.

**Presas.** Datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las presas que se encuentran dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o en la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.90). Registro generado a partir de datos del Sistema Nacional de Seguridad de Presas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que se consideran son los más precisos disponibles, obtenidos del diseño, información documental y visitas de campo. Esta información se encuentra en constante proceso de verificación y actualización.

Figura 2.90 Presas



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2021b.

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la ubicación de las principales presas de almacenamiento y derivadoras, según el inventario del Sistema Nacional de Seguridad de Presas, localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco.

Para generar el tema se procedió de la siguiente manera: A partir del portal del Sistema Nacional de Seguridad de Presas, se realizó una búsqueda para obtener los registros, que se capturaron en Excel, de todas las presas localizadas en el área del estado de Morelos. Esta hoja de Excel se cargó en el programa ArcGis Desktop, versión 10.4 y usando las coordenadas geográficas se creó una capa de puntos. A la nube de puntos se le realizó el recorte para solo seleccionar lo correspondiente a la zona delimitada por los municipios de la ZMC y/o la subcuenca del Río Apatlaco. Los campos agregados fueron los suficientes

para caracterizar las presas existentes para la distribución del agua a los usuarios. Por ser coordenadas obtenidas con GPS y encontrarse en grados decimales se consideró que el sistema geográfico original era GCS WGS84 y se reproyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

La capa posee 37 atributos, pero en este submódulo sólo se activan 18 campos con la información principal de localización, propósito, capacidades, información requerida para temas de gestión del agua (Figura 2.91). Además, aunque la capa tiene registros tanto de presas de almacenamiento como de presas derivadoras, en este submódulo se filtran los registros a visualizar para que únicamente se presenten presas de almacenamiento (Figura 2.90), requeridas en análisis de disponibilidad y gestión de recursos hídricos.

Figura 2.91 Campos activados en el menú emergente para el tema Presas

The screenshot shows the 'SIG Zona Metropolitana de Cuernavaca' web interface. The top navigation bar includes 'Contexto', 'Agua potable', 'Saneamiento', 'Agua pluvial', 'Agua para la agricultura', 'Calidad ambiental', 'Caracterización social', 'Indicadores IGSB', and 'Acerca de ...'. The main menu is 'Recursos hídricos, climatología y meteorología'. On the left, a sidebar lists 'Recursos hídricos' with a 'Descargar' table. The main content area shows a map with a search bar and a dropdown menu for 'Recursos hídricos'. A pop-up window displays the details for 'Presa de almacenamiento: ATZINGO'.

Capa	Shape	Kml/Kmz	Metadato
Presas			
Estaciones hidrométricas			
Est. meteorológicas automáticas (EMAS)			
Est. climatológicas convencionales			
Est. climatológicas (valores medios anuales)			
Red de corrientes			

Nombre oficial	ATZINGO
Nombre común	PRESA ATZINGO
Municipio	Cuernavaca
Estado	Morelos
Corriente	A. TZINGO
Año de construcción	1965
Responsable de la operación	
Propósito	Fuera de uso
Uso	Fuera de uso
Tipo de presa	de Tierra y/o Enrocamiento
Materiales	Materiales Graduados
Altura de la cortina (m)	12,00
Tipo de vertedor	Descarga Libre
Capacidad al NAMINO (hm <sup>3</sup> )	0,00
Capacidad al NAMO (hm <sup>3</sup> )	0,01
Capacidad al NAME (hm <sup>3</sup> )	0,01
Obra_Toma	No existen Obra de Toma

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2021b.

Todas las presas de almacenamiento en la capa son muy pequeñas con capacidades al nivel de operación máximo ordinario (NAMO) variando de 0.03 a 0.15 hm<sup>3</sup> (para las que se cuenta con información). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

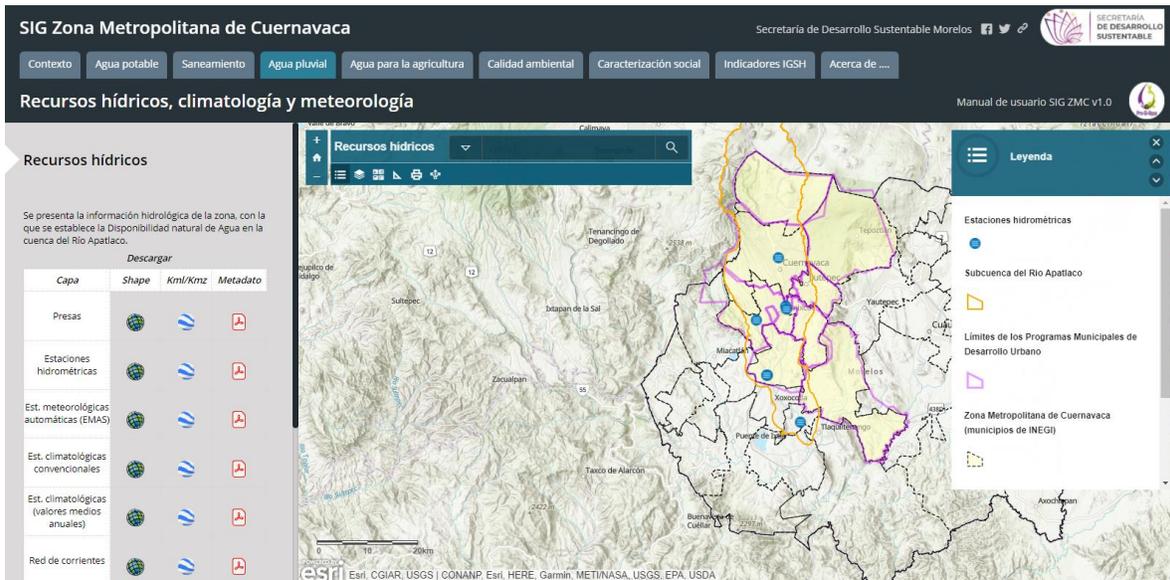
**Estaciones hidrométricas.** Datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones hidrométricas activas en el año 2020 en la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.92). Las estaciones hidrométricas miden la cantidad de agua que fluye en ríos, canales, tuberías y a la salida de las presas, por lo que sirven para conocer la cantidad disponible del recurso y su distribución entre usuarios. Esta capa únicamente presenta la ubicación de las estaciones y sus atributos, no da acceso a las series de tiempo de los registros.

El procedimiento con el cual se generó la capa fue:

- A partir del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) que publica la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se descargó la capa del inventario nacional de estaciones hidrométricas activas para el año 2020.

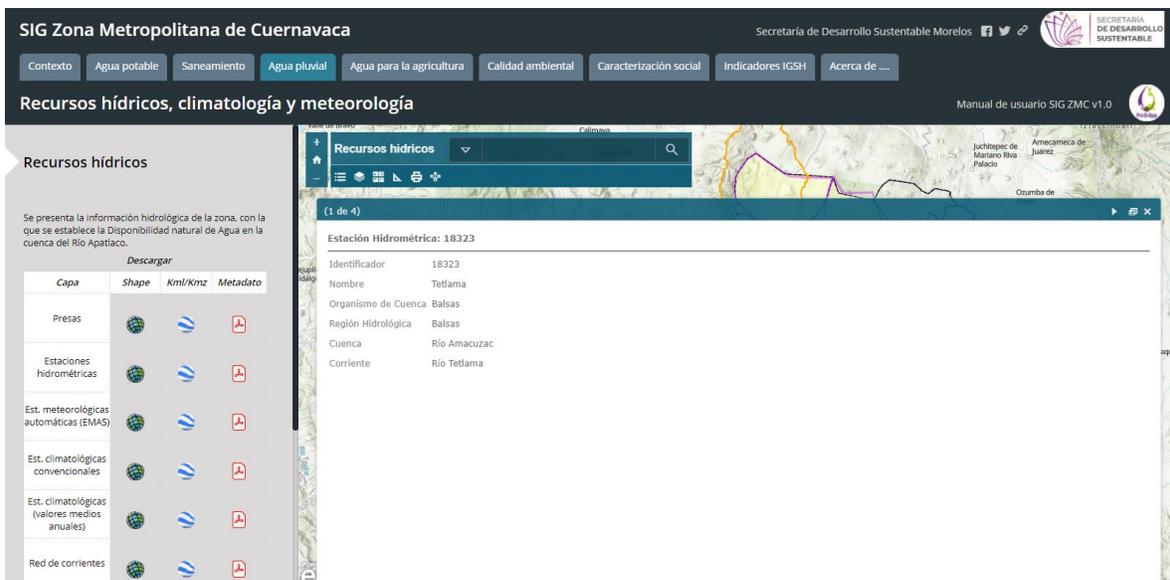
- Para esta capa se seleccionaron las estaciones localizadas espacialmente en la subcuenca del Río Apatlaco y se salvaron en un nuevo shapefile.
- Finalmente, dado que la capa de origen se encontraba en proyección Cónica Conforme de Lambert en el Datum ITRF92, la capa final se reproyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

Figura 2.92 Estaciones hidrométricas



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2020c.

Figura 2.93 Campos activados en el menú emergente para las estaciones hidrométricas

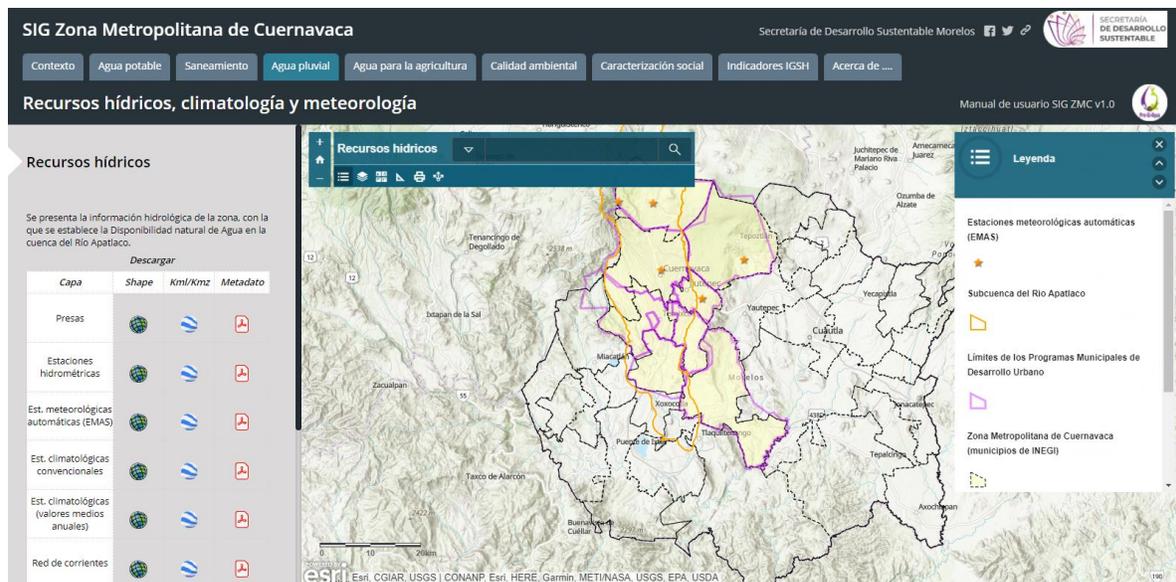


Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2020c.

Los campos que posee el tema son los mismos que la capa de origen, siendo estos 12, sin embargo, varios de ellos son claves y coordenadas. En el menú emergente solo se muestran el identificador de la estación, el nombre, el organismo de cuenca al que pertenece, la región hidrológica, la cuenca y la corriente donde se encuentra (Figura 2.93). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Estaciones meteorológicas automáticas (EMAS). Datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) y las estaciones sinópticas meteorológicas (ESMA o ESIME) en el año 2021 en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.94). Una EMA o ESMA es un sistema autónomo y automático formado por un conjunto de sensores de medición, dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, montados sobre una estructura de soporte, en donde son distribuidos, orientados y conectados al Sistema de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos (SAPAD) de la estación, con el objetivo de realizar la medición y registro de las variables meteorológicas que imperan en el lugar, y transmitir los datos obtenidos a la oficina central, en donde serán utilizados y almacenados a una base de datos. Esta capa únicamente presenta la ubicación de las estaciones.

Figura 2.94 Estaciones meteorológicas automáticas (EMAS)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-SMN, 2021a.

El objetivo del tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la ubicación de las EMAS y ESIME localizadas dentro de la ZMC en el año 2021.

A partir de la página del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se descargó la capa KMZ con el inventario nacional de todas las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) y las estaciones sinópticas meteorológicas (ESMA o ESIME) para el año 2021. Esta capa se transformó mediante el software ArcGIS Desktop versión 10.4 a una capa shapefile. Para esta capa se seleccionaron las estaciones localizadas espacialmente en la ZMC y se salvaron en un nuevo shapefile. Los campos en

la tabla de atributos son los que el software de transformación generó. Finalmente, dado que la capa de origen se encontraba en coordenadas geográficas en WGS84, la capa final se reprojectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

Figura 2.95 Campos activados para las Estaciones meteorológicas automáticas (EMAS)

The screenshot shows the SIG Zona Metropolitana de Cuernavaca interface. The main menu includes 'Contexto', 'Agua potable', 'Saneamiento', 'Agua pluvial', 'Agua para la agricultura', 'Calidad ambiental', 'Caracterización social', 'Indicadores IGSH', and 'Acerca de...'. The current view is 'Recursos hídricos, climatología y meteorología'. On the left, a sidebar lists layers for download: 'Presas', 'Estaciones hidrométricas', 'Est. meteorológicas automáticas (EMAS)', 'Est. climatológicas convencionales', 'Est. climatológicas (valores medios anuales)', and 'Red de corrientes'. The main map area shows a topographic map with a yellow highlighted area. A pop-up window titled '(1 de 3) Estaciones Meteorológicas Automatizadas' is open, showing the following attributes:

Nombre	IMTA
Dependencia	SMN EMAS
Altitud	1,355,00

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-SMN, 2021a.

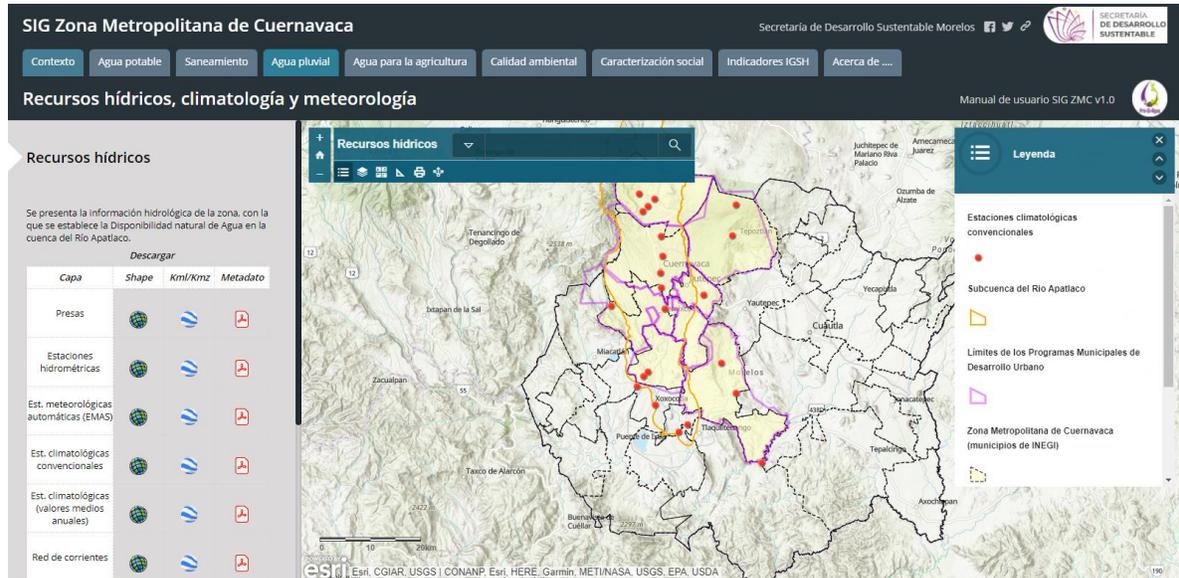
Los campos que posee el tema son 8, sin embargo, en el menú emergente solo se muestran el nombre, la dependencia que la administra y la altitud a la que se encuentra (Figura 2.95). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

**Estaciones climatológicas convencionales.** Datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones climatológicas convencionales en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o en la subcuenca del Apatlaco (Figura 2.96). Publicadas en la página del Servicio Meteorológico Nacional. Con ligas a registros diarios de lluvia en 24 horas y temperatura mínima y máxima, y para los casos que cuenten con registros mayores de 10 años, se realiza el cálculo de normales climatológicas, valores extremos y estadísticas mensuales.

A partir de la página del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se descargó la capa KMZ con el inventario nacional de todas las estaciones climatológicas convencionales para el año 2021. Esta capa se transformó mediante el software ArcGis Desktop versión 10.4 a una capa shapefile. Para esta capa se seleccionaron las estaciones localizadas la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco y se salvaron en un nuevo shapefile. Los campos en la tabla de atributos se regeneraron o separaron, manipulando el archivo DBF con Excel, dado que estos se encontraban empaquetados en el campo "descriptio" generado por el software de transformación. La tabla con los campos regenerados se unió a la capa a través del identificador de la estación y se salvó en una nueva capa para tener ya todos estos campos dentro de la tabla de atributos. Se eliminaron los campos sobrantes de la tabla de atributos para que este contuviera exclusivamente lo que se tiene en el sistema del SMN. Una vez limpiada la tabla de atributos, a ésta se le agregaron campos que establecieran el periodo de información de la estación, los porcentajes con datos de precipitación y temperaturas para ese periodo y si

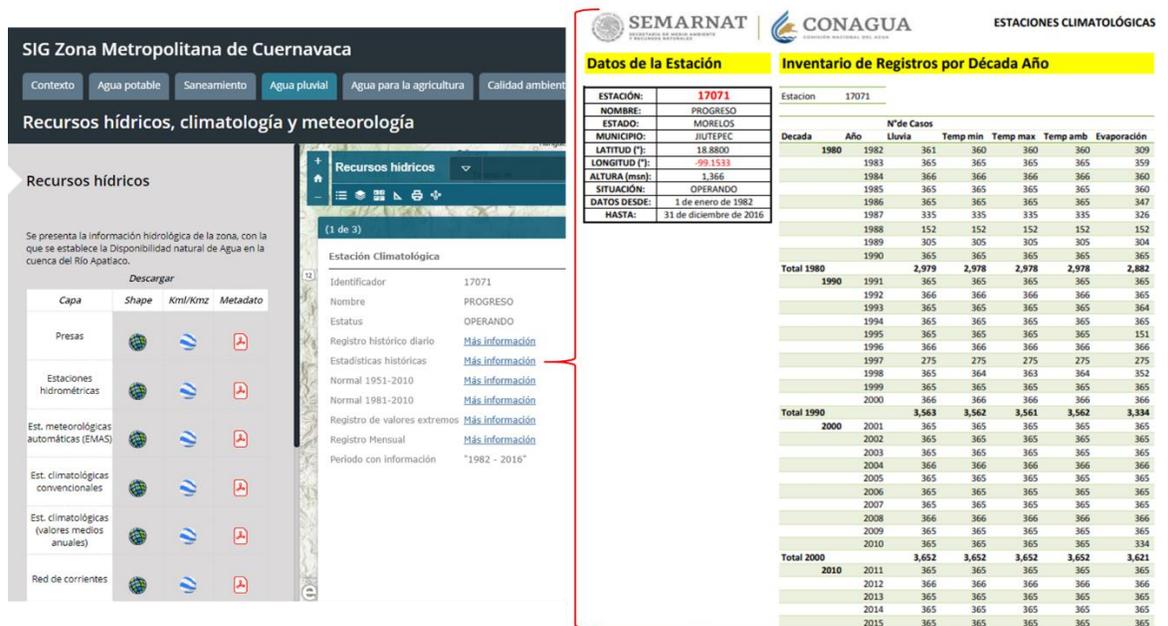
la estación se localiza exclusivamente en la ZMC, en la subcuenca del Apatlaco o en ambas. Finalmente, dado que la capa transformada queda en proyección Cónica Conforme de Lambert en WGS84, la capa final se reprojectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

Figura 2.96 Estaciones climatológicas convencionales



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-SMN, 2021b.

Figura 2.97 Campos activados en el menú emergente para las Estaciones climatológicas convencionales mostrando el acceso a la información tabular

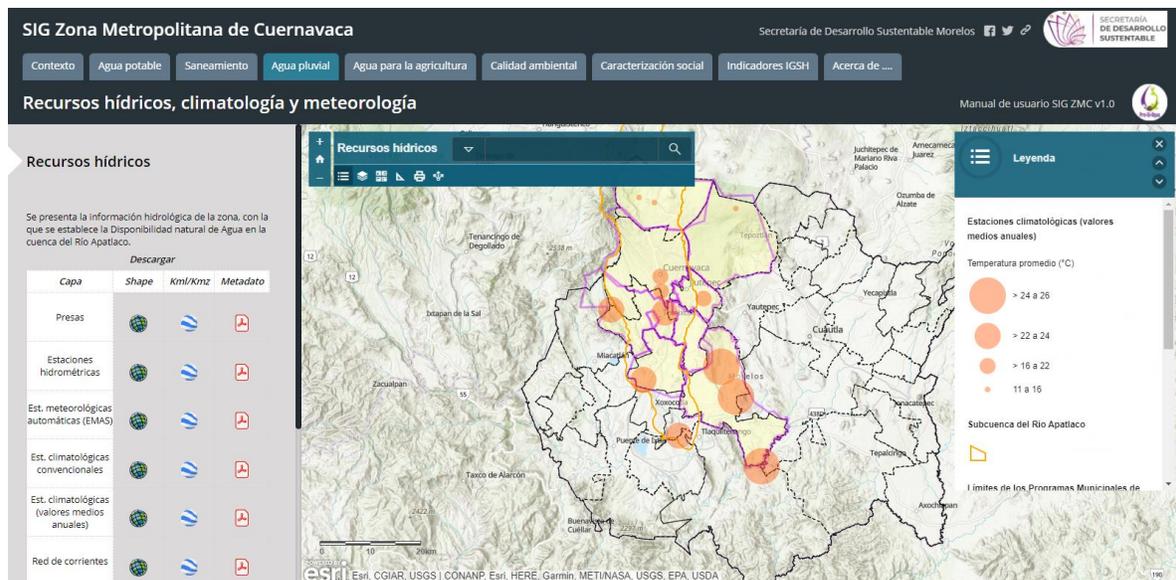


Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-SMN, 2021b.

Los campos que posee el tema son 20, sin embargo, en el menú emergente solo se muestran 10 que son el identificador, el nombre, el estatus, el periodo de operación y ligas a la información tabular (Figura 2.97). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Estaciones climatológicas (valores medios anuales). Datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones climatológicas convencionales en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o en la subcuenca del Apatlaco (Figura 2.98), conteniendo la información de valores medios anuales, obtenidos a partir de sus registros históricos (series de tiempo), de precipitación, evaporación, temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura promedio. Los registros históricos se obtuvieron de la base de datos del CLICOM (Climate Computing Project). CLICOM es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas y que adoptó el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para almacenar la información climatológica y que está puesta a disposición en diferentes portales, entre ellos el SIG-ERIC del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) que posee información hasta el 2016. Cada una de las estaciones del país contiene diferentes periodos de información.

Figura 2.98 Estaciones climatológicas (valores medios anuales)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

El objetivo del tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la ubicación de las estaciones climatológicas convencionales localizadas dentro de la ZMC o en la subcuenca del Apatlaco, conteniendo los valores medios anuales de precipitación, evaporación, temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura promedio obtenida a partir de sus registros.

A partir de la página del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG-ERIC V1.0), se descargó para las estaciones climatológicas localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco, los registros históricos de la

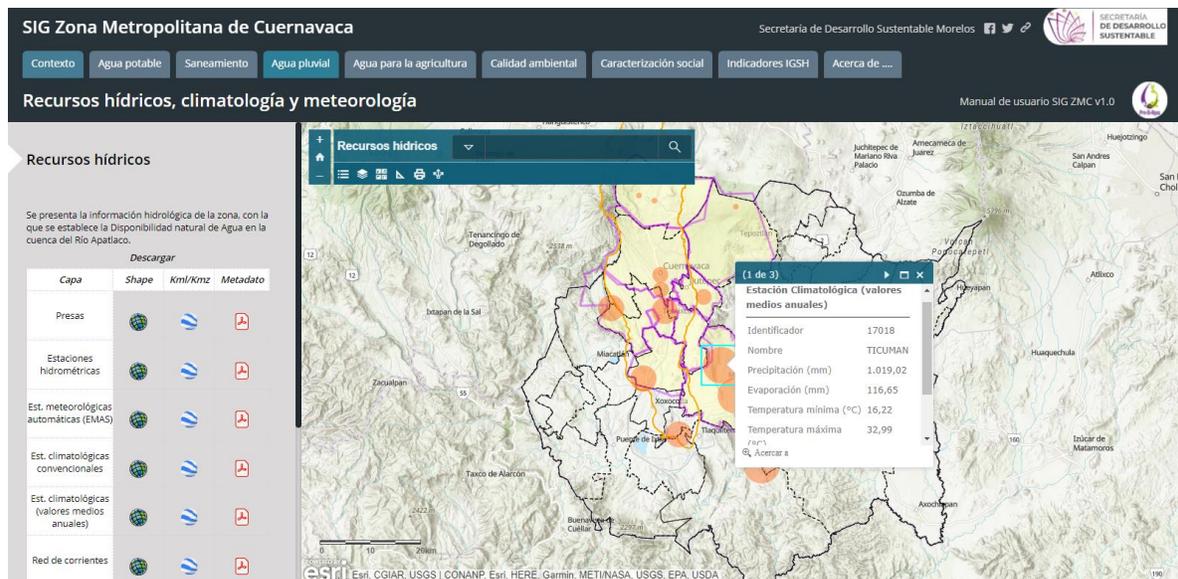
base de datos del CLICOM que posee información hasta el año 2016. Esta información de series de tiempo se procesó para obtener los valores promedios anuales de la precipitación, de la evaporación, de la temperatura mínima, de la temperatura máxima y de la temperatura promedio. Una vez obtenido estos valores se generó una tabla con la clave de la estación y sus valores promedio. La tabla se unió a la capa de ubicación de las estaciones que previamente se había generado en el SIG-ZMC (archivo Est\_Clim\_AEst\_UTM14N.shp) a través del identificador de la estación y se salvó en una nueva capa para tener ya todos estos campos dentro de la tabla de atributos. Se eliminaron algunos campos para no ser redundantes con la información de la capa Est\_Clim\_AEst\_UTM14N.shp.

Los campos que posee el tema son 9, pero en el menú emergente solo se muestran 7 que son el identificador, y los valores medios de la precipitación, la evaporación, la temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura promedio (Figura 2.99).

Las mayores precipitaciones se presentan en las estaciones de la parte norte y las mayores temperaturas en las estaciones de la parte sureste.

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

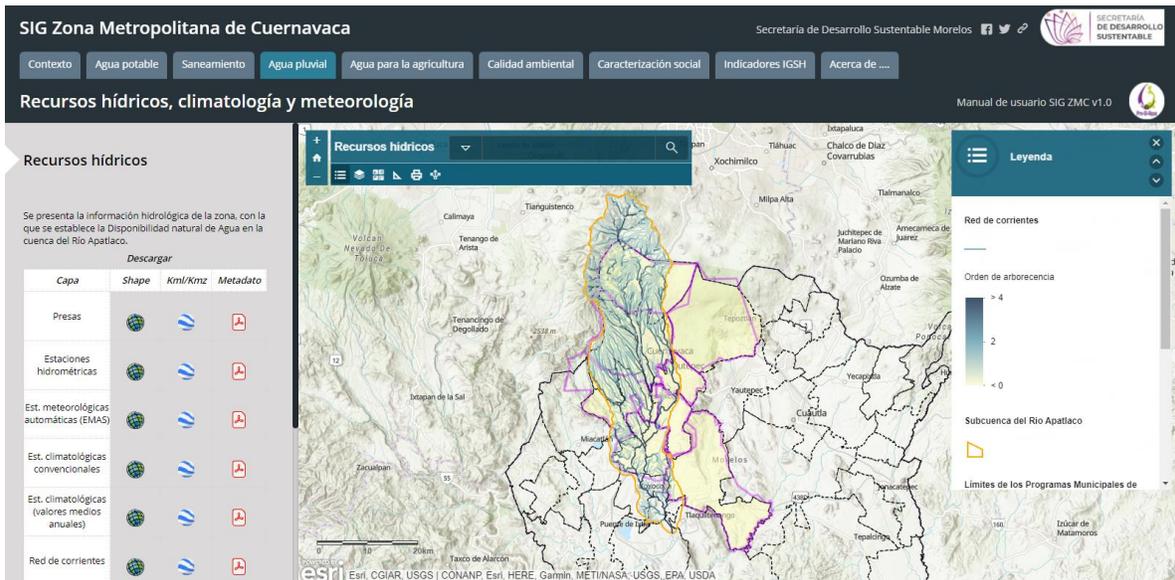
Figura 2.99 Campos activados para las Estaciones climatológicas (valores medios anuales)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

**Red de corrientes.** Datos vectoriales (polilíneas) de la red de corrientes en la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.100), generada a partir de cartografía 1:50,000. La capa contiene la red hidrográfica conectada del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL. La cual es una red geométrica inteligente para establecer la ruta que seguiría la precipitación en un punto hacia agua abajo o el área del cual proviene una gota de agua hacia aguas arriba y además posee indicadores morfológicos. El SIATL es publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

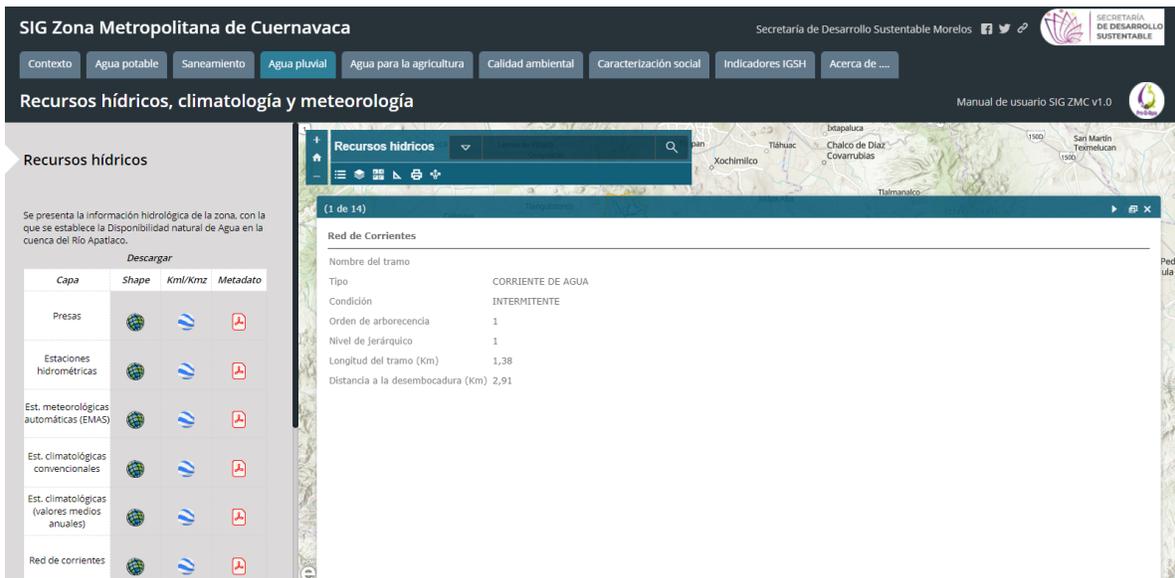
Figura 2.100 Red de corrientes



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI 2010 y 2020b.

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la red de corrientes que drenan el área de la subcuenca del Río Apatlaco, de manera que ésta pueda ser empleada en sistemas de información geográfica (SIG) para determinar direcciones de flujo, longitudes de cauce, etc.

Figura 2.101 Campos activados para la Red de corrientes



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI 2010 y 2020b.

A partir de la aplicación del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL V4.0 publicada en 2020, se descargó la red hidrográfica para la subcuenca del Río Apatlaco

(clave RH18Fd) la cual está integrada por tres capas en archivos shapefile que son RH18Fd\_hl.shp (líneas de flujo), RH18Fd\_dr.shp (puntos de drenaje) y RH18Fd\_subc.shp (polígono de la subcuenca). El archivo RH18Fd\_hl.shp es el que tiene propiamente la red hidrográfica o de corrientes de drenaje. Como la capa de origen viene en coordenadas geográficas usando el sistema GCS\_GRS\_1980, la capa se re proyectó a MEXICO\_ITRF 2008/UTM zona 14 norte.

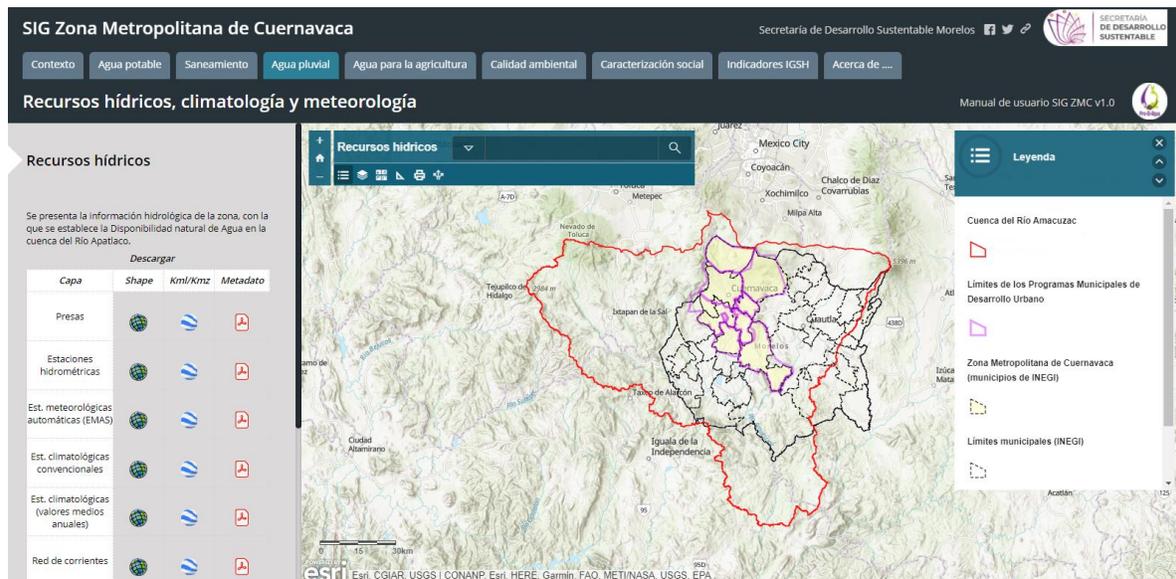
Los campos que posee el tema son 22, pero en el menú emergente solo se muestran 7 que son el Nombre del tramo, el tipo, la condición, el orden de arborescencia, el nivel jerárquico, la longitud del tramo y la distancia a la desembocadura (Figura 2.101).

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

**Cuenca del Río Amacuzac.** Datos vectoriales (polilíneas) con la delimitación o parteaguas de la cuenca del Río Amacuzac (Figura 2.102) en la cual caen todos los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y a la cual pertenece la subcuenca del Río Apatlaco conteniendo la información de la disponibilidad de agua publicada en los años 2020 y 2016.

Este tema busca proporcionar a la sociedad un mapa con la delimitación del parteaguas de la cuenca del Río Amacuzac, conteniendo la información de la disponibilidad de agua superficial publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) para los años 2020 y 2016. Base SINA.

Figura 2.102 Cuenca del Río Amacuzac



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2016 y 2020.

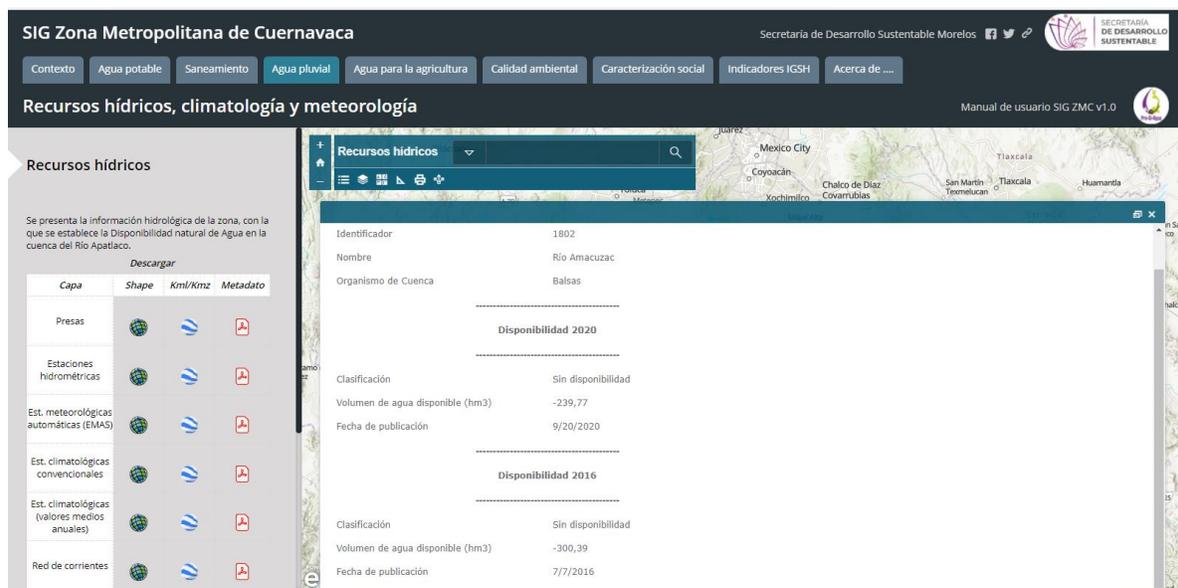
A partir del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) que publica la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se descargaron los shapefile conteniendo la información de la disponibilidad de agua superficial en cuencas para los años 2016 y 2020 (últimas dos publicaciones, en el DOF, de la disponibilidad de agua superficial). Para estas dos capas se seleccionó la cuenca del Río Amacuzac y se salvaron dos nuevos shapefiles conteniéndola únicamente. Dado que las delimitaciones espaciales de la cuenca se

mantienen en ambas capas, la información de disponibilidad se integró en una sola tabla de atributos para tener una sola capa con ambas disponibilidades. Las capas de origen se encontraban en proyección Cónica Conforme de Lambert en el Datum ITRF92 por lo que la capa final se reprojectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

Los campos que posee el tema son 14, pero en el menú emergente solo se muestran 9 que son el identificador, el nombre, el organismo de cuenca al que pertenece y la información de las dos últimas disponibilidades (disponibilidad 2020 y 2016) que incluyen la clasificación, el volumen de agua disponible, la fecha de publicación en el diario oficial de la federación (DOF) (Figura 2.103).

La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Figura 2.103 Campos activados para la Cuenca del Río Amacuzac



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2016 y 2020.

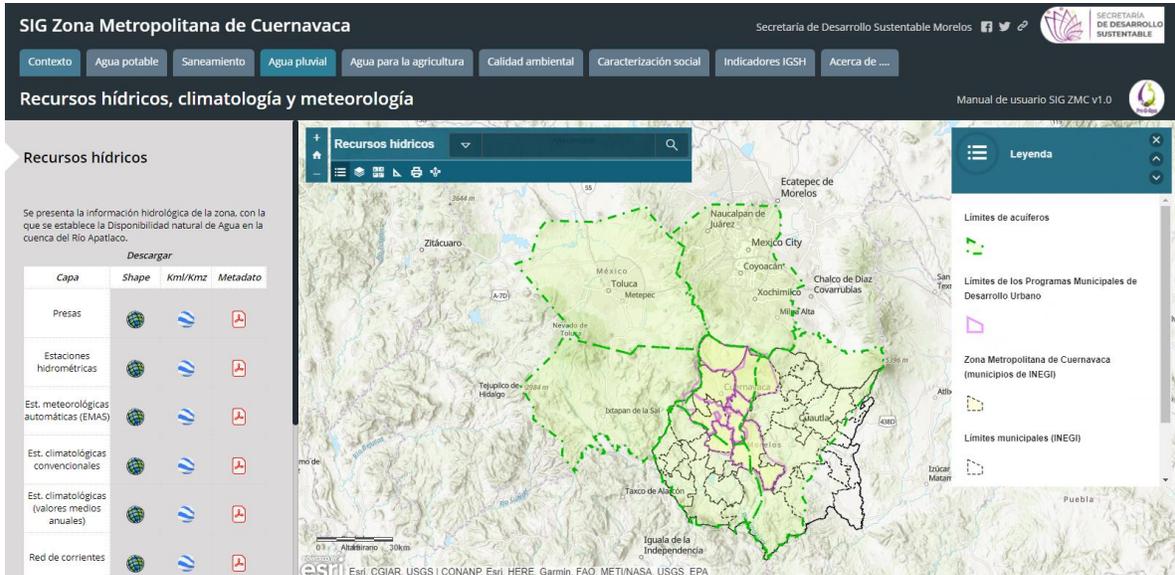
**Límites de acuíferos.** Datos vectoriales (polilíneas) con la delimitación de los acuíferos que intersectan los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o el parteaguas de la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.104) conteniendo la información de la disponibilidad de agua publicada en los años 2020 y 2018.

El objetivo del tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la delimitación de los acuíferos que intersectan la ZMC o el parteaguas de la subcuenca del Río Apatlaco, conteniendo la información de la disponibilidad de agua subterránea publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) para los años 2020 y 2018. Base SINA.

A partir del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) que publica la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se descargaron los shapefile conteniendo la información de la disponibilidad de acuíferos para los años 2018 y 2020 (últimas dos publicaciones, en el DOF, de la disponibilidad de agua subterránea). Sobreponiendo los límites de los municipios de la ZMC y la delimitación de la subcuenca del Río Apatlaco a las capas

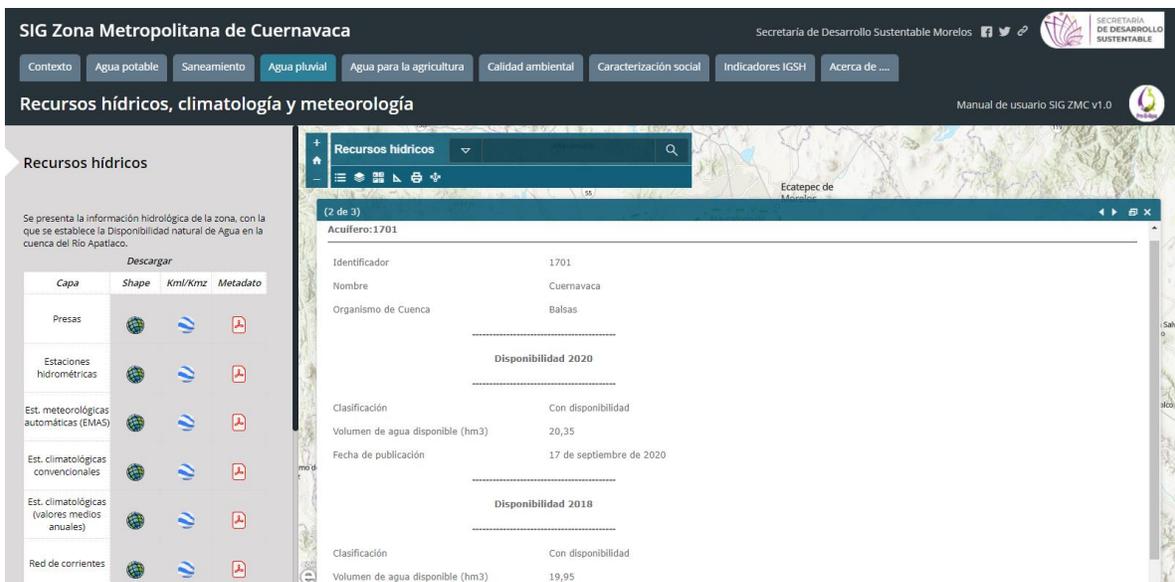
descargadas, se seleccionaron únicamente aquellos acuíferos que intersectan a estas zonas y se salvaron en capas recortadas con estas entidades. Dado que las delimitaciones espaciales de los acuíferos se mantienen en ambas capas, la información de disponibilidad se integró en una sola tabla de atributos para tener una sola capa con ambas disponibilidades. Las capas de origen se encontraban en proyección Cónica Conforme de Lambert en el Datum ITRF92 por lo que la capa final se re proyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14 norte.

Figura 2.104 Límites de acuíferos



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2018 y 2020.

Figura 2.105 Campos activados para los Límites de acuíferos



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, 2018 y 2020.

Los campos que posee el tema son 15, pero en el menú emergente solo se muestran 9 que son el identificador, el nombre del acuífero, el organismo de cuenca al que pertenece y la información de las dos últimas disponibilidades (disponibilidad 2020 y 2018) que incluyen la clasificación, el volumen de agua disponible, la fecha de publicación en el diario oficial de la federación (DOF) (Figura 2.105).

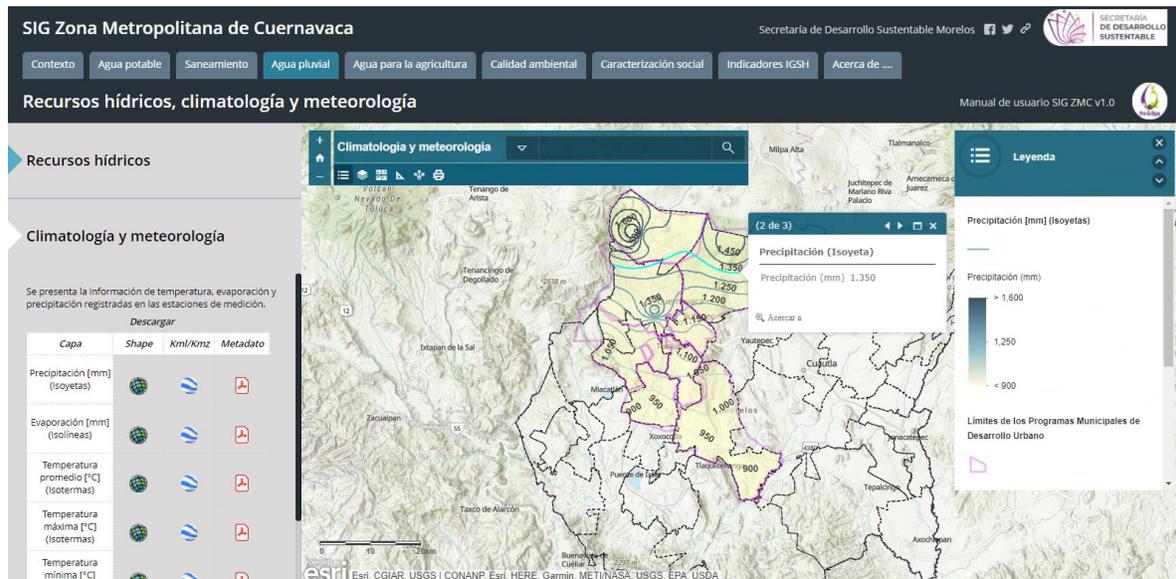
La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

## Climatología y meteorología

El submódulo de Climatología y meteorología lo integran cinco temas que muestran el comportamiento espacial a través de curvas de isovalores de la precipitación media, de la evaporación media, de la temperatura promedio, de la temperatura máxima y de la temperatura mínima en la zona metropolitana de Cuernavaca. Presas (Figura 2.89).

**Precipitación [mm] (Isoyetas).** Datos vectoriales (polilíneas) con la configuración de isoyetas de precipitación media anual en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.106). El intervalo entre curvas es cada 50 mm de precipitación, con una isoyeta mínima de 900 mm y una isoyeta máxima de 1600 mm. Las curvas se calcularon a partir los valores medios de precipitación anual para las estaciones climatológicas convencionales localizadas dentro de la ZMC. Los valores de precipitación media por estación se calcularon a partir de los registros históricos de la base de datos del CLICOM (Climate Computing Project). CLICOM es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas y que adoptó el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para almacenar la información climatológica y que está puesta a disposición en diferentes portales, entre ellos el SIG-ERIC del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) que posee información hasta el 2016. Cada una de las estaciones del país contiene diferentes periodos de información.

Figura 2.106 Tema Precipitación [mm] (Isoyetas) y sus campos activados



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

El objetivo del tema es Proporcionar a la sociedad un mapa con la configuración de las isoyetas dentro de la ZMC. La cual muestre la variación espacial de la precipitación media anual.

Las curvas se obtuvieron mediante el siguiente procedimiento:

A partir de la página del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG-ERIC V1.0), se descargó para las estaciones climatológicas localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco, los registros históricos de la base de datos del CLICOM que posee información hasta el año 2016. Esta información de series de tiempo se procesó para obtener la capa Eclim\_ValPromAnual\_UTM14N.shp (del SIG-ZMC) que entre otras variables posee los valores promedios anuales de la precipitación en cada estación. Usando esta capa de estaciones con sus valores de precipitación y un algoritmo de interpolación del inverso de la distancia se generó una malla, regularmente espaciada, de precipitación promedio anual. La malla se procesó con un algoritmo de configuración de curvas de isovalores para generar las isoyetas considerando un intervalo de separación entre ellas de 50 mm de precipitación, una curva mínima de 900 mm y una curva máxima de 1600 mm. Finalmente la capa resultante se recortó con los límites externos de los municipios que integran la ZMC.

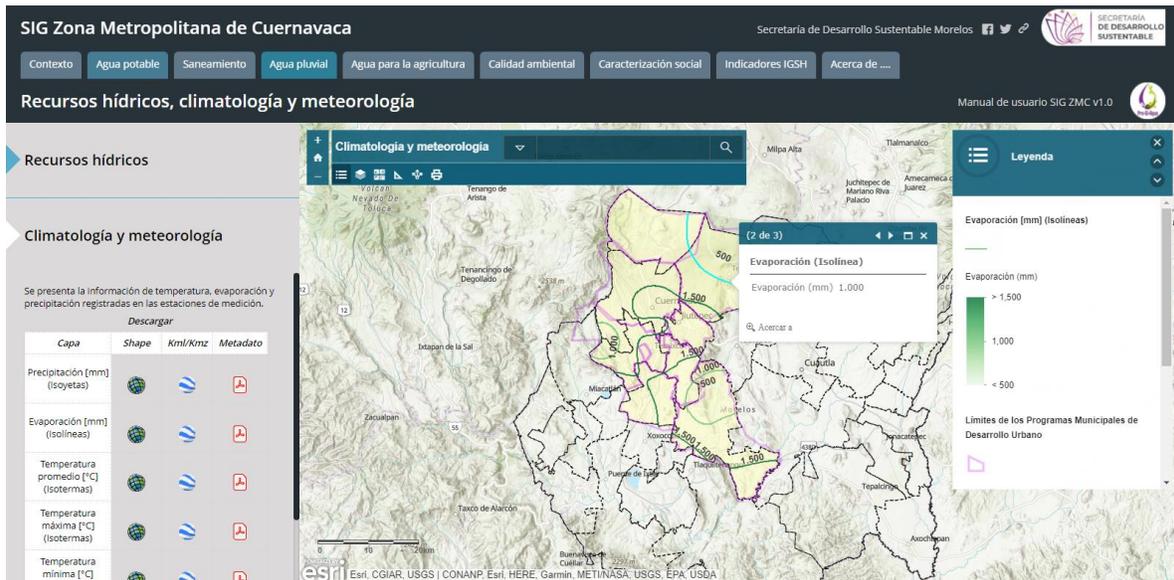
El tema posee tres atributos que son: un identificador interno, el valor de la curva y la longitud de la curva, en el menú desplegable sólo se activa el valor de la curva (Figura 2.106). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

Evaporación [mm] (Isolíneas). Datos vectoriales (polilíneas) con la configuración de isolíneas de evaporación media anual en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.107). El intervalo entre curvas es cada 500 mm de evaporación, con una isolínea mínima de 500 mm y una isolínea máxima de 1500 mm. Las curvas se calcularon a partir los valores medios de evaporación anual para las estaciones climatológicas convencionales localizadas dentro de la ZMC. Los valores de evaporación media por estación se calcularon a partir de los registros históricos de la base de datos del CLICOM (Climate Computing Project).

El objetivo del tema es mostrar la variación espacial de la evaporación media anual dentro de la ZMC y fue obtenido como sigue:

A partir de la página del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG-ERIC V1.0), que publica el IMTA, se descargó para las estaciones climatológicas localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco, los registros históricos de la base de datos del CLICOM que posee información hasta el año 2016. Esta información de series de tiempo se procesó para obtener la capa Eclim\_ValPromAnual\_UTM14N.shp (del SIG-ZMC) que entre otras variables posee los valores promedios anuales de la evaporación en cada estación. Usando esta capa de estaciones con sus valores de evaporación y un algoritmo de interpolación del inverso de la distancia se generó una malla, regularmente espaciada, de evaporación promedio anual. La malla se procesó con un algoritmo de configuración de curvas de isovalores para generar las isolíneas considerando un intervalo de separación entre ellas de 500 mm de evaporación, una curva mínima de 500 mm y una curva máxima de 1500 mm. Finalmente la capa resultante se recortó con los límites externos de los municipios que integran la ZMC.

Figura 2.107 Tema Evaporación [mm] (Isolíneas) y sus campos activados



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

La capa posee tres atributos que son: un identificador interno, el valor de la curva y la longitud de la curva, en el menú desplegable sólo se activa el valor de la curva (Figura 2.107). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

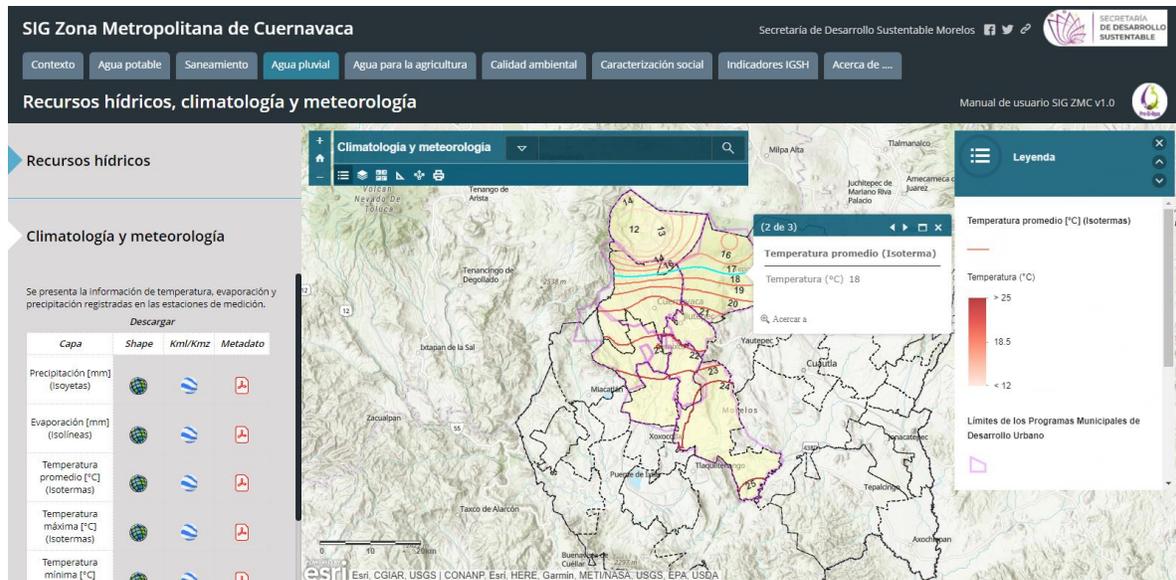
**Temperatura promedio [°C] (Isotermas).** Datos vectoriales (polilíneas) con la configuración de isotermas de temperatura promedio anual en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.108). El intervalo entre curvas es cada grado centígrado de temperatura, con una isoterma mínima de 12 °C y una isoterma máxima de 25 °C. Las curvas se calcularon a partir de los valores medios de temperatura promedio anual para las estaciones climatológicas convencionales localizadas dentro de la ZMC. Los valores de temperatura promedio por estación se calcularon a partir de los registros históricos de la base de datos del CLICOM (Climate Computing Project).

El objetivo del tema es mostrar la variación espacial de la temperatura promedio anual dentro de la ZMC y fue obtenido como sigue:

A partir de la página del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG-ERIC V1.0), que publica el IMTA, se descargó para las estaciones climatológicas localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco, los registros históricos de la base de datos del CLICOM que posee información hasta el año 2016. Esta información de series de tiempo se procesó para obtener la capa Eclim\_ValPromAnual\_UTM14N.shp (del SIG-ZMC) que entre otras variables posee los valores medios anuales de la temperatura promedio en cada estación. Usando esta capa de estaciones con sus valores de temperatura promedio y un algoritmo de interpolación del inverso de la distancia se generó una malla, regularmente espaciada, de temperatura promedio anual. La malla se procesó con un algoritmo de configuración de curvas de isovalores para generar las isotermas considerando un intervalo de separación entre ellas de un grado centígrado, una curva mínima de 12 °C y una curva máxima de 25 °C.

Finalmente la capa resultante se recortó con los límites externos de los municipios que integran la ZMC.

Figura 2.108 Tema Temperatura promedio [°C] (Isotermas) y sus campos activados



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

La capa posee tres atributos que son: un identificador interno, el valor de la curva y la longitud de la curva, en el menú desplegable sólo se activa el valor de la curva (Figura 2.108). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

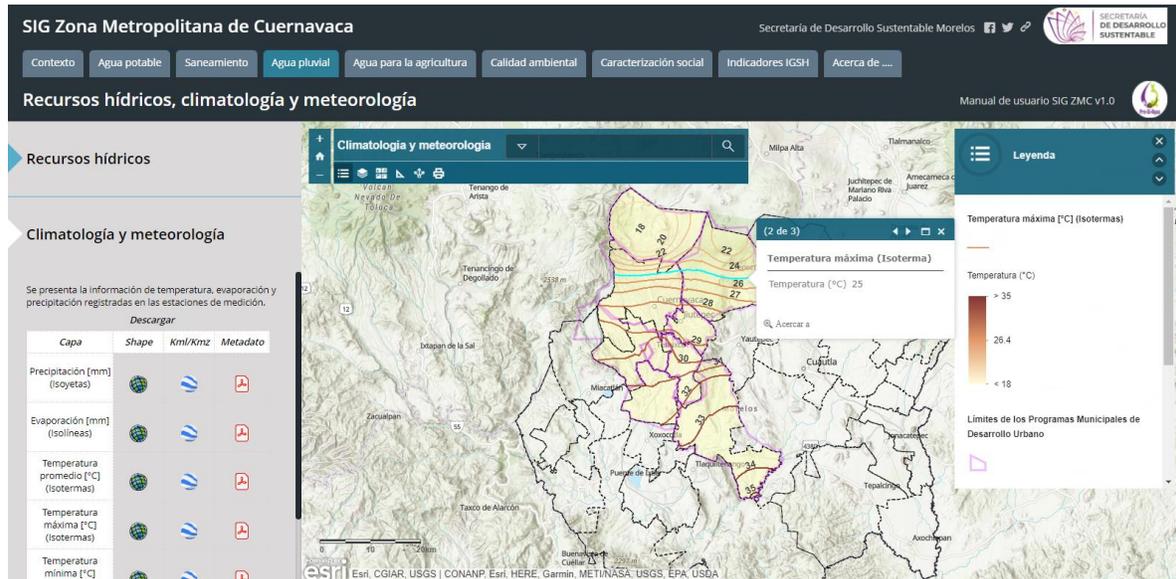
**Temperatura máxima [°C] (Isotermas).** Datos vectoriales (polilíneas) con la configuración de isotermas de temperatura máxima anual en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.109). El intervalo entre curvas es cada grado centígrado de temperatura, con una isoterma mínima de 18 °C y una isoterma máxima de 35 °C. Las curvas se calcularon a partir de los valores medios de temperatura máxima anual para las estaciones climatológicas convencionales localizadas dentro de la ZMC. Los valores de temperatura máxima por estación se calcularon a partir de los registros históricos de la base de datos del CLICOM (Climate Computing Project).

El objetivo del tema es mostrar la variación espacial de la temperatura máxima anual dentro de la ZMC y fue obtenido como sigue:

A partir de la página del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG-ERIC V1.0), que publica el IMTA, se descargó para las estaciones climatológicas localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco, los registros históricos de la base de datos del CLICOM que posee información hasta el año 2016. Esta información de series de tiempo se procesó para obtener la capa Eclim\_ValPromAnual\_UTM14N.shp (del SIG-ZMC) que entre otras variables posee los valores medios anuales de la temperatura máxima en cada estación. Usando esta capa de estaciones con sus valores de temperatura máxima y un algoritmo de interpolación del inverso de la distancia se generó una malla, regularmente espaciada, de temperatura máxima anual. La malla se procesó con un algoritmo de configuración de curvas de

isovalores para generar las isotermas considerando un intervalo de separación entre ellas de un grado centígrado, una curva mínima de 18 °C y una curva máxima de 35 °C. Finalmente la capa resultante se recortó con los límites externos de los municipios que integran la ZMC.

Figura 2.109 Tema Temperatura máxima [°C] (Isotermas) y sus campos activados



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

La capa posee tres atributos que son: un identificador interno, el valor de la curva y la longitud de la curva, en el menú desplegable sólo se activa el valor de la curva (Figura 2.109). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

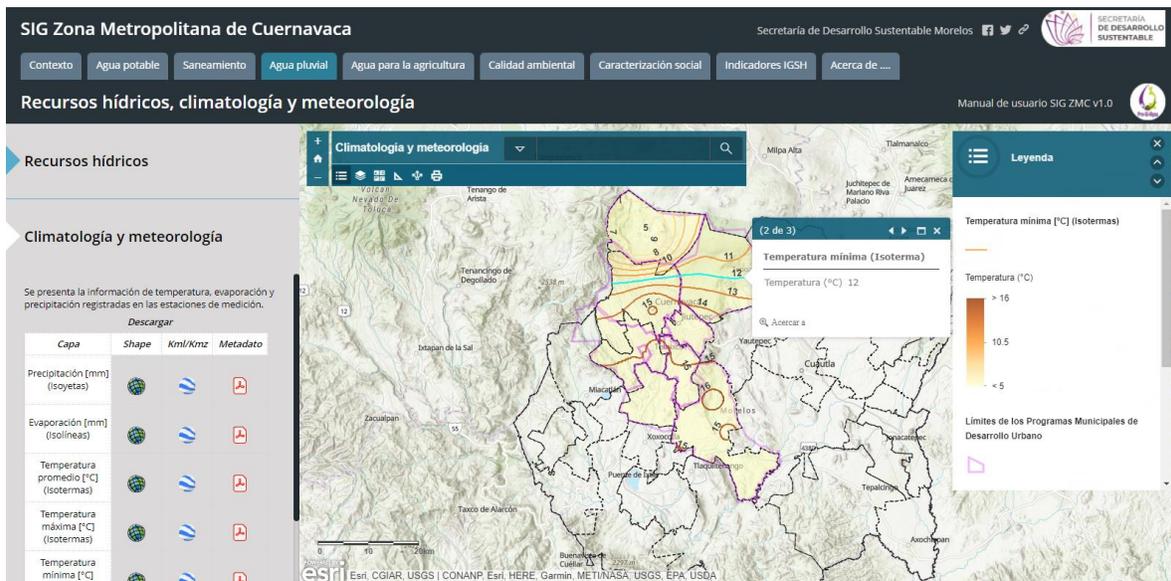
**Temperatura mínima [°C] (Isotermas).** Datos vectoriales (polilíneas) con la configuración de isotermas de temperatura mínima anual en la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.110). El intervalo entre curvas es cada grado centígrado de temperatura, con una isoterma mínima de 5 °C y una isoterma máxima de 16 °C. Las curvas se calcularon a partir de los valores medios de temperatura mínima anual para las estaciones climatológicas convencionales localizadas dentro de la ZMC. Los valores de temperatura mínima por estación se calcularon a partir de los registros históricos de la base de datos del CLICOM (Climate Computing Project).

El objetivo del tema es mostrar la variación espacial de la temperatura mínima anual dentro de la ZMC y fue obtenido como sigue:

A partir del portal del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica (SIG-ERIC V1.0), que publica el IMTA, se descargó para las estaciones climatológicas localizadas en la ZMC o en la subcuenca del Río Apatlaco, los registros históricos de la base de datos del CLICOM que posee información hasta el año 2016. Esta información de series de tiempo se procesó para obtener la capa Eclim\_ValPromAnual\_UTM14N.shp (del SIG-ZMC) que entre otras variables posee los valores medios anuales de la temperatura mínima en cada estación. Usando esta capa de estaciones con sus valores de temperatura mínima y un algoritmo de interpolación del

inverso de la distancia se generó una malla, regularmente espaciada, de temperatura mínima anual. La malla se procesó con un algoritmo de configuración de curvas de isovalores para generar las isotermas considerando un intervalo de separación entre ellas de un grado centígrado, una curva mínima de 5 °C y una curva máxima de 16 °C. Finalmente la capa resultante se recortó con los límites externos de los municipios que integran la ZMC.

Figura 2.110 Tema Temperatura mínima [°C] (Isotermas) y sus campos activados



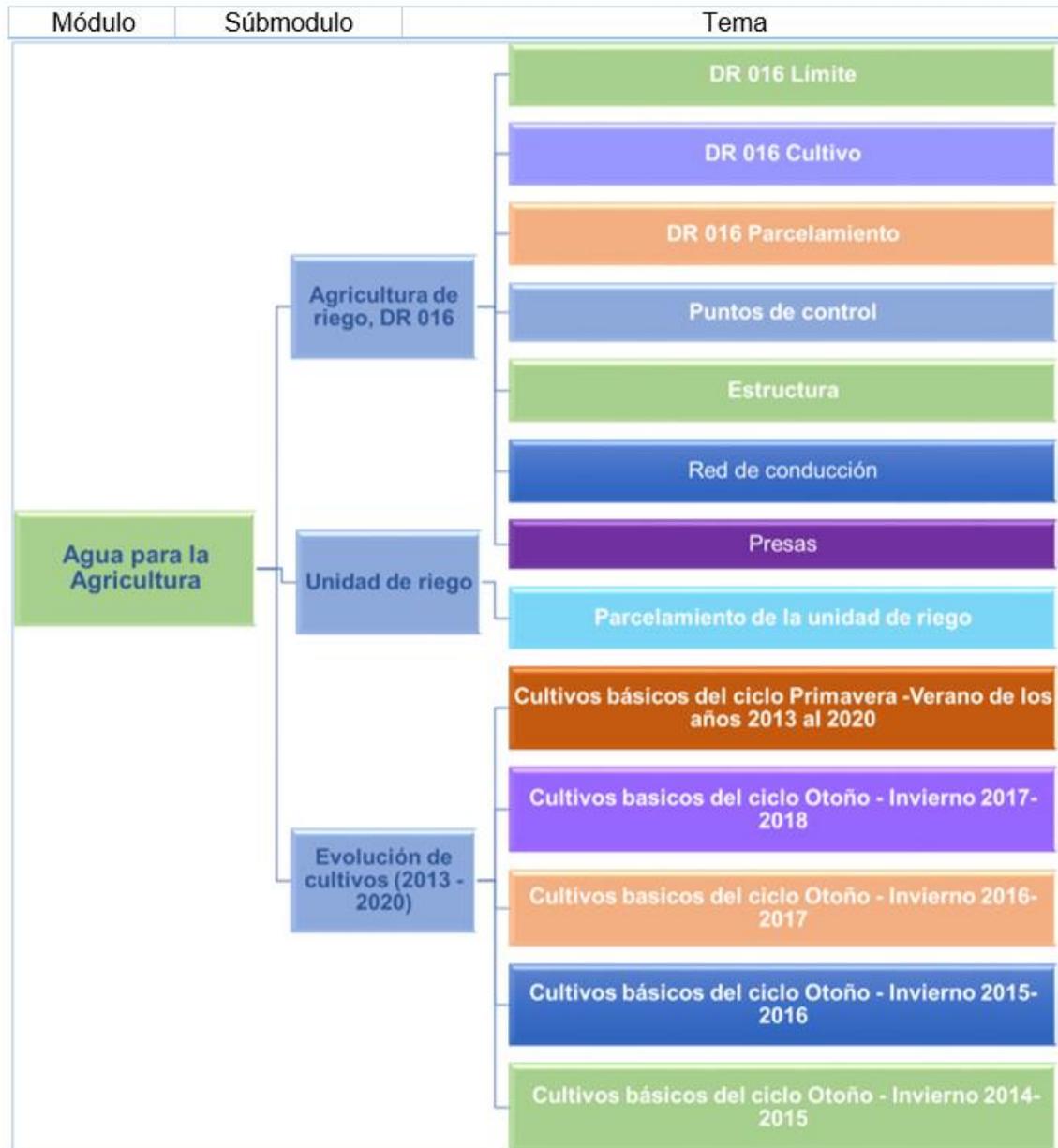
Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA-IMTA, 2016.

La capa posee tres atributos que son: un identificador interno, el valor de la curva y la longitud de la curva, en el menú desplegable sólo se activa el valor de la curva (Figura 2.110). La capa puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

### 2.4.5 Módulo Agua para la agricultura

El módulo de Agua para la Agricultura se integra de los submodulos: Agricultura de riego, Unidad de riego y Evolución de cultivos básicos, a su vez cada uno contiene una serie de temas los cuales se muestran en la (Figura 2.111).

Figura 2.111. Estructura del módulo Agua para la Agricultura



#### Agricultura de riego, Distrito de Riego 016

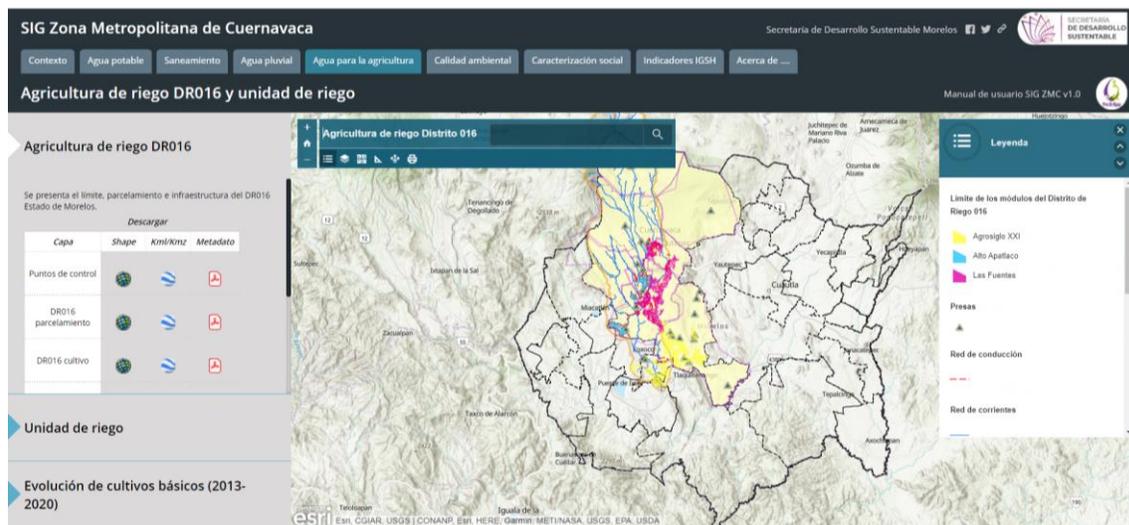
El objetivo de la capa es proporcionar a la sociedad un mapa donde se represente la distribución espacial los límites, cultivos y parcelamiento de los módulos 3, 4 y 5 del Distrito

de Riego 016 en el estado de Morelos. Tal registro fue aportado por la jefatura del Distrito de Riego DR016, "Estado de Morelos". Información colectada en 1992. De las capas proporcionadas por la Jefatura de Distrito de Riego 016, "Estado de Morelos" se eligieron los módulos 03 Alto Apatlaco, 04 Las Fuentes y 05 Agrosiglo XXI para representarla espacialmente en los diversos mapas y análisis. Se realizó la reproyección al sistema de referencia utilizado y se recortó con los polígonos de la ZMC y de la cuenca del río Apatlaco.

En la ZMC existen 9 mil ha de agricultura de riego, la mayoría aplica riego de gravedad con agua subterránea y del total de consumo de agua en la zona la agricultura solo representa el 6%, Tlaltzapán es el municipio con mayor uso de agua para la agricultura. Los principales cultivos en la región por superficie son caña de azúcar, maíz y arroz, el resto se compone de cultivos de frutales como limón, guayaba, mango, hortalizas (jitomate, cebolla, pepino, calabacita y tomate de cáscara), y finalmente diferentes variedades de flores.

Entre los principales problemas identificados con el uso de agua para la agricultura se encuentra: tomas irregulares, extracción de agua de canales de riego, urbanización y falta de diseño e infraestructura para el resuso de agua tratada en la agricultura, en la Figura 2.112 se observan los módulos de riego 3, 4 y 5 del DR016.

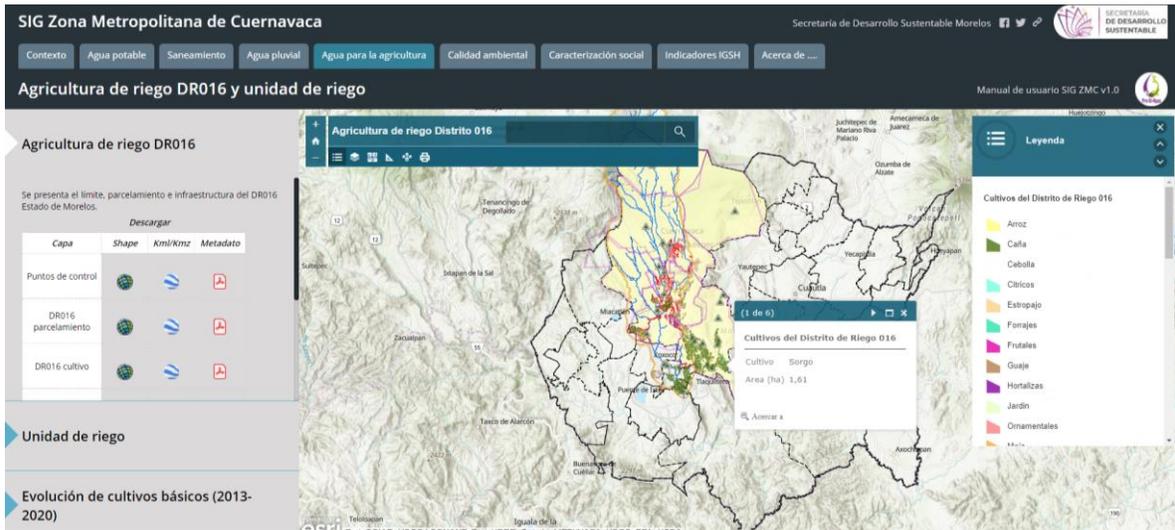
Figura 2.112. Límite del DR 016 en la ZMC



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Jefatura del Distrito de Riego DR016, "Estado de Morelos", 2011

**Cultivos:** contiene la superficie de los diferentes cultivos como son: arroz, caña de azúcar, cítricos, ornamentales, hortalizas, leguminosas, pasto, sorgo, forrajes, frutales, además se presentan terrenos con concesiones de agua para agricultura pero que ahora ya son terrenos con diferente uso como urbano o sin uso agrícola (Figura 2.113).

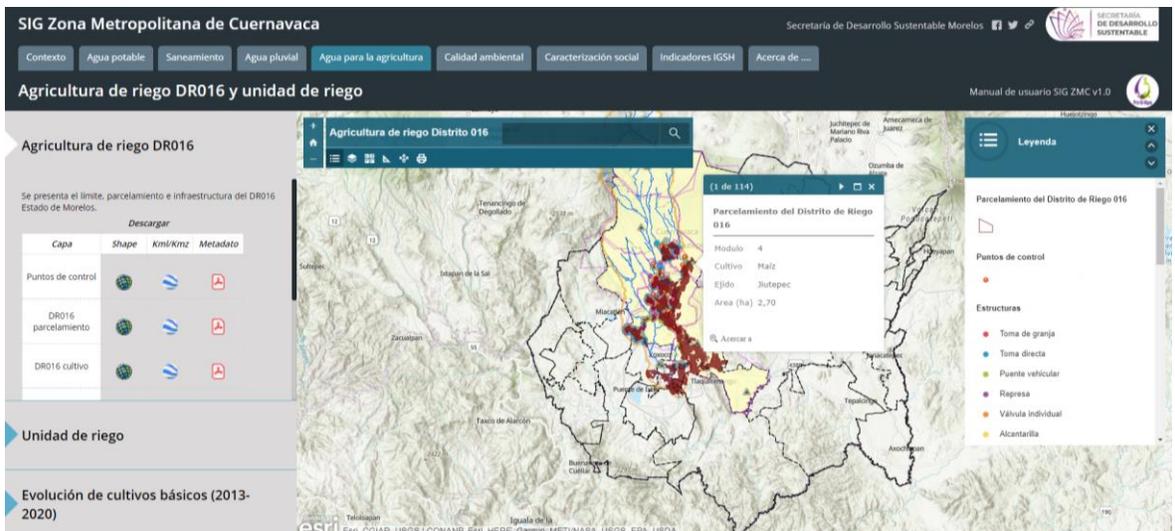
Figura 2.113. Cultivos del Distrito de Riego 016



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”, 2011

Parcelamiento: contiene información de las parcelas del DR 016, la superficie física, superficie de riego, sistema de riego y ejido (Figura 2.114)

Figura 2.114. Parcelamiento del Distrito de Riego 016



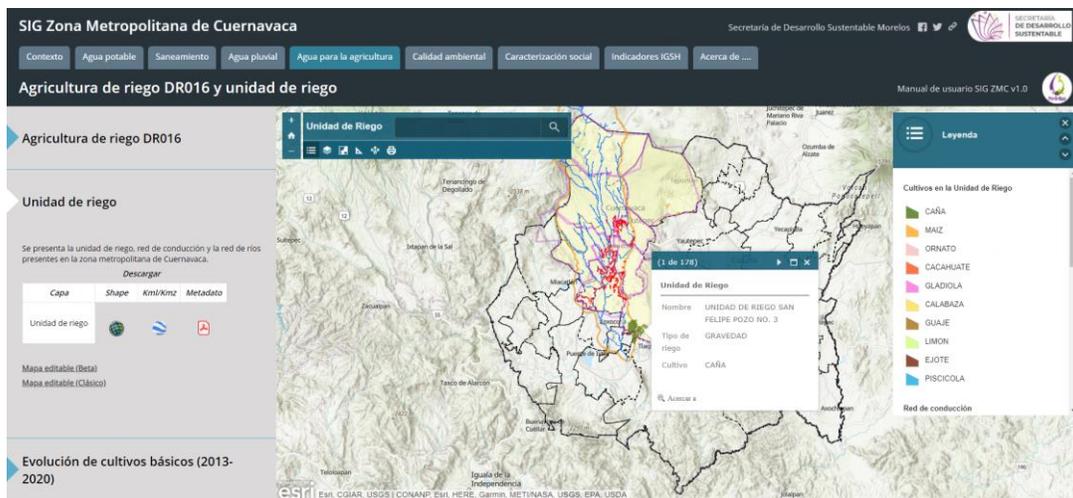
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”, 2011

## Unidad de Riego (UR)

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa que represente la distribución espacial del área de Unidades de Riego en los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y la cuenca del río Apatlaco, registro aportado por la Jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”. Información colectada en 1992. Se presenta la unidad de riego, red de conducción y la red de ríos presentes en la zona metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.115).

Esta capa vectorial fue proporcionada por la Jefatura de Distrito de Riego 016, “estado de Morelos”, y debido a que correspondía a todo el estado fue recortada usando como máscara la capa de la ZMC y la Cuenca del río Apatlaco. Esta capa permite realizar un análisis estadístico del estatus de las Unidades de riego. En el mapa se presentan las parcelas que integran la unidad de riego en la ZMC, los atributos de la capa corresponden con el nombre la unidad de riego, tipo de propiedad del cultivo, tipo de cultivo, superficie de la parcela en ha, rendimiento del cultivo, valor de producción; entre los cultivos presentes en la ZMC se encuentran: maíz, cacahuate, guaje, caña de azúcar, flores (gladiola), limón, ejote, ornato y calabaza.

Figura 2.115. Unidad de Riego de la ZMC



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”, 2011

## Evolución de los cultivos básicos

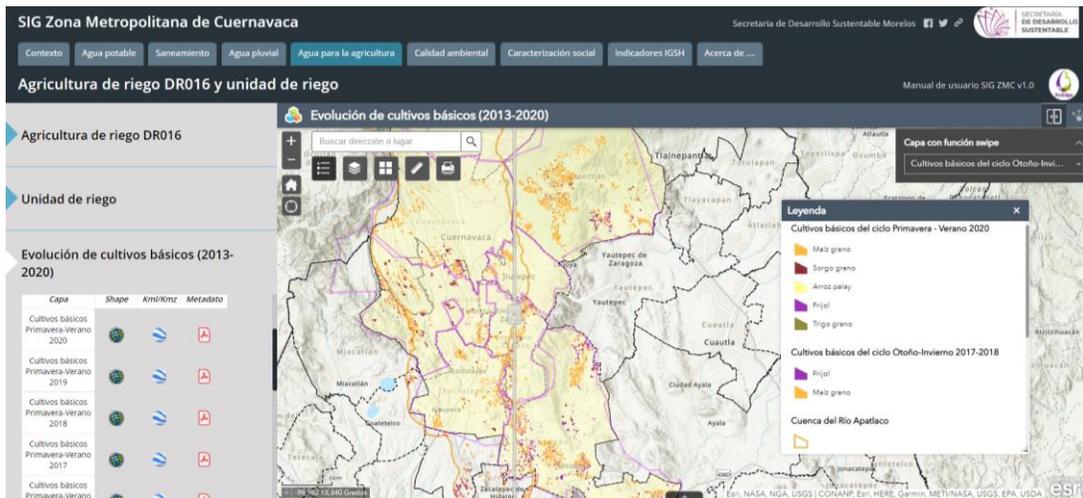
El objetivo de esta capa fue proporcionar a la sociedad un mapa con el resultado estimado de la superficie sembrada en hectáreas de cultivos básicos agrícolas del ciclo Otoño - Invierno 2017-2018, 2016-2017, 2015-2016, 2014-2015; y de los cultivos básicos agrícolas del ciclo Primavera – Verano del año 2013 al 2018, de los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y la cuenca del río Apatlaco.

Los principales cultivos del ciclo Otoño – Invierno están representados por maíz y hortalizas, para el ciclo Primavera – Verano se encuentran los cultivos de maíz, hortalizas (jitomate, cebolla, pepino, calabacita y tomate de cáscara) y flores, mientras que para los cultivos

perennes se tiene caña de azúcar, flores (rosa principalmente) y frutales. En general los municipios con mayor superficie de cultivo son Tlaltizapán, Xochitepec y Emiliano Zapata.

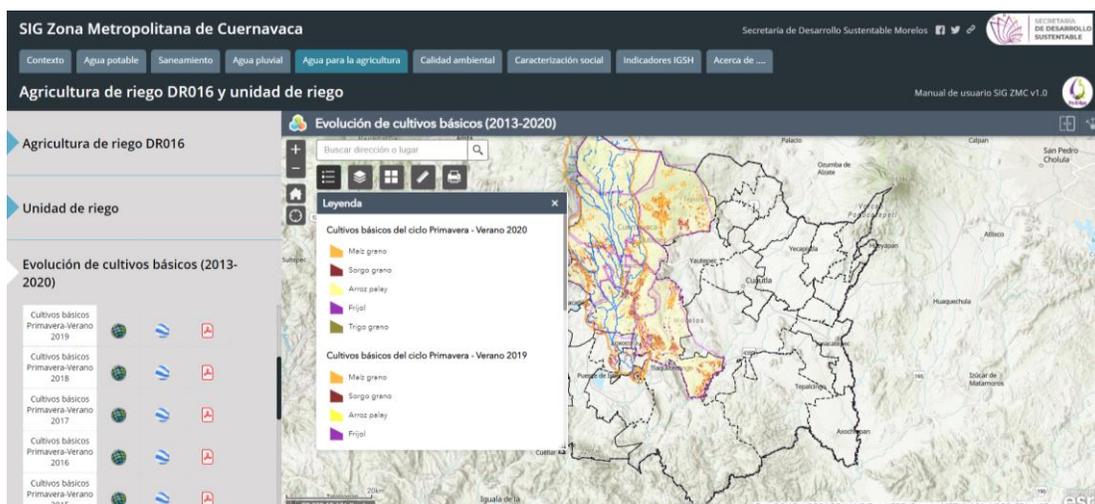
La información fue proporcionada en formato vectorial por la SADER a través de consulta directa; de dicha capa se realizó el recorte con la herramienta ArcGis Versión 10.3 para el área de estudio que corresponde a la Zona Metropolitana de Cuernavaca y la cuenca del río Apatlaco, se cuenta con información de varios años, lo que permite comparar la información, para realizar dicha comparación en el SIG se debe presionar el botón Comparar ubicado en la esquina superior derecha de la pantalla, previamente se deben activar la(s) capa(s) deseada(s) y arrastre la barra central para observar los cambios en los años seleccionados (Figura 2.116).

Figura 2.116. Evolución de los cultivos básicos (2013-2020)



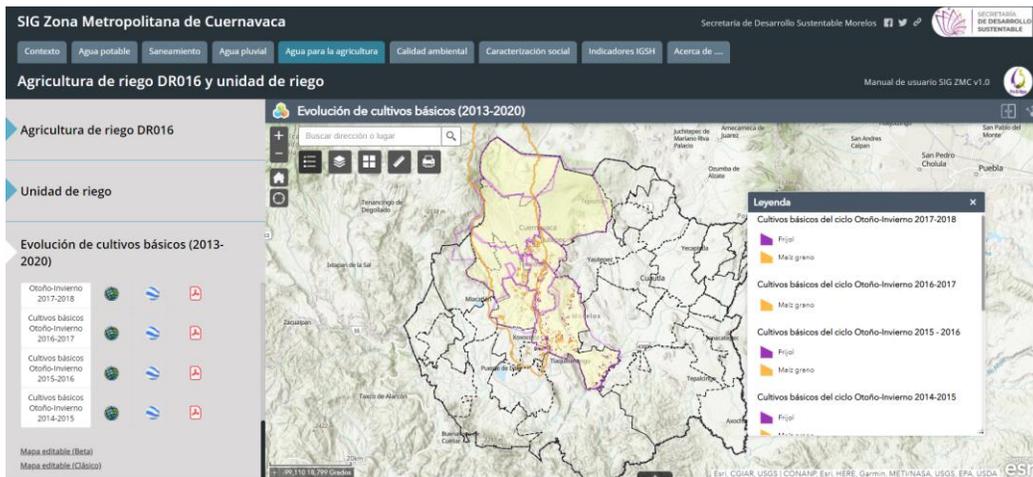
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la SADER, 2021

Figura 2.117. Cultivos del ciclo Primavera - Verano



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la SADER, 2021

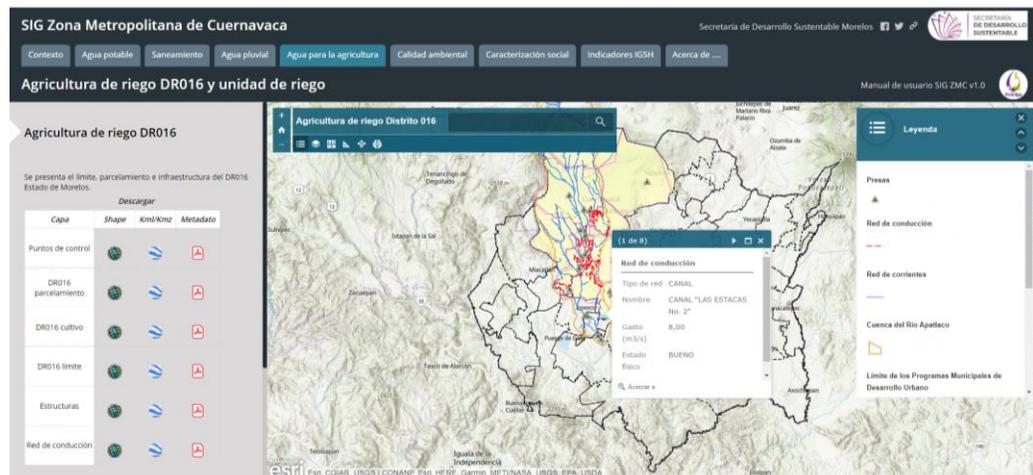
Figura 2.118. Cultivos del ciclo Otoño - invierno



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la SADER, 2021

**Infraestructura:** se muestran las principales presas de almacenamiento y derivadoras, según el inventario del Sistema Nacional de Seguridad de Presas localizadas en los módulos del DR016, “Estado de Morelos”, además de los puntos de control en los módulos de los DR 016, el módulo al que corresponde y su ubicación geográfica. Información colectada en el 2010-2011. Estas capas se ubican en los tres apartados del eje temático de agua para la agricultura. Así como la red de conducción de canales de riego, a través de los cuales se distribuye el agua a los usuarios de los módulos del DR016, detallando sus características, capacidad y estado físico. Información colectada en el año 2010-2011.

Figura 2.119. Infraestructura en la zona agrícola de riego del D.R. 016



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Jefatura del Distrito de Riego DR016, “Estado de Morelos”, año 2011

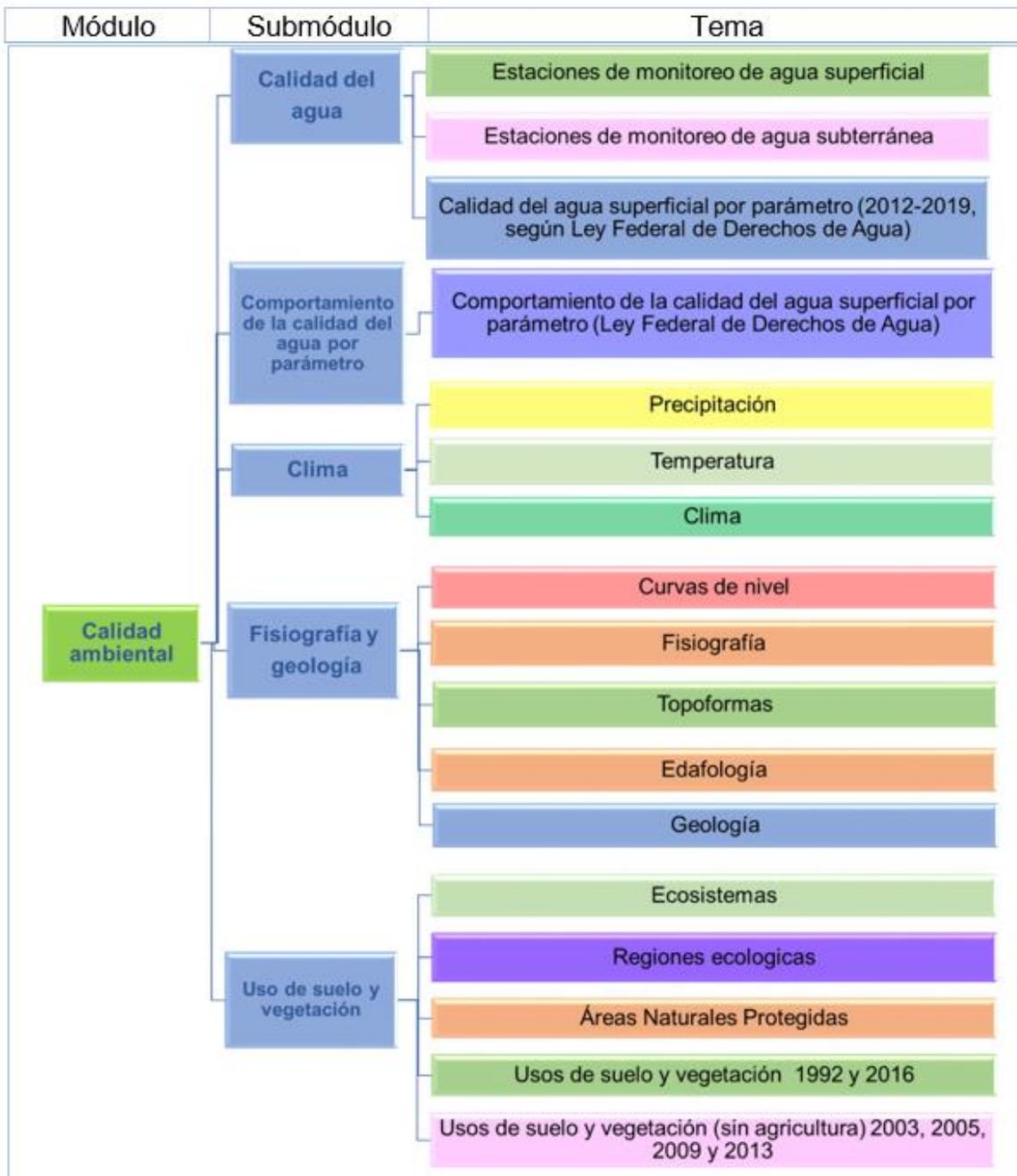
La agricultura en la ZMC es de riego y temporal, para el caso, el enfoque fue para la agricultura de riego, en la ZMC se cuenta con tres módulos del Distrito de Riego 016, cubre importantes superficies de cultivos alrededor de 9 mil ha distribuidos en la zona centro –

sur, en los municipios de Emiliano Zapata, Xochitepec, Tlaltizapán de Zapata, Jiutepec y Temixco, mientras que las unidades de riego se ubican en Tlaltizapán de Zapata y Tepoztlán. El principal riego que se aplica es el de riego de gravedad con agua subterránea; del total de consumo de agua en la zona la agricultura solo representa el 6%, Tlaltizapán es el municipio con mayor uso de agua para la agricultura. Los cultivos principales por superficie son caña de azúcar, maíz y arroz, el resto se compone de cultivos de frutales, cítricos, ornamentales y flores.

### 2.4.6 Módulo Calidad ambiental

El módulo de calidad ambiental se integra de cinco temas: calidad del agua, comportamiento de la calidad del agua por parámetro, clima, fisiografía y geología, y uso de suelo y vegetación. Cada uno de ellos a su vez se integra de un conjunto de archivos como se muestran en la Figura 2.120.

Figura 2.120. Estructura del módulo de calidad ambiental

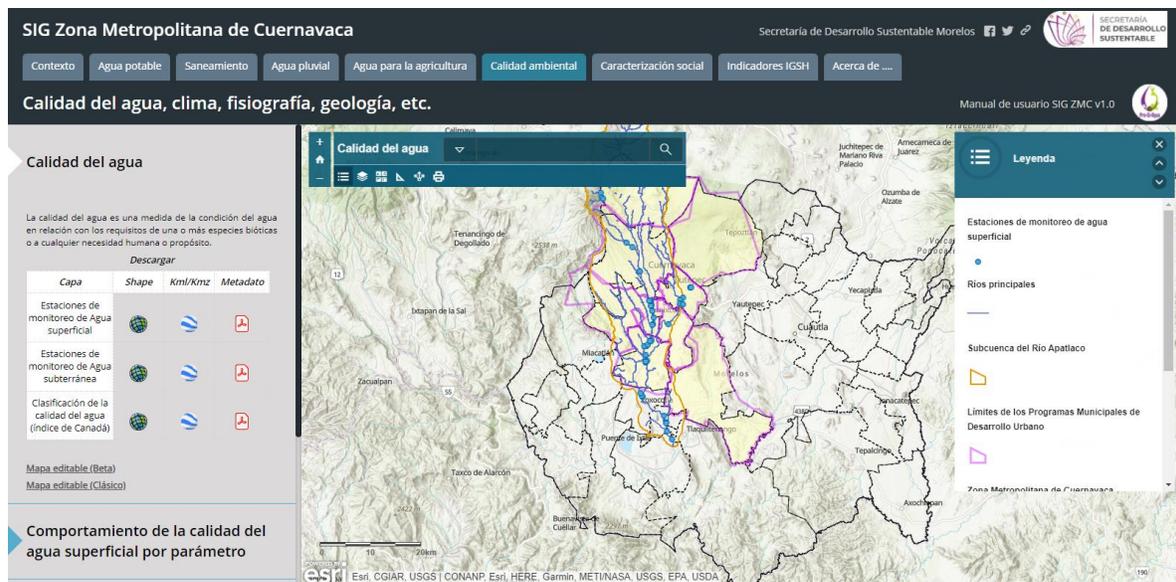


## Calidad del agua

La calidad del agua es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito; en este submódulo se muestran las estaciones de monitoreo de agua superficial y subterránea, así como la clasificación global de la calidad del agua, para las estaciones sobre el cauce principal del Río Apatlaco y el Arroyo Salado, establecida de acuerdo al índice de calidad del agua de Canadá.

***Estaciones de monitoreo de Agua superficial.*** El tema está integrado por datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones o sitios de monitoreo de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua superficial (estaciones en cuerpos de agua lóticos, lénticos y costeros) que se encuentran dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o en la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.121). Para cada estación se muestra la calidad del agua en el periodo 2012-2019, establecida a través de la mediana de los valores de los siguientes indicadores de calidad del agua: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Fecales, Escherichia coli, Enterococos Fecales, Toxicidad, y Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto.

Figura 2.121. Estaciones de monitoreo de Agua superficial



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA. 2012-2019a.

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la ubicación de las estaciones de calidad del agua superficial para la ZMC y subcuenca del río Apatlaco; calificando su calidad como Excelente, Buena, Aceptable, Contaminada o Fuertemente contaminada, con base en cada uno de los indicadores y sus respectivas escalas empleadas por la Comisión Nacional del Agua; también se indica si se detectó toxicidad.

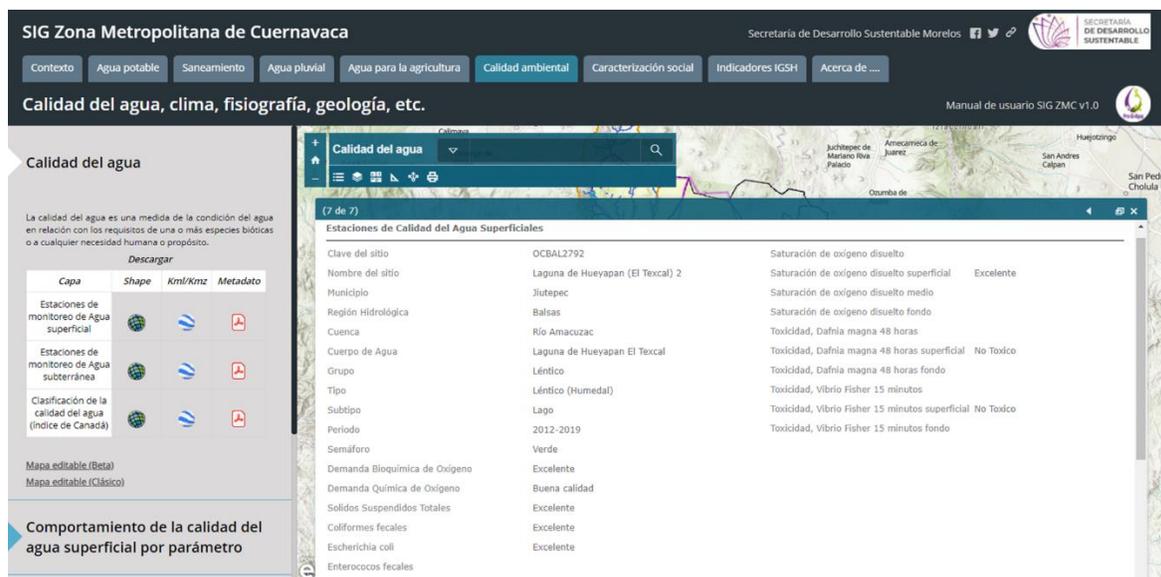
El procedimiento para obtener el mapa es:

Se descargó del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) que publica la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la capa que contiene los Indicadores de calidad del agua superficial para el periodo 2012-2019. A partir del campo, de su tabla de atributos, "id\_mpio"

se seleccionaron todas aquellas estaciones que se encontraban dentro de los municipios que conforman la ZMC generándose una nueva capa. Por otro lado, sobreponiendo los límites de la subcuenca del Río Apatlaco a la capa original se recortaron todos aquellos sitios que caen dentro de la subcuenca. Finalmente se unieron las capas de estaciones dentro de la ZMC y de sitios en la subcuenca y se depuró para eliminar los registros repetidos. Como la capa original se encontraba en proyección Cónica Conforme de Lambert en ITRF 1992 ("CCL\_ITRF\_1992") ésta se reproyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14N.

En la generación de la capa se preservaron los 59 campos de la fuente original, y que traen información de ubicación, identificación, valores de parámetros de calidad del agua y finalmente clasificación de la calidad del agua por parámetro de acuerdo a las escalas de la CONAGUA. Sin embargo, en el menú emergente únicamente se activan 24 campos dando preferencia a la identificación de la estación y la clasificación de la calidad del agua por parámetro medido (Figura 2.122).

Figura 2.122. Campos de las Estaciones de monitoreo de Agua superficial



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA. 2012-2019a.

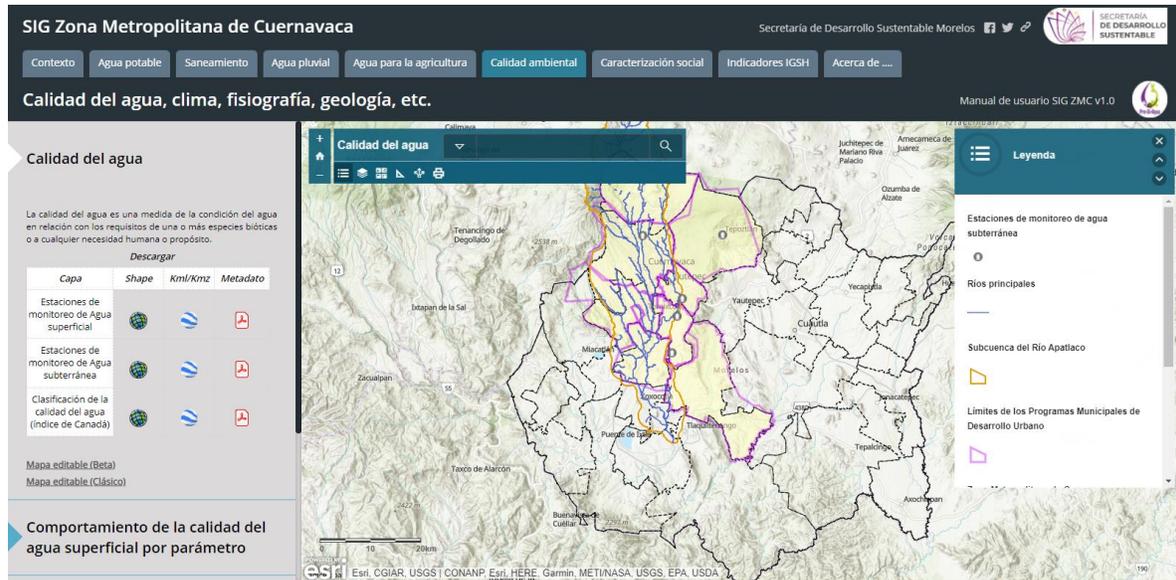
De un análisis del tema se observa que más del 90% de las estaciones se ubican sobre el cauce del Río Apatlaco y el cauce del Arroyo Salado. El tema puede descargarse desde el SIG ZMC en formato shapefile y en formato Kml/Kmz.

**Estaciones de monitoreo de Agua subterránea.** El tema está integrado por datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones o sitios de monitoreo (pozos) de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua subterránea que se encuentran dentro de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) o en la subcuenca del Río Apatlaco (Figura 2.123). Para cada estación se muestran la calidad del agua en el periodo 2012-2019, establecida a través de la mediana de los valores de los siguientes indicadores de calidad del agua: Alcalinidad, Conductividad, Sólidos disueltos totales, Fluoruros, Dureza, Coliformes fecales, Arsénico, Cadmio, Cromo, Hierro, Mercurio, Plomo, Manganeso y Nitratos.

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa la ubicación de las estaciones de medición de la calidad del agua subterránea correspondiendo a pozos de la

ZMC y subcuenca del río Apatlaco; calificando su calidad con base en cada uno de los indicadores y sus respectivas escalas como: Excelente, Buena, Aceptable, Contaminada o Fuertemente contaminada, Media, Baja, Alta, Dulce, Moderada, Suave, Dura, etc.

Figura 2.123. Estaciones de monitoreo de Agua subterránea



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA. 2012-2019b.

El procedimiento para generar el tema fue:

Se descargó del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) que publica la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la capa que contiene los Indicadores de calidad del agua subterránea para el periodo 2012-2019. A partir del campo, de su tabla de atributos, "id\_mpio" se seleccionaron todas aquellas estaciones que se encontraban dentro de los municipios que conforman la ZMC generándose una nueva capa. Por otro lado, sobreponiendo los límites de la subcuenca del Río Apatlaco a la capa original se recortaron todos aquellos sitios que caen dentro de la subcuenca. Finalmente se unieron las capas de estaciones dentro de la ZMC y de sitios en la subcuenca y se depuró para eliminar los registros repetidos. Como la capa original se encontraba en proyección Cónica Conforme de Lambert en ITRF 1992 ("CCL\_ITRF\_1992"), ésta se re proyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14N.

En la generación de la capa se preservaron los 61 campos de la fuente original, y que traen información de ubicación, identificación, valores de parámetros de calidad del agua y finalmente clasificación de la calidad del agua por parámetro de acuerdo a las escalas de la CONAGUA. Sin embargo, en el menú emergente únicamente se activan 23 campos dando preferencia a la identificación de la estación y la clasificación de la calidad del agua por parámetro medido (Figura 2.124).

De un análisis del tema se observa que se tienen únicamente cinco estaciones de la Red Nacional de Medición de la calidad del agua subterránea en la ZMC. Ahora bien, de la revisión de sus clasificaciones por parámetro se observa que en todos ellos el agua resulta

potable (Figura 2.124). El tema puede descargarse desde el SIG ZMC en formato shapefile y en formato Kml/Kmz.

Figura 2.124. Campos de las Estaciones de monitoreo de Agua subterránea

The screenshot shows the 'SIG Zona Metropolitana de Cuernavaca' interface. The 'Calidad del agua' section is active, displaying a table of data for 'Estaciones de Calidad del Agua Subterráneas'. The table includes the following information:

Clave del sitio	Nombre del sitio	Cadmio Total	Potable - Excelente
OCBAL2778	Sapac Sector No. 4 Chamilla Universidad	Cromo Total	Potable - Excelente
Municipio	Cuernavaca	Mercurio Total	Potable - Excelente
Región Hidrológica	Balsas	Manganeso Total	Potable - Excelente
Acuífero	Cuernavaca	Plomo Total	Potable - Excelente
Subtipo	Pozo	Hierro Total	Potable - Excelente
Periodo	2012-2019		
Semáforo	Verde		
Alcalinidad Total	Baja		
Conductividad	Excelente para riego		
Sólidos Disueltos Totales (riego agrícola)	Excelente para riego		
Sólidos Disueltos Totales (salinización)	Potable - Dulce		
Fluoruros Totales	Baja		
Dureza Total	Potable - Suave		
Coliformes Fecales	Potable - Excelente		
Nitrógeno de Nitratos	Potable - Excelente		
Arsénico Total	Potable - Excelente		

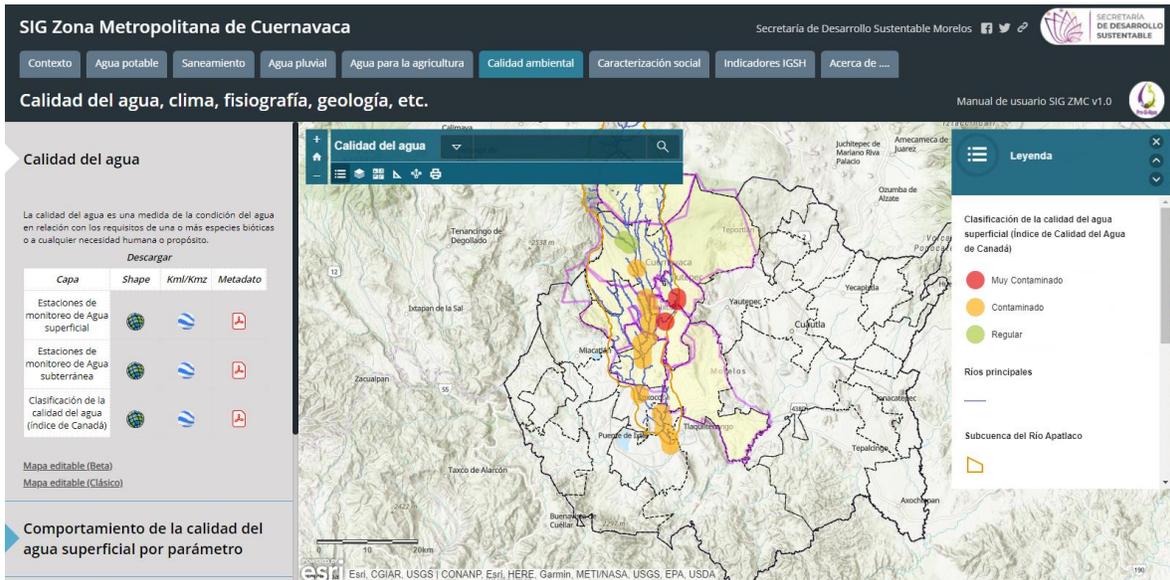
Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA. 2012-2019b

*Clasificación de la calidad del agua (índice de Canadá).* Tema integrado por datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones o sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, localizados sobre el Río Apatlaco y el arroyo Salado (Figura 2.125), conteniendo el valor estimado del índice de calidad del agua canadiense (CWQI, por sus siglas en inglés) empleado por la Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) y su clasificación de contaminación.

El objetivo de este tema es dar a conocer el grado de contaminación del río Apatlaco y del arroyo Salado, mediante la metodología propuesta por Comisión del Medio Ambiente de Canadá (CCME) empleando los datos de calidad del agua de la Red Nacional de Monitoreo desde 2012 hasta el 2019.

Se descargaron los datos históricos de calidad del agua superficial de la Red Nacional de Monitoreo en CONAGUA (2021). Se seleccionaron las estaciones localizadas en la Zona Metropolitana de Cuernavaca, sobre el Río Apatlaco y sobre el arroyo Salado. Se determinó el grado de contaminación de cada estación de la Red Nacional de Monitoreo mediante la metodología propuesta por la Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Para determinar la clasificación se utilizan varias ecuaciones, en las cuales se incorporan tres elementos: 1. Número de variables que no alcanzan los criterios de calidad del agua, 2. Número de veces en que estos criterios no se cumplen y, 3. Cantidad en que los criterios son excedidos. De acuerdo a los resultados del índice hay cinco criterios o clasificaciones de calidad del agua: Muy Contaminado (índice entre 0 a 44), Contaminado (índice entre 45 a 64), Regular (Índice entre 65 a 79), Bueno (Índice entre 80 a 94) y Excelente (Índice entre 95 a 100). Como la información original se encontraba en coordenadas geográficas en sistema GCS\_WGS84, la capa resultante se reproyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14N

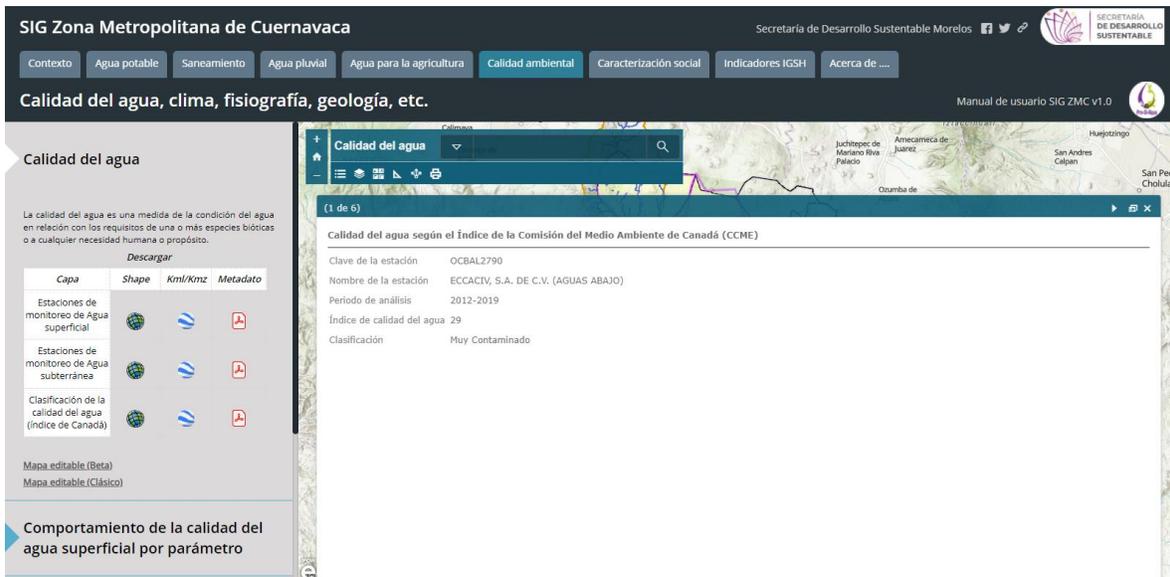
Figura 2.125. Clasificación de la calidad del agua (índice de Canadá)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA- CCME, 2012-2019.

La capa resultante posee siete campos, incluyendo la latitud y longitud para geoposicionar la estación. En el SIG ZMC se activan en el menú emergente todos los campos con que no corresponden a la geoposición (Figura 2.126). Por otro lado puede observarse que las estaciones sobre el Arroyo Salado se clasifican como muy contaminadas, y en el cauce del Río Apatlaco como contaminadas, con excepción de las aguas cercanas al nacimiento donde se asigna un valor de regular.

Figura 2.126. Campos del tema Clasificación de la calidad del agua (índice de Canadá)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA- CCME, 2012-2019.

El tema puede descargarse desde el SIG ZMC en formato shapefile y en formato Kml/Kmz.

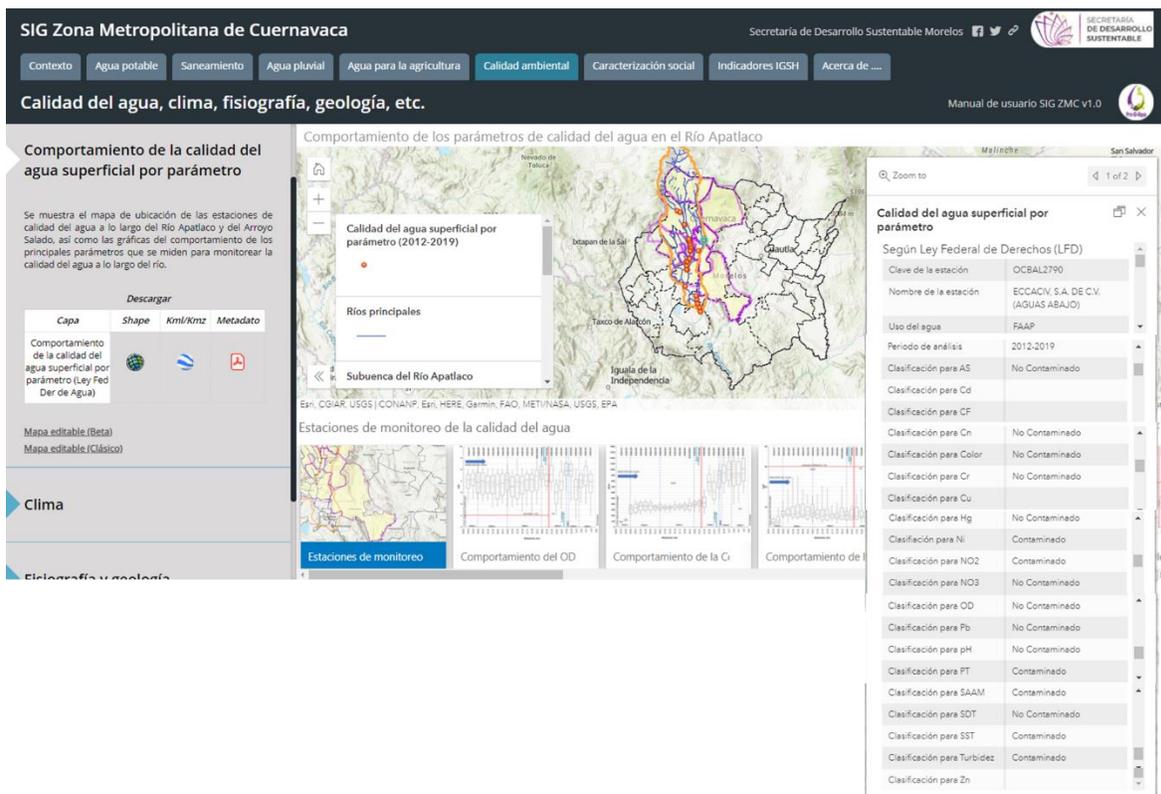
### Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro

Se muestra el mapa de ubicación de las estaciones de calidad del agua a lo largo del Río Apatlaco y del Arroyo Salado, así como las gráficas del comportamiento de los principales parámetros que se miden para monitorear la calidad del agua a lo largo del río. Cada sitio se determina como contaminado o no contaminado de acuerdo al parámetro medido (considerandos estadísticos de centralización y posición en el periodo 2012-2019) a través de los criterios establecidos por la Ley Federal de Derechos (LFD).

El módulo lo integra el tema Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro (Ley Fed Der de Agua) y las gráficas de comportamiento de los parámetros de medición a lo largo del río.

Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro (Ley Fed Der de Agua). Este tema lo integran los Datos vectoriales (puntos) con la ubicación de las estaciones o sitios de monitoreo (pozos) de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua superficial localizados sobre el Río Apatlaco y el arroyo Salado. Para cada estación se muestra la calidad del agua en el periodo 2012-2019, establecida a través de la el uso de medidas de centralización y de posición, como los cuartiles y la mediana para los diferentes indicadores de calidad del agua que se miden y los criterios de la Ley Federal de Derechos.

Figura 2.127. Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro (LFD)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA. 2012-2019c.

El procedimiento para generar el tema fue:

Se descargaron los datos históricos de calidad del agua superficial de la Red Nacional de Monitoreo en CONAGUA (2021); Se seleccionaron las estaciones localizadas sobre el río Apatlaco y sobre el arroyo Salado; Para el periodo 2012-2019 se determinó el mínimo, el primer cuartil (25%), la mediana, el tercer cuartil (75%) y el máximo, para cada estación sobre el río; Se calcularon las medidas de posición de los siguientes parámetros: Oxígeno Disuelto, pH, Color, Nitratos, Nitritos, Fósforo Total, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sustancias Activas al Azul de Metileno, Turbiedad, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Cianuros, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc y Coliformes Fecales. Se clasificó de “Contaminado” y “No Contaminado”, cada estación, de acuerdo a la mediana de cada parámetro y comparándolo con los criterios de la Ley Federal de Derechos. Como la información original se encontraba en coordenadas geográficas en sistema GCS\_WGS84, la capa resultante se reproyectó a México ITRF2008 / UTM zona 14N

La capa resultante se integró por 146 campos, los cuales en una primera sección dan la información de identificación de la estación, ubicación y periodo considerado para el cálculo de los estadísticos. En una segunda sección se guarda para cada parámetro los estadísticos del valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil y el valor máximo, en una tercera sección se almacena la información del valor umbral de los criterios de la Ley Federal de Derechos (LFD) y en una cuarta sección se establece la clasificación de contaminado o no con base en el criterio de la LFD. En el menú emergente del SIG ZMC únicamente se activan los campos de la primera sección y los de la última sección (Figura 2.126).

El tema puede descargarse desde el SIG ZMC en formato shapefile y en formato Kml/Kmz.

Gráficos de comportamiento de los parámetros de contaminación a lo largo del Río Apatlaco. Con la información contenida en el tema Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro (LFD) se generaron gráficos en las cuales, siguiendo la dirección del flujo se colocaron las diferentes estaciones y para cada estación se establece un gráfico de caja y bigote, la caja se define con los valores de los cuartiles (primero, mediana y tercer cuartil) y los bigotes con los valores extremos (mínimo y máximo). Al colocar las estaciones siguiendo la dirección de flujo se simula al río y al colocar los gráficos de caja para cada estación se puede observar el comportamiento del parámetro que se esté visualizando o analizando a lo largo del río (Figura 2.128).

La Figura 2.128 muestra la gráfica (integrado de todos los gráficos) del comportamiento del parámetro oxígeno disuelto (OD), en la gráfica el Río Apatlaco es dividido en 7 zonas desde su confluencia en el Río Yautepec hasta 2.4 km (aguas arriba) antes de la barranca Chalchihuapán.

En la parte superior de la gráfica se muestran las claves de las estaciones y bajo cada una de ellas aparece su gráfico de caja y bigote, la línea roja continua vertical hace la separación entre agua considerada como Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (FAAP) y agua para Riego Agrícola (RA).

La línea roja punteada establece el criterio de la Ley Federal de Derechos (LFD) para considerar el agua contaminada o no contaminada. De esta forma rápidamente se puede observar cuando un sitio es clasificado como contaminado o no para ese parámetro.

Figura 2.128. Comportamiento del parámetro oxígeno disuelto (OD) a lo largo del Río Apatlaco



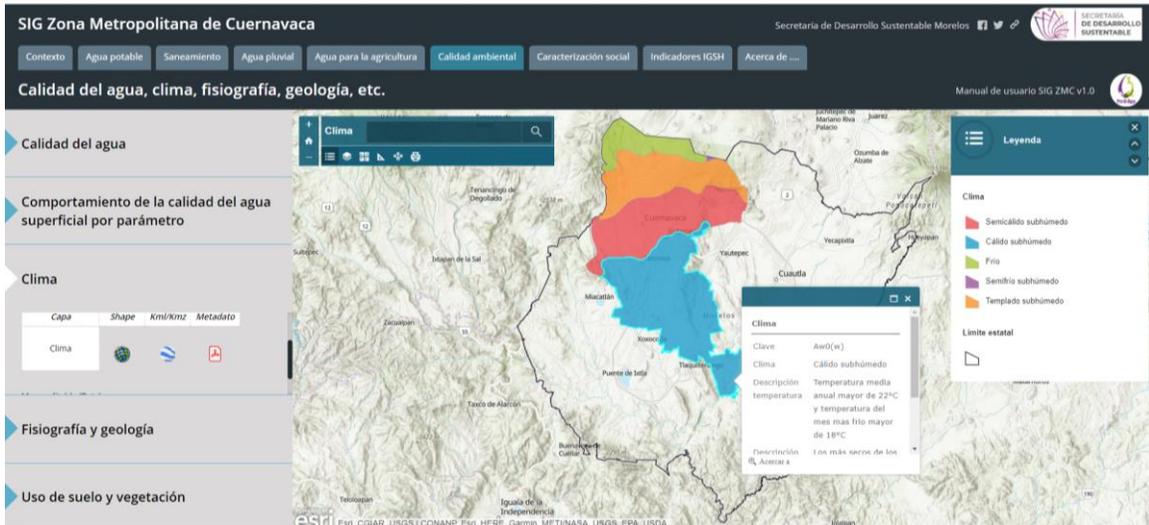
Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA. 2012-2019c.

Todas estas gráficas se cargaron al sistema como imágenes y pueden ser descargadas del mismo con las funciones del navegador para imágenes.

## Clima

Se presentan cinco unidades climáticas en la Zona Metropolitana de Cuernavaca, así como la precipitación (mm) y temperatura promedio ( $^{\circ}\text{C}$ ) en la zona. Para obtener la precipitación (mm) y temperatura media, se descargó la base de datos de CLICOM para obtener los datos diarios, mensuales y anuales históricos de las estaciones climatológicas dentro de la ZMC. Se analizó la información, mediante software QGIS se obtuvieron los archivos de la precipitación media anual y temperatura promedio. El clima presente en la ZMC es: cálido subhúmedo, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo, frío, semicálido subhúmedo, el clima frío templado subhúmedo, semifrío se localiza en la parte norte en los municipios de Huitzilac y Tepoztlán, donde la precipitación es mayor por arriba de 1000 mm anuales y la temperatura es menor con temperatura promedio de 13 a 17  $^{\circ}\text{C}$ . en contraparte en la zona media y baja de la ZMC los climas presentes son cálido subhúmedo donde la precipitación anual es inferior a los 1000 mm en promedio; y temperatura promedio de 24 $^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.129).

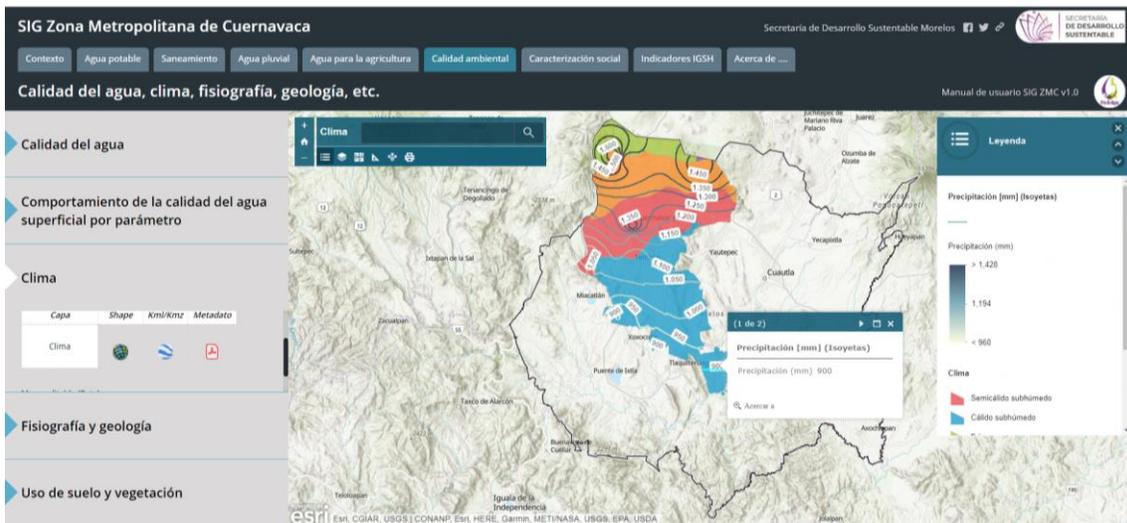
Figura 2.129. Unidades de clima



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2008

**Precipitación:** la precipitación promedio en la ZMC varía de los 900 a 1600 mm anuales, en los municipios de la zona norte se presentan las mayores precipitaciones (Huitzilac y Tepoztlán) en contra parte al sur se tienen las menores precipitaciones de 900 a 1000 mm anuales (Tlaltzapán de Zapata y Xochitepec) como se observa en la Figura 2.130.

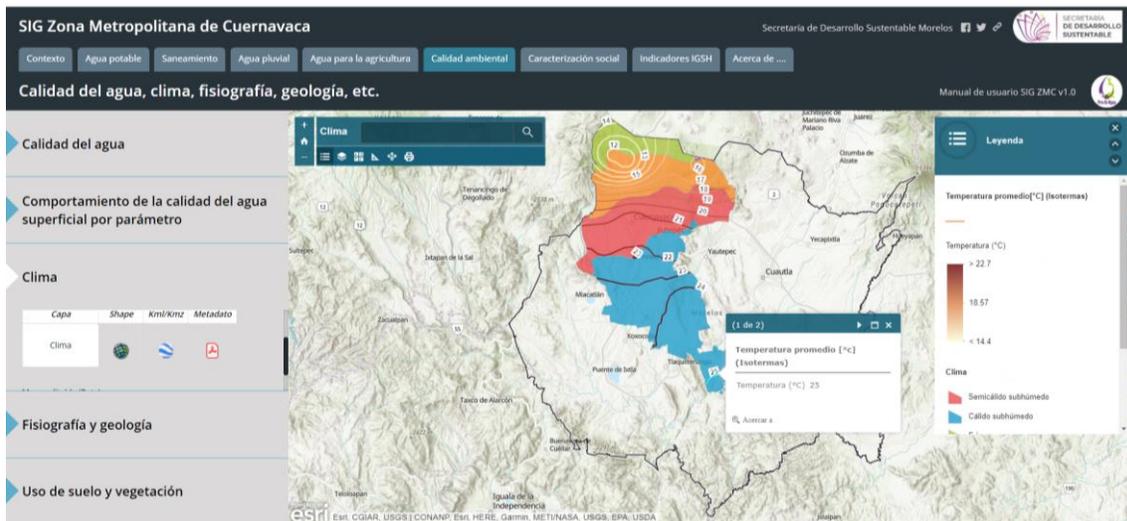
Figura 2.130. Precipitación (mm) Isoyetas



Fuente: Elaboración propia con base en CLICOM, 2020

**Temperatura:** las menores temperaturas promedio anual son de 12 a 14 °C y se presenta en el municipio de Huitzilac, mientras que las mayores temperaturas promedio anual de 24 a 25 °C se presentan en Tlaltizapán de Zapata (Figura 2.131).

Figura 2.131. Temperatura promedio (°C) isotermas



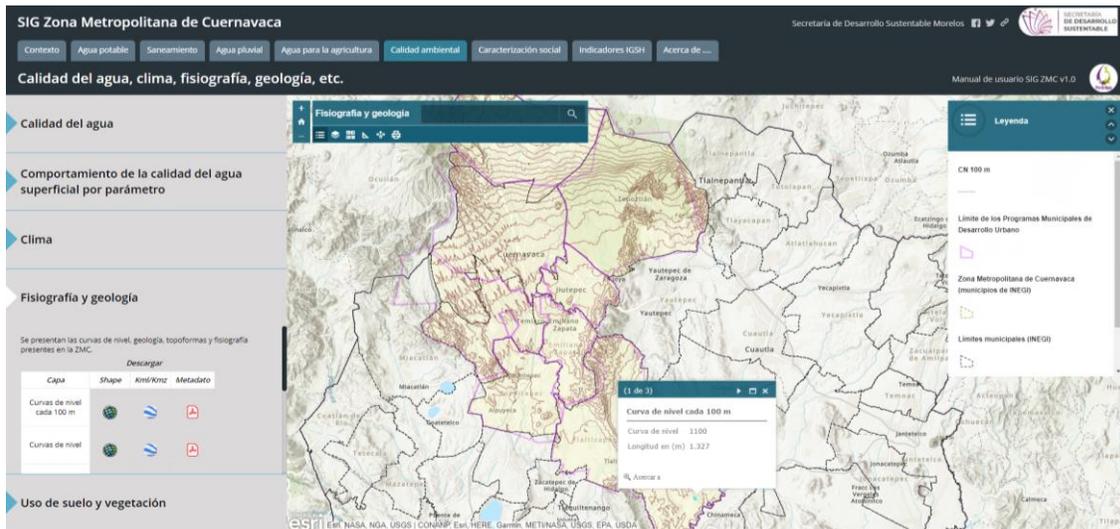
Fuente: Elaboración propia con base en CLICOM, 2020

## Fisiografía y geología

Se presentan los temas de curvas de nivel cada 100 y 20 m, fisiografía, topoformas, geología y edafología presentes en la ZMC.

**Curvas de nivel:** se muestran curvas de nivel cada 100 y 20 m; las curvas de nivel cada 100 m se obtuvieron mediante el procesamiento en ArcGis 10.3 del Modelo Digital de Elevación (MED) del estado de Morelos obtenido del INEGI, posteriormente una vez generada las curvas de nivel se acoto a la ZMC y se seleccionaron únicamente las curvas de nivel cada 100 m. Las curvas de nivel cada 20 m se obtuvieron mediante el procesamiento en ArcGis 10.3 del Modelo Digital de Elevación (MED) del estado de Morelos obtenido del INEGI, una vez generada las curvas de nivel se acoto a la ZMC. En la ZMC las elevaciones van desde los 900 a los 3300 msnm; en el sur en Tlaltizapán de Zapata hasta los 3000 a 3300 msnm en la zona norte en Tepoztlán y Huitzilac, precisamente donde se tienen las mayores precipitaciones y menor temperatura promedio. En contraparte en la zona sur se tienen las menores elevaciones de 900 a 1100 msnm en los municipios de Tlaltizapán de Zapata y Xochitepec, en la Figura 2.132 se muestran las curvas de nivel cada 100 m.

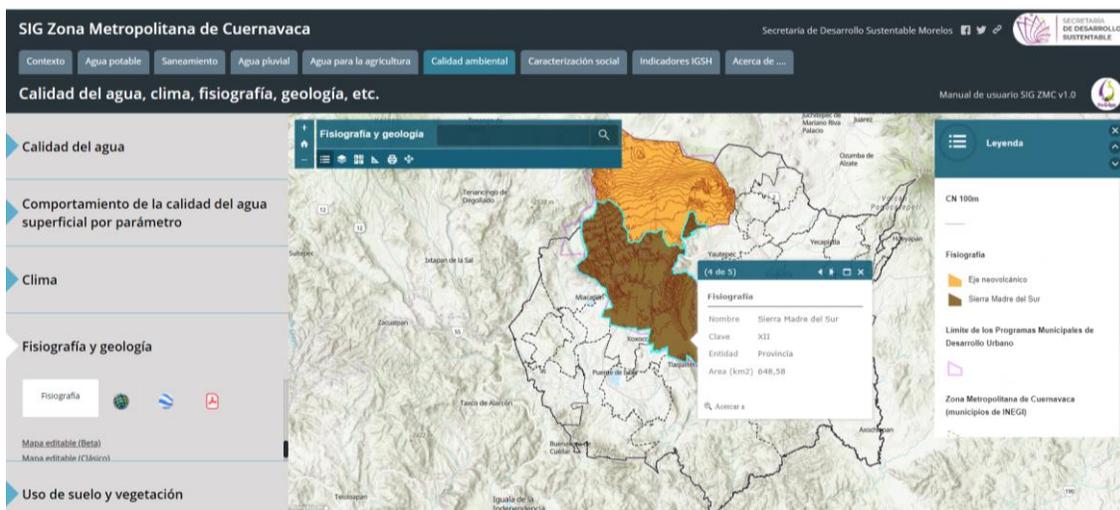
Figura 2.132. Curvas de nivel cada 100 m



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2001a

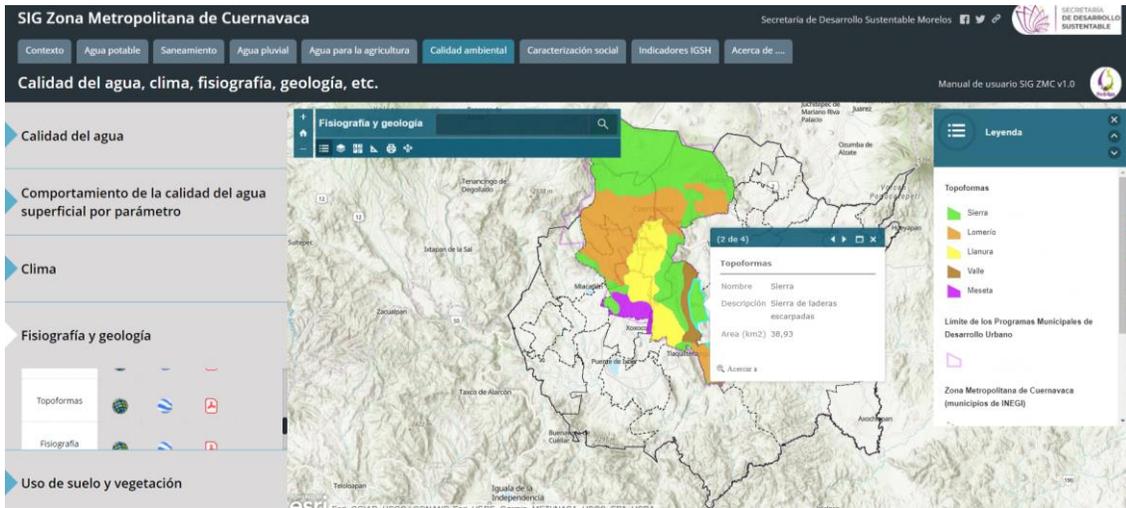
***Fisiografía y topoformas:*** se obtuvo del portal de INEGI, una vez descargada se re-proyectó a las coordenadas utilizadas y se recortó con el límite de la ZMC, a través programa ArcGis 10.3. la fisiografía en la ZMC se compone de la Sierra Madre del Sur que abarca los municipios de Tlaltizapán de Zapata, Temixco, Emiliano Zapata y Xochitepec, parte de Jiutepec y Cuernavaca. Al norte se encuentra el Eje Neovolcánico en los municipios de Tepoztlán, Huitzilac y la zona norte de Cuernavaca y Jiutepec, como se observa en Figura 2.133. En la ZMC se tienen cinco formas de relieves Sierra al norte, lomerío al centro, en los municipios del centro y sur se encuentra llanura, meseta y valle ( Figura 2.134).

Figura 2.133. Fisiografía



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2001b

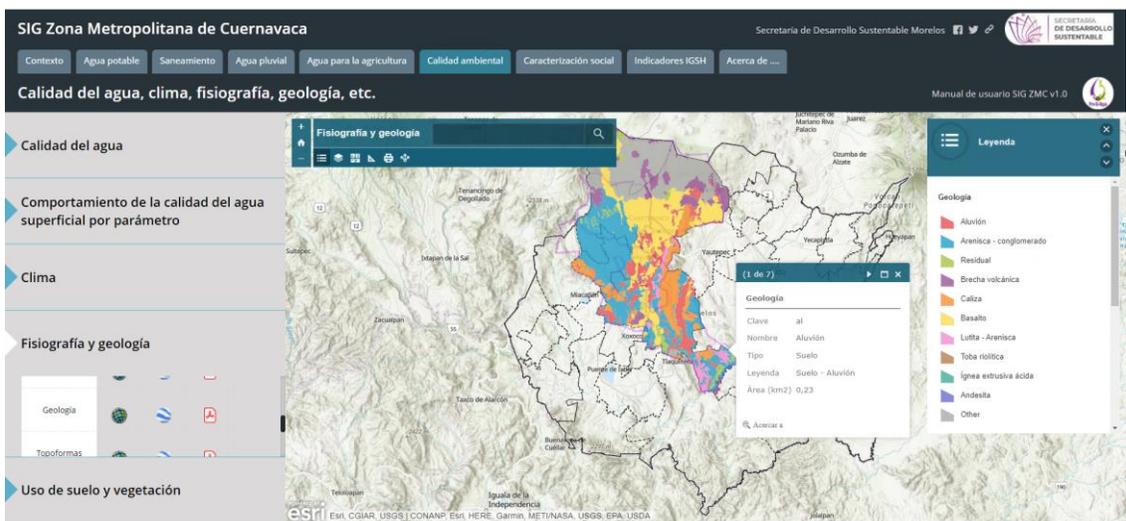
Figura 2.134. Topoformas



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2001b

**Geología:** la geología se obtuvo del portal de INEGI, escala 1: 250 mil, una vez descargada se re-proyectó a las coordenadas utilizadas y se recortó con el límite de la ZMC, a través programa ArcGis 10.3. este mapa permite visibilizar los diferentes tipos de rocas existentes en la ZMC, se tiene areniscas-conglomerado, ígnea extrusiva intermedia, caliza, basalto, brecha volcánica, aluvión (Figura 2.135), en la ZMC se tiene importante presencia de rocas de origen volcánico, el estudio de la geología permite conocer a fondo zonas inestables o de riesgo para la población.

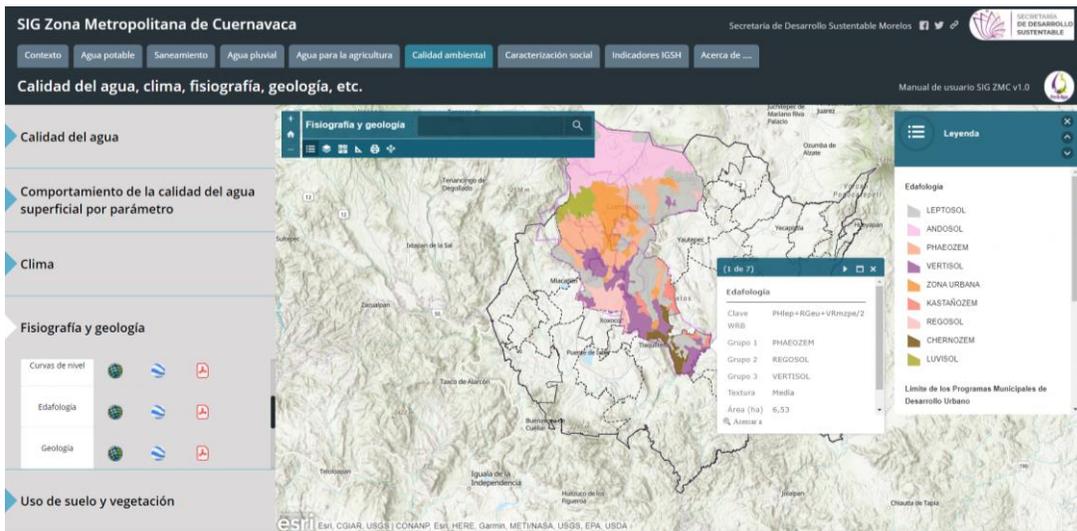
Figura 2.135. Geología de la ZMC



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2001c

**Edafología:** la información de edafología se obtuvo de INEGI, la capa vectorial Edafología corresponde a la serie II año 2007 INEGI, escala 1:250,000, una vez descargado el archivo en formato shp se realizó la transformación de la capa a las coordenadas utilizadas (ITRF 2008) y se recortó con el polígono de la ZMC, se identificaron algunos polígonos sin información, por lo que se comparó con la carta edafológica, Cuernavaca E14-5 escala 250 mil y se comprobó que dichas áreas correspondían a zonas urbanas; de esta forma se completó el polígono de edafología para la ZMC.

Figura 2.136, Unidades de suelo



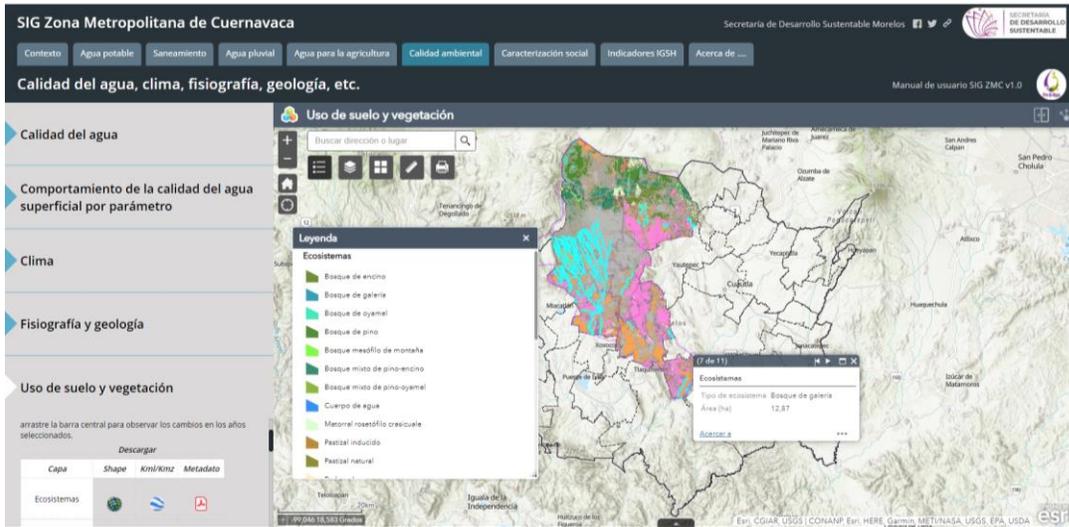
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2014

## Uso de suelo y vegetación

En subtema se describen las Área Naturales Protegidas, ecosistemas, regiones ecológicas y el uso de suelo y vegetación de los años 1992, 2003, 2005, 2009, 2013 y 2016.

**Ecosistemas:** la capa vectorial a nivel estatal fue proporcionada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), mediante ArcGis 10.3 se proyectó a las coordenadas utilizadas y se recortó con el polígono de la ZMC; existe diversidad de ecosistemas en la ZMC, en la zona norte se distribuye bosques diferentes tipos, bosque de pino, encino, encino-pino, pino - encino, oyamel, bosque mesófilo de montaña, estos ecosistemas son de gran importancia, proporciona diversos servicios ambientales, como la recarga de agua, control de erosión, materia prima, etc., La selva baja caducifolia se distribuye en la mayoría de los municipios sobre todo en la parte centro y sur, por otra parte otra categoría es el suelo artificializado cubre una proporción importante de la ZMC, representado principalmente por la zona urbana, en la Figura 2.137 se observan los diferentes ecosistemas en la ZMC.

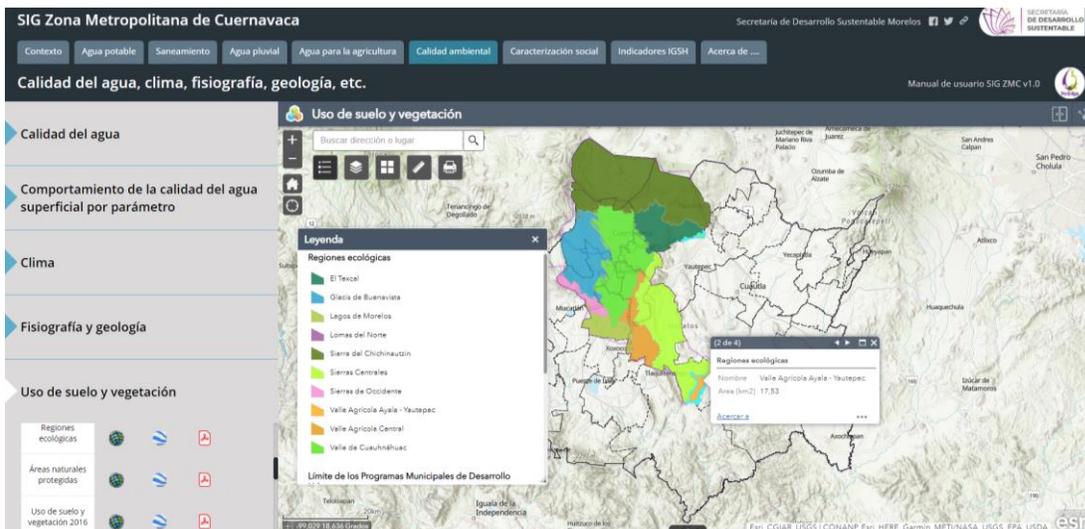
Figura 2.137. Ecosistemas



Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO, 2020

**Regiones ecológicas:** la capa vectorial a nivel estatal fue proporcionada por la CONABIO, mediante ArcGis 10.3 se proyectó a las coordenadas ITRF 2008 y se recortó con el polígono de la ZMC, en donde tiene 11 regiones ecológicas, la sierra de Chichinautzin en la zona norte, El Texcal, Valle de Cuauhnáhuac en el centro, y sierras centrales y valle agrícola en el sur (Figura 2.138).

Figura 2.138. Regiones ecológicas

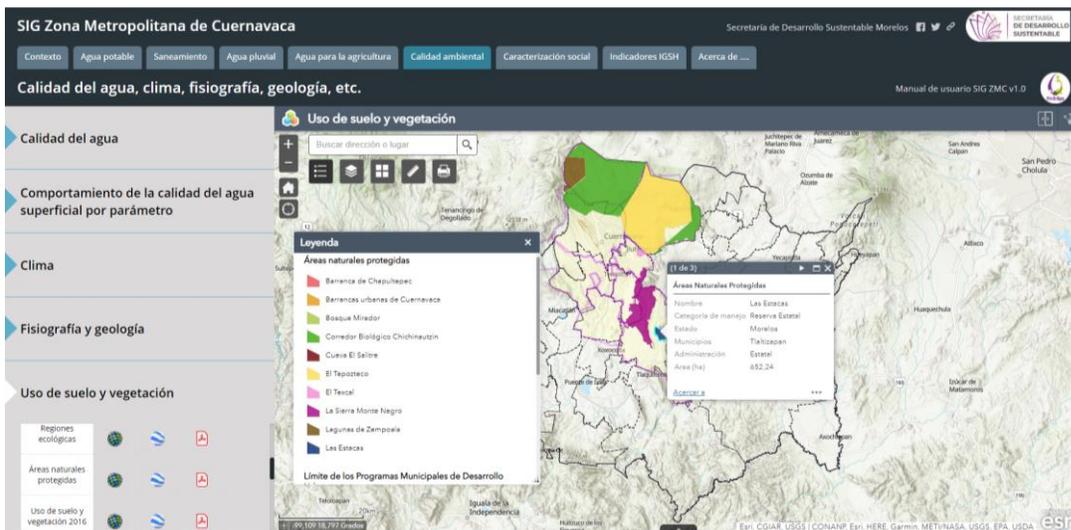


Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO, 2020

**ANP's:** mediante los datos vectoriales de la página oficial de la SEIARN, complementado con información contenida en la página de la CONANP se obtuvo el archivo editable, se

reproyecto a las coordenadas utilizadas y se recortó con el polígono de la ZMC mediante ArcGis 10.3 para la ZMC, en la ZMC se cuentan con 10 Áreas Naturales Protegidas, se encuentran principalmente al norte, Área de Protección de Flora y Fauna Silvestres, Parque Nacional, al sur reservas estatales (Figura 2.139).

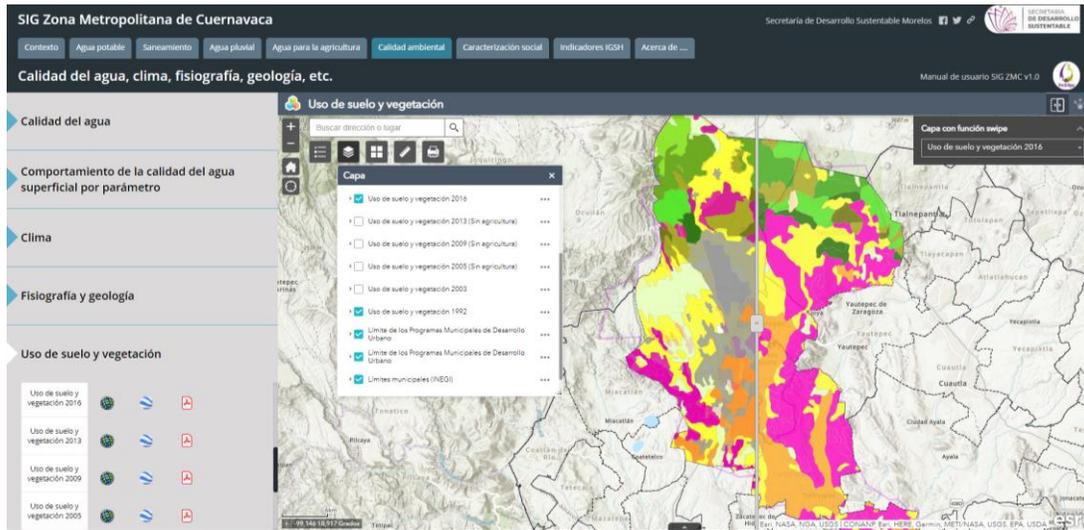
Figura 2.139. Áreas Naturales Protegidas



Fuente: Elaboración propia con base en SDS-COESBIO, 2021; CONANP, 2021

***Uso de suelo y vegetación (USV):*** el objetivo de los mapas de uso de suelo y vegetación de diferentes periodos es brindar al usuario la continuidad necesaria para la evaluación y pronóstico de la situación de los recursos vegetales, el estudio de los cambios en el uso del suelo; también representa un apoyo en programas académicos y de protección ambiental, en la planeación de actividades de reforestación, para apoyar los programas de conservación del hábitat de las especies animales, así como todo lo concerniente a conocer y apoyar las políticas de aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, en el contexto del desarrollo sustentable del país. La información se obtuvo de INEGI, una vez descargado los archivos en formato shp se procedió a reproyectarlo y recortarlo al límite del polígono de la ZMC, los usos de suelo y vegetación 1992 y 2016 se pueden comparar en todos los usos, mientras que los USV del año 2003, 2005, 2009 y 2013 se pueden contrastar entre sí excluyendo el uso de agricultura, para ello se utiliza la opción “comparar” y se visualiza el cambio de USV, en la Figura 2.140 se observa dicha opción con los USV 1992 y 2016, en el caso de los asentamientos humanos y zonas urbanas se observa un incremento del área (color gris), y se redujeron las áreas boscosas, agrícolas y selva baja caducifolia.

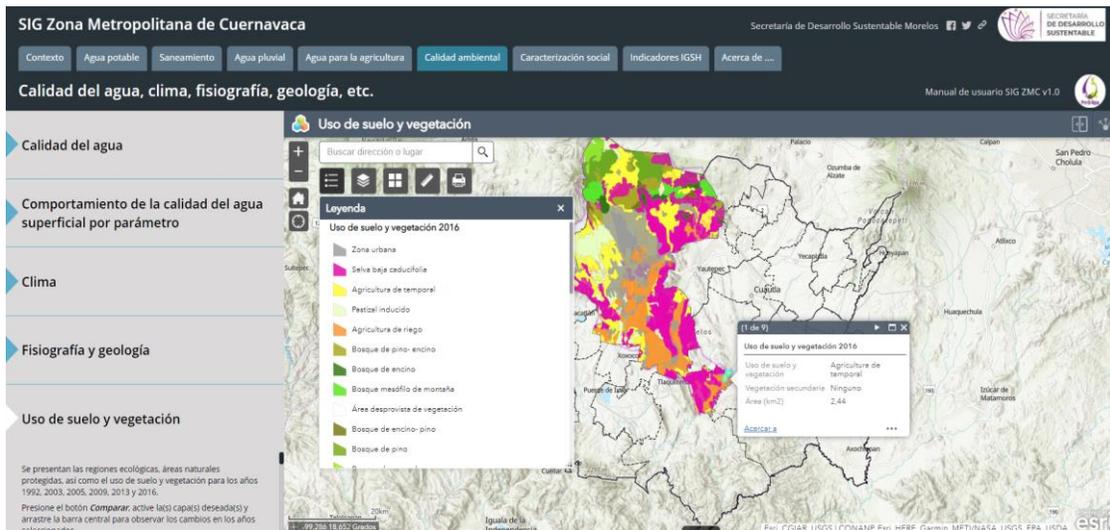
Figura 2.140. Uso de suelo y vegetación (1992 y 2016)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 1992, 2016

Entre los usos de suelo con mayor superficie se encuentran la selva baja caducifolia, zona agrícola (riego y temporal), en menor medida bosque en la zona norte. La zona urbana Cuernavaca, Emiliano Zapata, Temixco y Jiutepec es donde se observa un mayor incremento para uso urbano (Figura 2.141), en la Figura 2.142 se observan los USV en el año 2013.

Figura 2.141. Uso de suelo y vegetación 2016

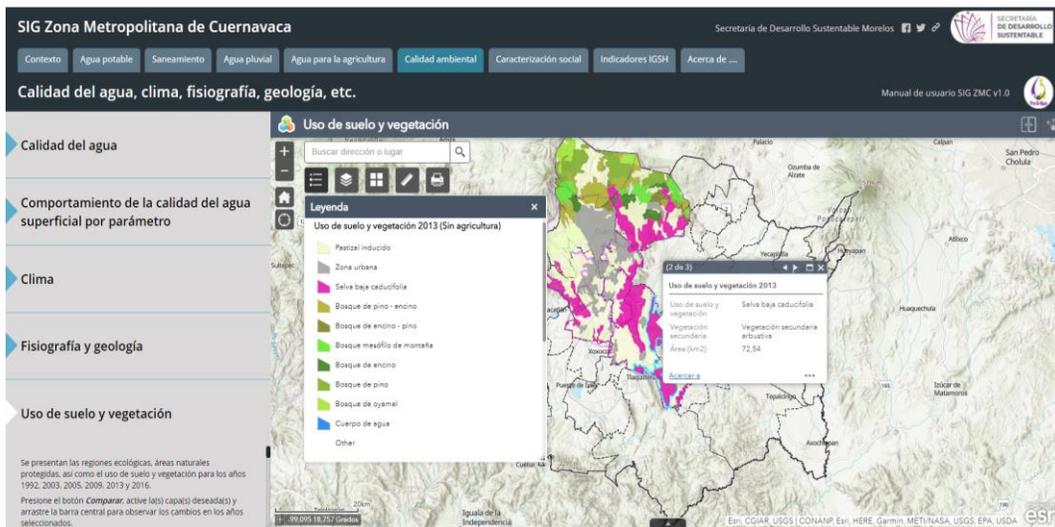


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2016

Con la información aportada en el submódulo de Uso del Suelo y Vegetación se espera poder apoyar en la planeación y ejecución de acciones encaminadas al uso óptimo de los

recursos naturales, renovables y no renovables, frenar el deterioro ambiental, y prevenir desastres ecológicos, siendo estos últimos algunos de los principales retos que se tienen hoy en día, cada vez es más frecuente afectaciones por lluvias atípicas que generan fuertes escurrimientos, y muchos causes han sido invadidos o se ha afectado la vegetación riparia, entonces se tiene desbordamientos con impactos negativos, aunado a los cambios de uso de suelo, disminución de la vegetación que tiene impactos en la infiltración y riesgo de erosión. Así mismo, se recalca la importancia de conservar los ecosistemas, a través de las diferentes modalidades como las áreas de conservación.

Figura 2.142. Uso de suelo y vegetación 2013 (sin agricultura)

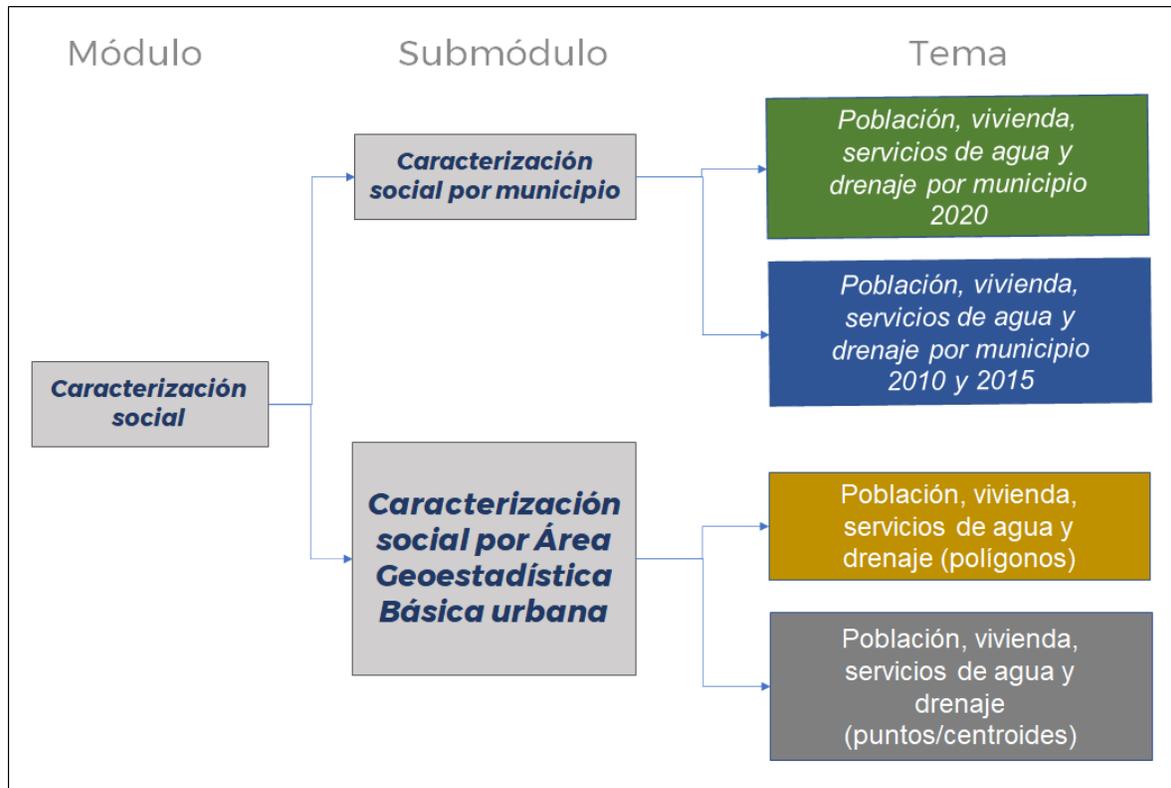


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2013

### 2.4.7 Módulo Caracterización social

El módulo de Caracterización social se integra de los submódulos: Caracterización social por municipio y Caracterización social por Área Geoestadística Básica, a su vez cada uno contiene una serie de temas los cuales se muestran en la Figura 2.143.

Figura 2.143 Estructura del módulo de Caracterización social



Fuente: Elaboración propia.

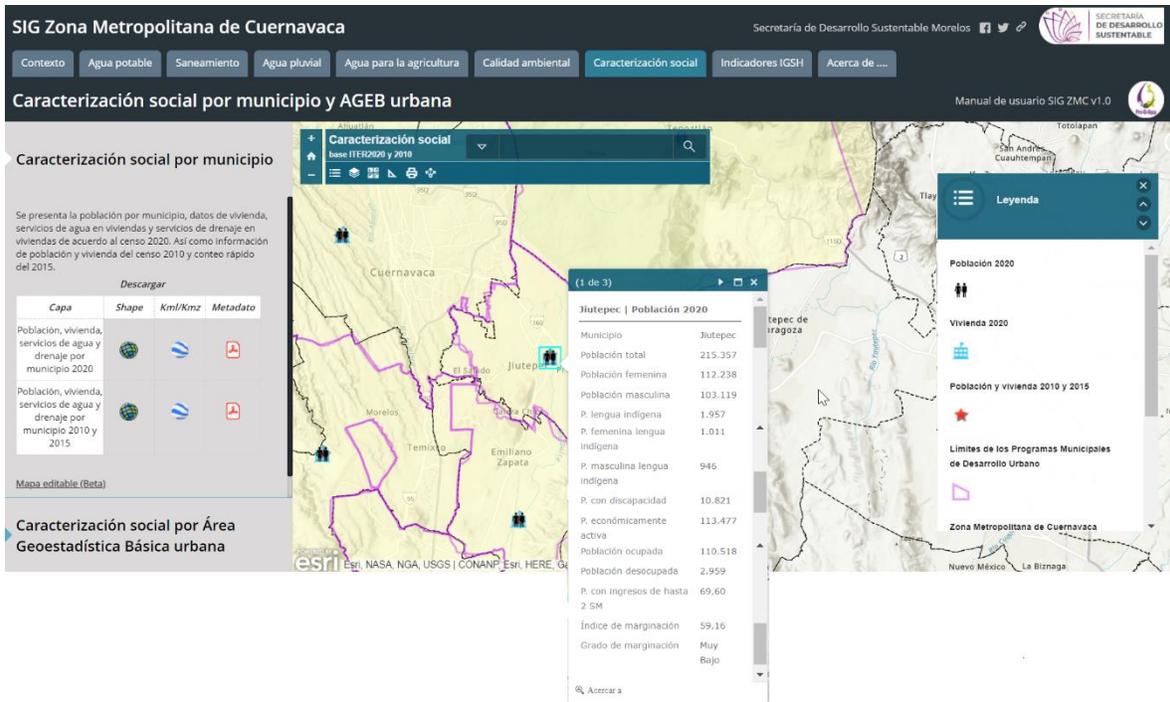
#### Caracterización social por municipio.

Se presentan los temas de Población, vivienda, servicios de agua y drenaje por municipio 2020; y, Población, vivienda, servicios de agua y drenaje por municipio 2010 y 2015.

*Población, vivienda, servicios de agua y drenaje por municipio 2020.* Este mapa presenta los resultados de los indicadores de población, vivienda, servicios de agua y servicios de drenaje en viviendas, así como el grado de marginación en la ZMC (Figura 2.144 a Figura 2.147). Base INEGI y CONAPO. Para ello, se descargó el ITER 2020 de INEGI, se seleccionó el código 0 para la variable LOC de ITER para obtener los totales por municipio de las variables relativas población, vivienda, servicios de agua y servicios de drenaje. Por otro lado, se extrajeron las variables PO2SM, IM\_2020, GM\_2020 relativas a ingresos y grado de marginación de CONAPO. Todo lo anterior se unió al shape de centroides de los municipios de la ZMC. Podemos observar que, contando la capital del Estado de Morelos,

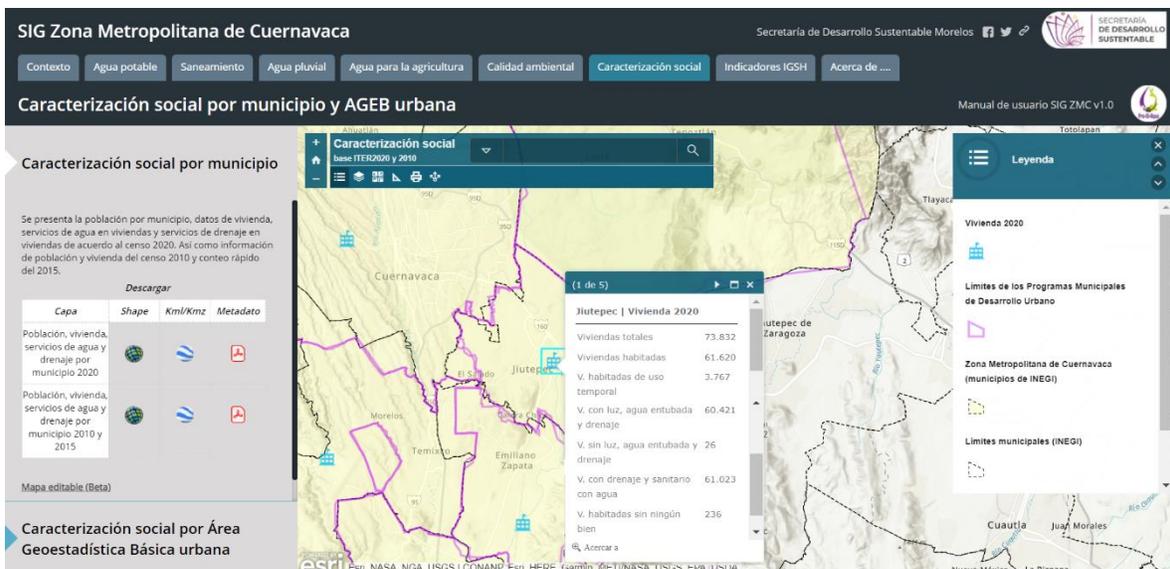
son cuatro los municipios que tienen un grado de marginación “Muy bajo” y los otros cuatro lo tienen “Bajo”.

Figura 2.144 Campos seleccionados para población 2020.



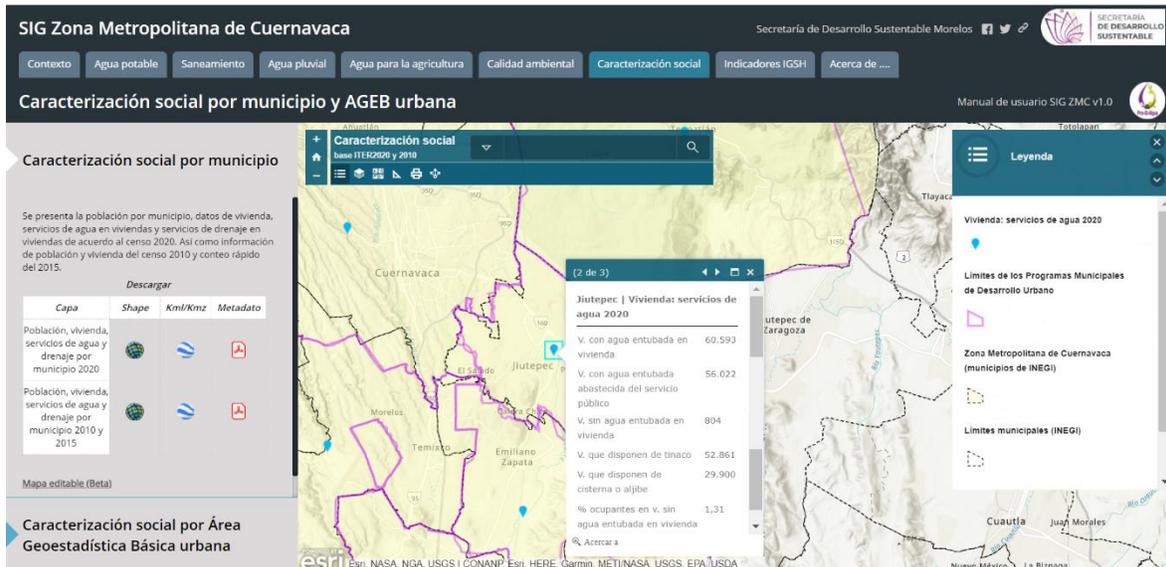
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020 y CONAPO, 2020.

Figura 2.145 Campos seleccionados para vivienda 2020 por municipio.



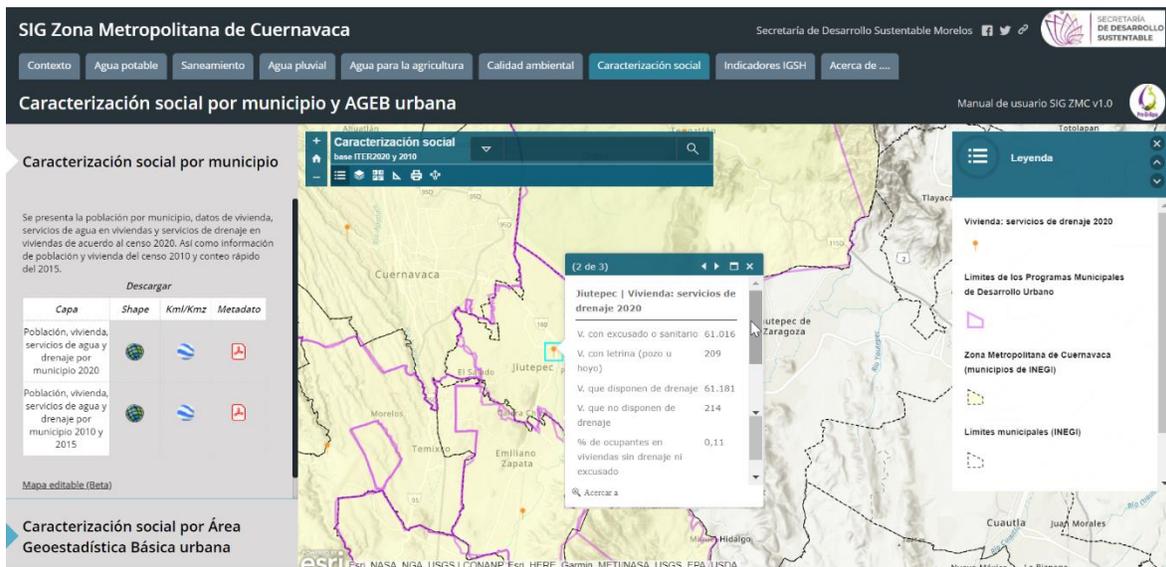
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Figura 2.146 Campos seleccionados para vivienda: servicios de agua 2020 por municipio.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Figura 2.147 Campos seleccionados para vivienda: servicios de drenaje 2020 por municipio.

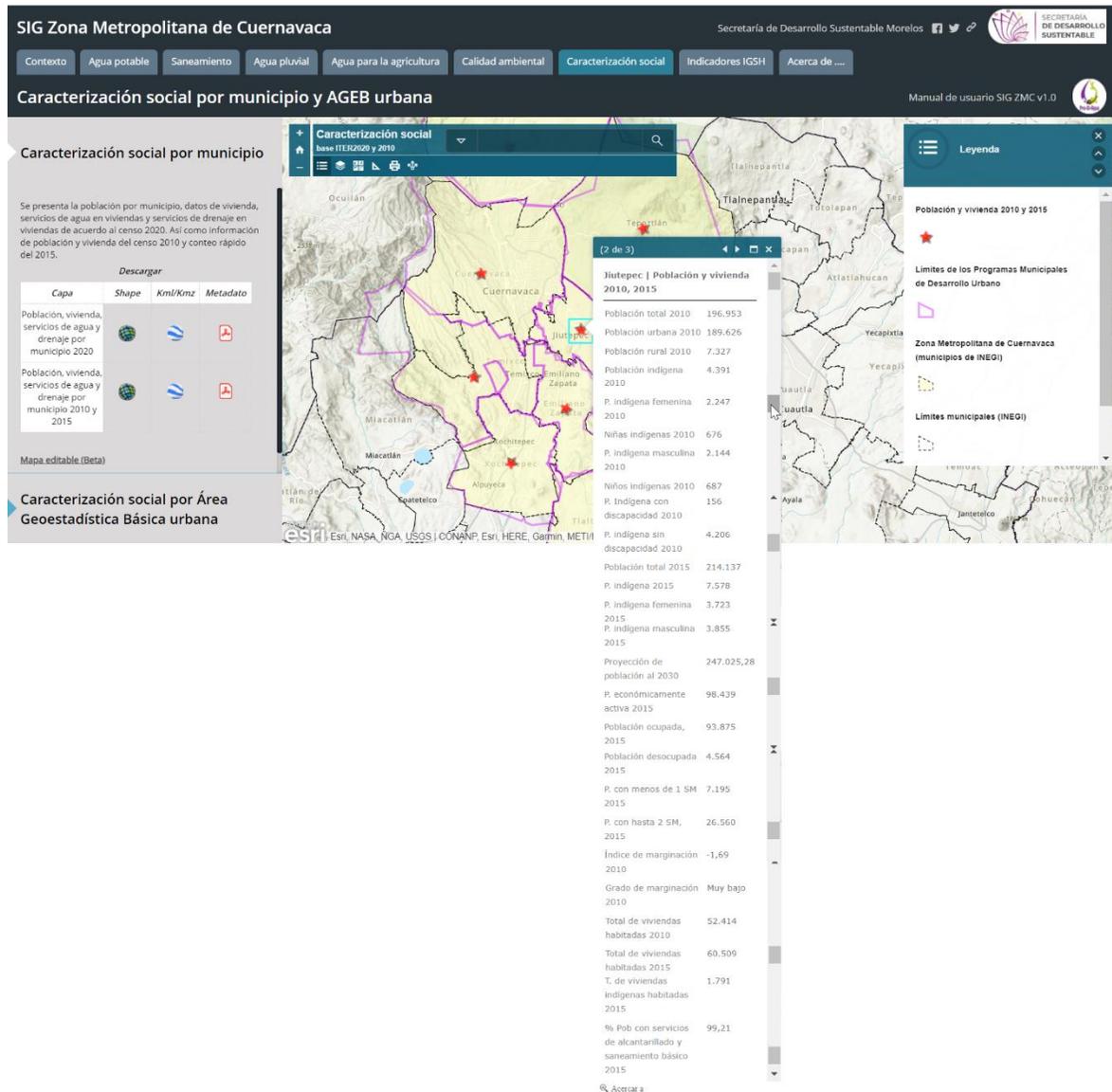


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

*Población, vivienda, servicios de agua y drenaje por municipio 2010 y 2015.* El mapa presenta datos vectoriales de los principales indicadores por localidad (ITER) del año 2010, tabulados de la encuesta intercensal 2015 e índice de marginación municipal 2010 de CONAPO, para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (Figura 2.148). Se descargó el ITER 2010 de INEGI, se seleccionó el código 0 para la variable LOC de ITER para obtener los totales por municipio de las variables relativas población, vivienda,

servicios de agua y servicios de drenaje. Se extrajeron las variables relativas a ingresos y grado de marginación de CONAPO 2010; el mismo procedimiento se llevó a cabo para la encuesta intercensal 2015 de INEGI, y se agregaron algunos campos del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (CDI). Todo lo anterior se unió al shape de centroides de los municipios de la ZMC. En el archivo de metadato se puede consultar la lista de más de 40 campos que integran este tema.

Figura 2.148 Campos seleccionados para población y vivienda 2010 y 2015 por municipio.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010; CONAPO, 2010; TEIC, 2015 y CDI, 2015

Es de resaltar el caso de los municipios de Xochitepec y Temixco que en 2015 fueron reportados con un grado de marginación “Bajo” y para el censo 2020 subieron a “Muy bajo”, igualando a los municipios de Emiliano Zapata, Jutepec y Cuernavaca.

## Caracterización social por Área Geoestadística Básica Urbana.

Se presentan los temas de Población, vivienda, servicios de agua y drenaje (polígonos); y, Población, vivienda, servicios de agua y drenaje (puntos/centroides).

*Población, vivienda, servicios de agua y drenaje (polígonos).* Se obtuvo la información del ITER2020 a nivel de AGEB de INEGI. La información del ITER no es una capa, sino es información tabular que se obtiene en formato CSV (columnas separadas por comas), del portal del INEGI en la liga: [https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos)

En la liga mencionada se obtuvo la información del ITER para las AGEB's urbanas, pero no se localizaba la información de AGEB's rurales, se estuvo explorando el portal del INEGI, pero no fue posible encontrarla, así que a través de los correos de contacto establecidos en este mismo portal, se envió un correo solicitando información al respecto. La respuesta al correo mencionado fue que el INEGI no posee un ITER a nivel de AGEB rural. Por ello, la capa de AGEB rural que posee el SIG ZMC v1.0 sólo despliega el campo Clave del AGEB rural.

Con la información descargada del ITER a nivel AGEB urbana el primer paso fue crear la clave única o identificador de cada AGEB, para poder ligar esta información con la capa de AGEB's que se había obtenido del Marco Geoestadístico de Morelos, de manera que la información pudiera desplegarse en el SIG a través de un mapa.

Para lograr lo anterior a partir de las claves del estado, municipio, localidad y AGEB se estructuró la clave larga y única para cada AGEB en el estado, esto es, por ejemplo, la Figura 2.149, muestra el archivo CSV cargado en Excel en el cual se observan los campos de cada una de estas claves y para el AGEB 60 de la cd de Amacuzac la clave larga sería:

1700100010060

Donde los primeros dos dígitos corresponden al estado, en este caso Morelos (clave 17), los siguientes tres dígitos al municipio dentro del estado (001 Amacuzac), los siguientes cuatro dígitos a la localidad dentro del municipio (0001 cd. de Amacuzac) y finalmente los últimos cuatro dígitos para el AGEB dentro de la localidad o ciudad (0060).

Cabe aclarar que se obtuvo el ITER estatal y posteriormente se recortó la información a los municipios que conforman la zona metropolitana de Cuernavaca.

Una vez calculada la clave larga, de las más de 300 variables que posee el ITER, se seleccionaron los totales por AGEB de las variables relativas a población, vivienda, servicios de agua y servicios de drenaje, que es la información que se maneja en el módulo de Caracterización Social del SIG. Las variables seleccionadas se muestran en la Tabla 2.1 Variables del ITER2020 AGEB's urbanas para realizar la caracterización social..

Figura 2.149 Archivo CSV con la información del ITER2020 para AGEB's urbanas.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

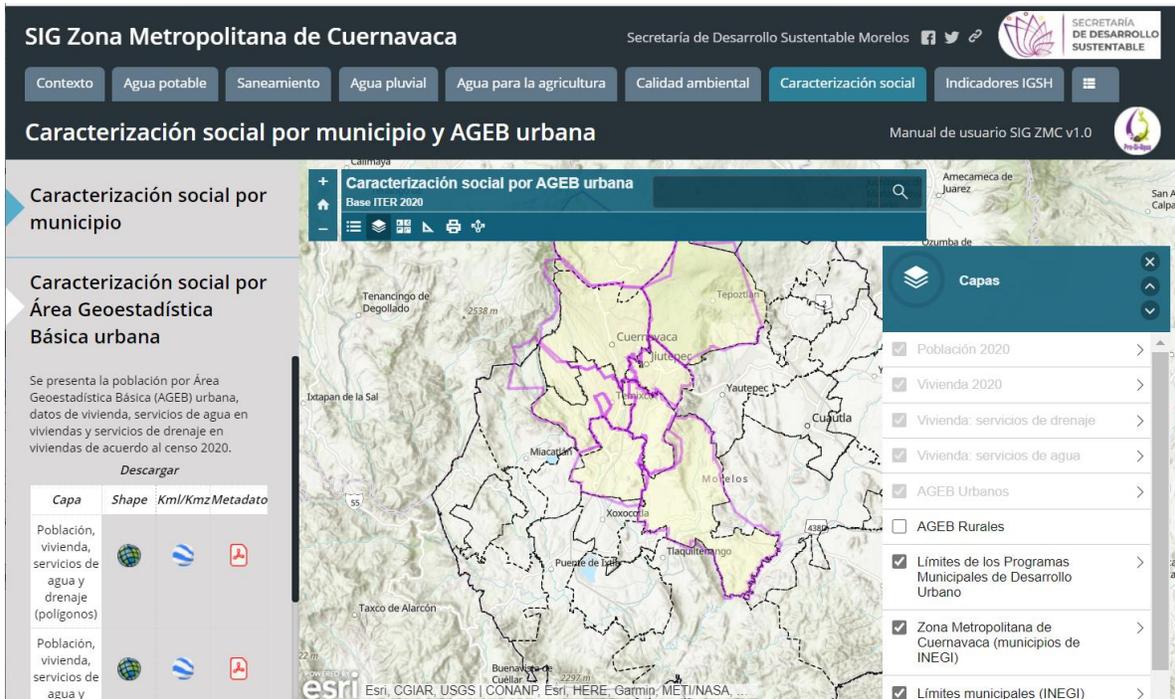
**Tabla 2.1 Variables del ITER2020 AGEB's urbanas para realizar la caracterización social.**

Campo	Descripción y unidades
CVEGEO	Clave del AGEB larga
CVE_AGEB	Clave del AGEB corta
NOMGEO	Nombre del municipio
CVEEDOMPIO	Clave del estado y del municipio donde se encuentra la AGEB urbana
CVE_ENT	Clave del estado
CVEMPIO	Clave del municipio
POBTOT	Población total
POBFEM	Población femenina
POBMAF	Población masculina
P3YM_HLI	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena
P3YM_HLI_F	Población femenina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena
P3YM_HLI_M	Población masculina de 3 años y más que habla alguna lengua indígena
PCON_DISC	Población con discapacidad
PEA	Población de 12 años y más económicamente activa
POCUPADA	Población de 12 años y más ocupada
PDESOCUP	Población de 12 años y más desocupada
VIVTOT	Total de viviendas
TVIVHAB	Total de viviendas habitadas
VIVPAR_UT	Viviendas particulares de uso temporal
VPH_AGUADV	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda
VPH_AEASP	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua
VPH_AGUAFV	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda

Campo	Descripción y unidades
VPH_TINACO	Viviendas particulares habitadas que disponen de tinaco
VPH_CISTER	Viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe
VPH_EXCSA	Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario
VPH_LETR	Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo)
VPH_DRENAJ	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje
VPH_NODREN	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje
VPH_C_SERV	Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje
VPH_NDEAED	Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje
VPH_DSADMA	Viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua
VPH_SNBIEN	Viviendas particulares habitadas sin ningún bien

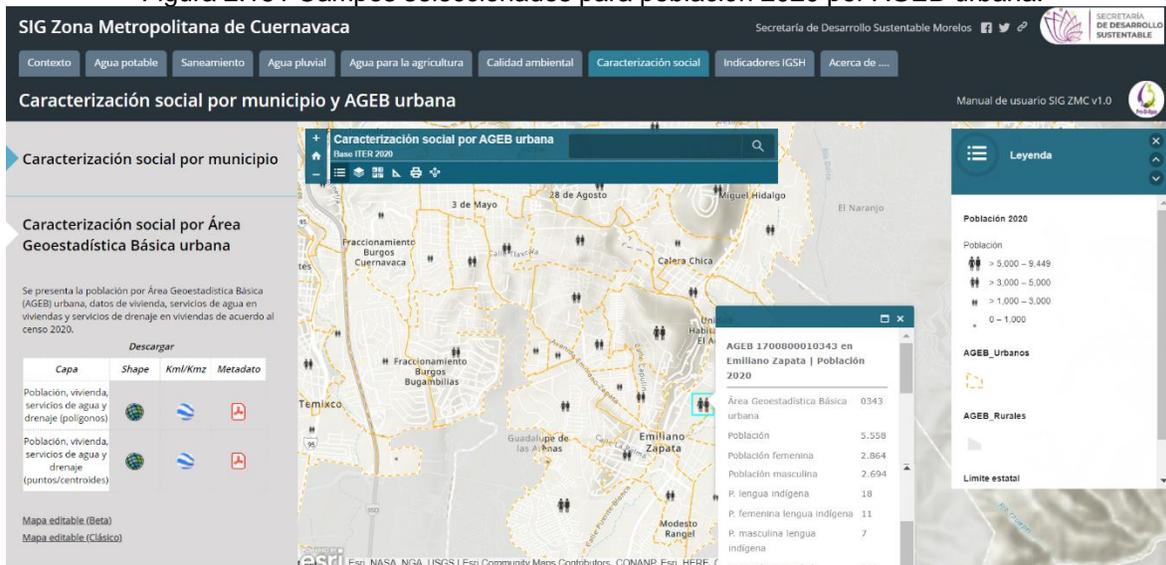
Cabe aclarar que este tema está configurado para permitir el despliegue únicamente cuando se tenga un nivel de zoom adecuado que permita ver los polígonos que definen las AGEB urbanas, de lo contrario las capas de información se presentan deshabilitadas, con texto en gris (Figura 2.150)

Figura 2.150 Ejemplo de inhabilitación de capas nivel AGEB cuando el nivel de zoom a las AGEB urbanas no es el adecuado.



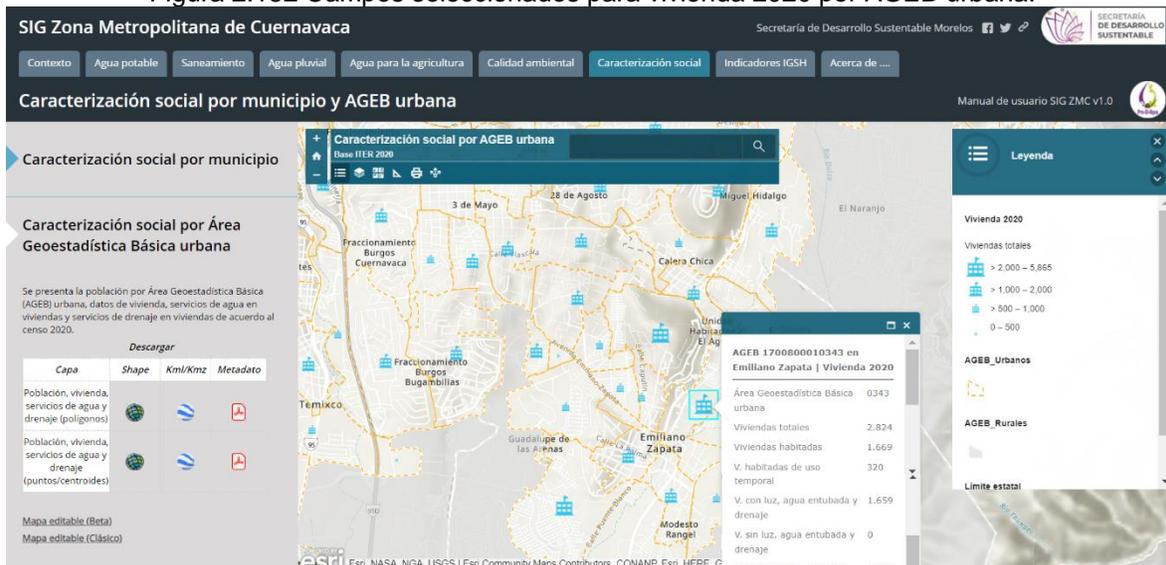
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Figura 2.151 Campos seleccionados para población 2020 por AGEB urbana.



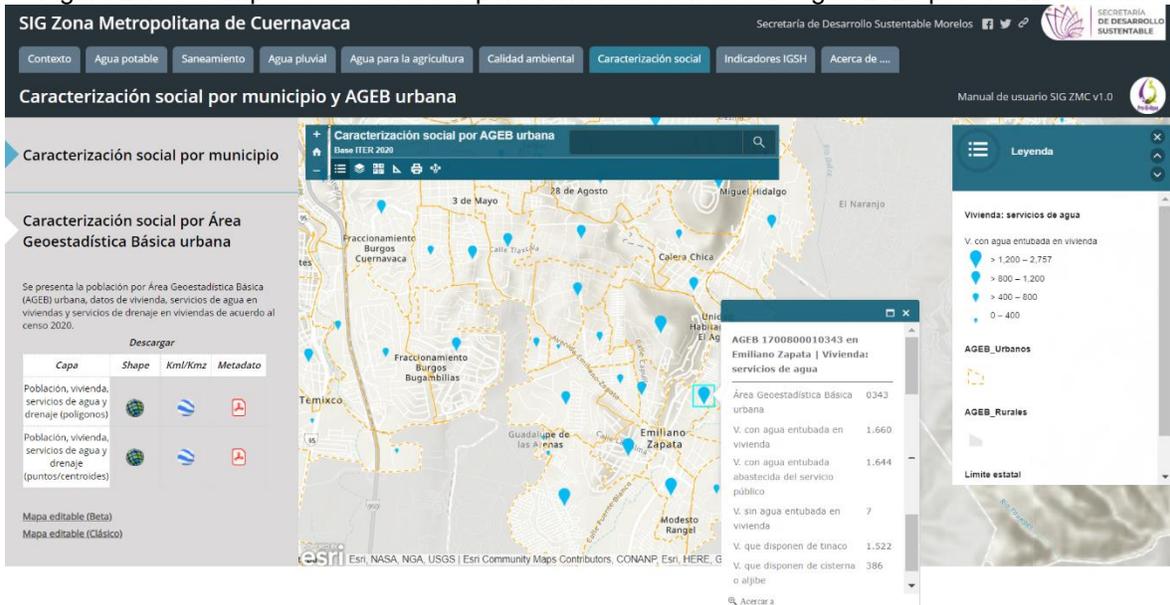
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Figura 2.152 Campos seleccionados para vivienda 2020 por AGEB urbana.



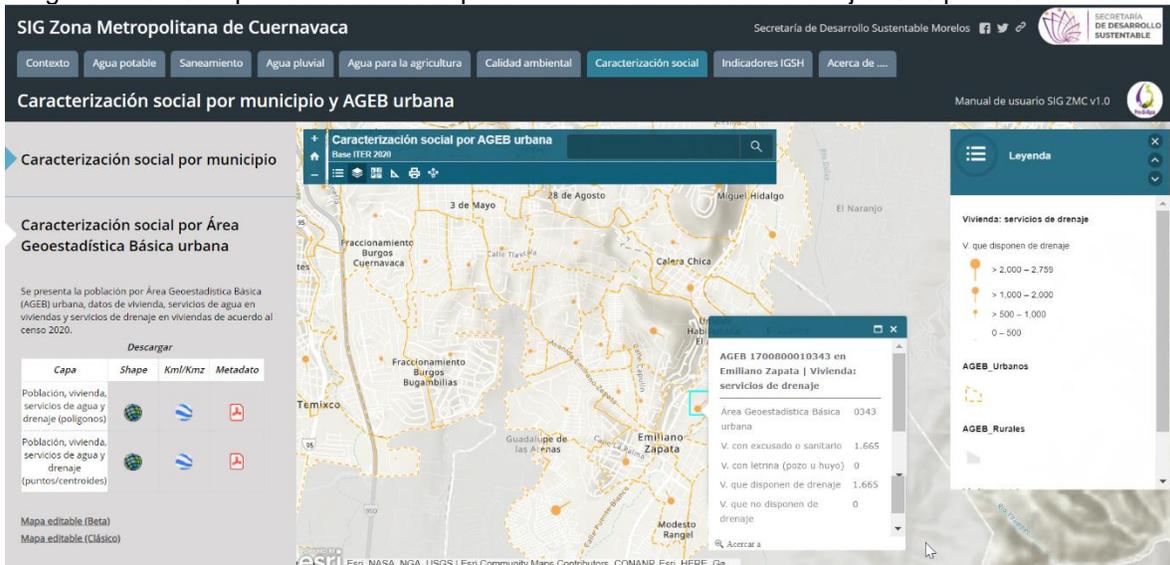
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Figura 2.153 Campos seleccionados para vivienda: servicios de agua 2020 por AGEB urbana.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Figura 2.154 Campos seleccionados para vivienda: servicios de drenaje 2020 por AGEB urbana.

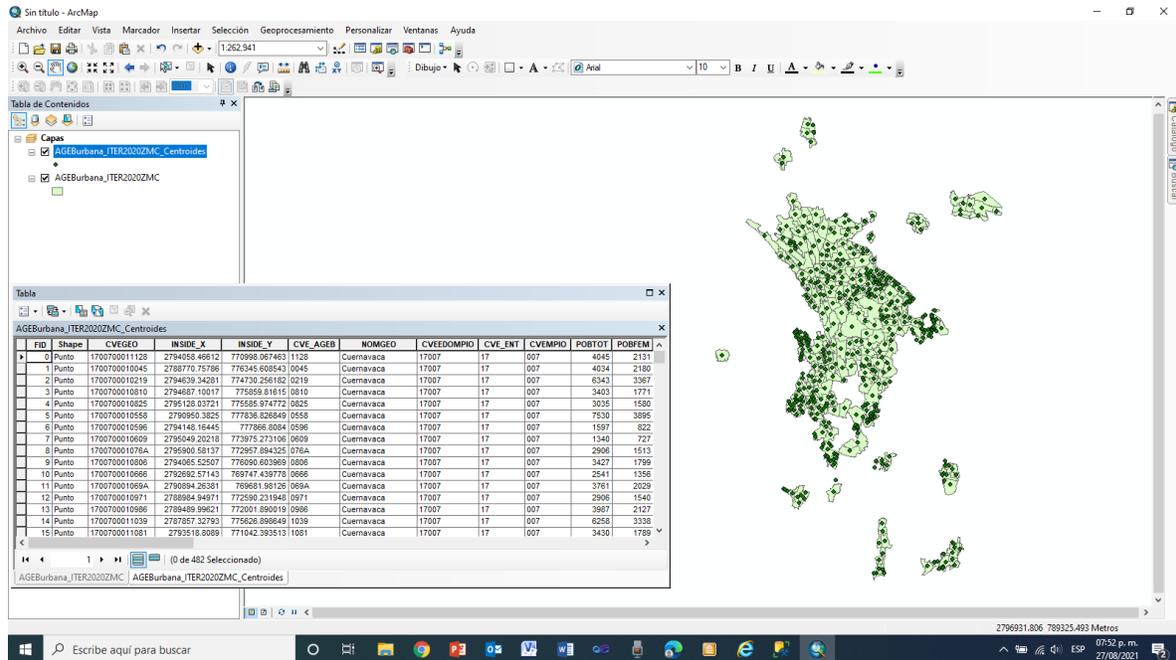


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2020.

Población, vivienda, servicios de agua y drenaje (puntos/centroides). A partir de la capa poligonal de AGEB urbanas que se tenía para la Zona Metropolitana de Cuernavaca en el

SIG, con ArcGis se obtuvo el centroide dentro de cada polígono (Figura 2.155) y con ella se obtuvo una nueva capa de AGEB urbanas de puntos.

Figura 2.155 Capas de AGEB urbanas de polígonos y de puntos generadas para la caracterización social.



Fuente: Elaboración propia.

Tanto la capa de AGEB de polígonos, como la capa de AGEB de puntos se ligaron usando las claves largas de AGEB con la tabla que se había generado y que se mencionó en la descripción anterior. De esta forma se obtuvieron dos nuevas capas de AGEB urbanas conteniendo la información de caracterización social, una de puntos y otra de polígonos, que pudieran usarse en el SIG para crear un nuevo mapa.

La Figura 2.155 muestra tanto la capa de AGEB de polígonos como la de puntos, así como las tablas de atributos de estas donde se observan los campos obtenidos del ITER2020. Cabe mencionar que como la capa de AGEB de puntos se obtuvo de la capa de polígonos que ya se había procesado para el SIG no hubo necesidad de proyectar o reproyectar la capa, sino que esta heredó la proyección de la capa de polígonos que es:

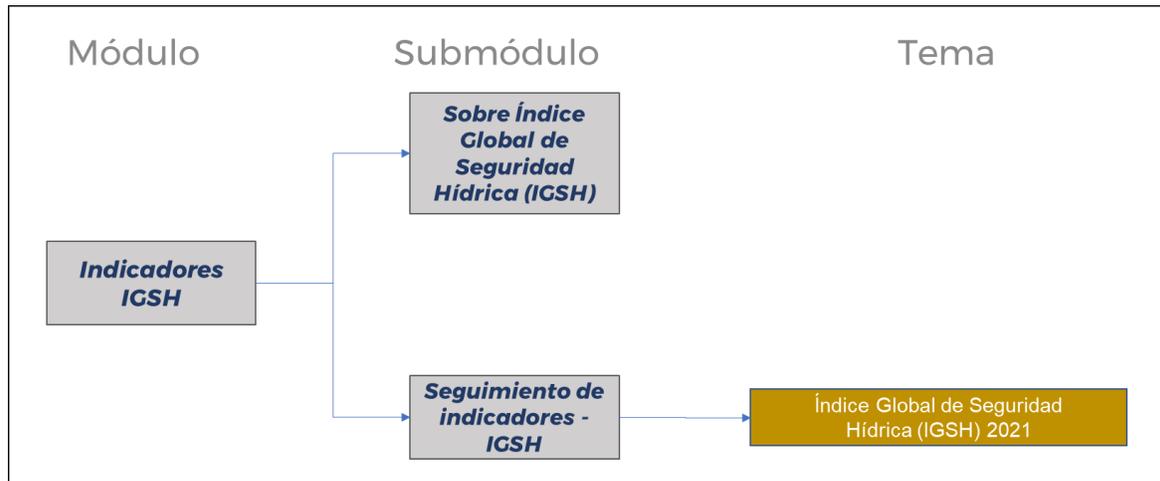
D\_ITRF\_2008, MEXICO\_ITRF\_2008\_UTM14N.

Este tema se dejó en la tabla de descargas, con el fin de evitarle trabajo al usuario al momento de querer armar un proyecto en cualquier plataforma SIG, ya que el procesamiento de la capa a nivel centroide no lo tienen todos los SIG.

## 2.4.8 Módulo Indicadores IGSH

El módulo de Indicadores IGSH se integra del submódulo Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) y del submódulo Seguimiento de indicadores – IGSH. El primer submódulo es un tablero informativo y el segundo es un mapa conteniendo el tema Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021 (Figura 2.156).

Figura 2.156 Estructura del módulo Indicadores IGSH



Fuente: Elaboración propia.

### Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH).

En este submódulo se presenta una reseña de la forma de calcular o estimar el Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) (Figura 2.157). Entendiendo por seguridad hídrica la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua, la conservación y el uso sustentable de los ecosistemas acuáticos y terrestres; así como la capacidad para producir alimentos sin atentar contra la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles, y los mecanismos y regulaciones sociales para reducir y manejar los conflictos o disputas por el agua (Gain et al, 2016).

Este submódulo es un tablero informativo sin ninguna interacción, cuyo objetivo es mostrar al usuario del SIG ZMC, la definición y el concepto de seguridad hídrica, la importancia que la ONU le da para alcanzar los Objetivos del Desarrollo Sostenible y como a través del IGSH se puede medir al avance hacia esta meta. Además, presenta la forma de cálculo del IGSH y su aplicación que se hizo a través del Programa Sectorial de Infraestructura para la Gestión Integral del Agua (Pro-Si-Agua) se hizo la estimación del mismo para cada uno de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC) y la clasificación final asignada en cuanto a seguridad hídrica a cada uno de ellos.

El IGSH se estima a partir de ocho indicadores y cuatro criterios los cuales se integran a partir de las ponderaciones mostradas en la figura 2.158. La ventaja del IGSH sobre otros índices de seguridad hídrica es que toma en cuenta indicadores que ya son medidos en el país, lo que facilita su aplicación al contar ya con la generación sistemática de la información requerida para estimarlo.

Figura 2.157 Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.158 Indicadores, criterios y ponderaciones para la estimación del IGSH – tablero Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH)

Criterio	Ponderación (%)	Indicador	Ponderación (%)
Disponibilidad	45	Índice de escasez	70
		Índice de sequía	15
		Abatimiento de acuíferos	15
Accesibilidad a los servicios	20	Acceso al saneamiento	40
		Acceso al agua potable	60
Seguridad y calidad	20	Índice de calidad del agua	50
		Índice de frecuencia de inundaciones	50
Gestión	15	Índice de gobernanza	100

*Índice de escasez (WSI).* Este índice está definido como la relación entre la extracción

Fuente: Elaboración propia a partir de Gain et al (2016)

Los valores del IGSH y la clasificación para cada uno de los municipios se presentan hacia el final del tablero y se dan algunas conclusiones sobre el mismo (figura 2.159).

Figura 2.159 Valores del IGSH y clasificación de la seguridad hídrica en los municipios de la ZMC - tablero Sobre Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH)



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, INEGI, Gain et al (2016) y Kaufman y Kraay (2017)

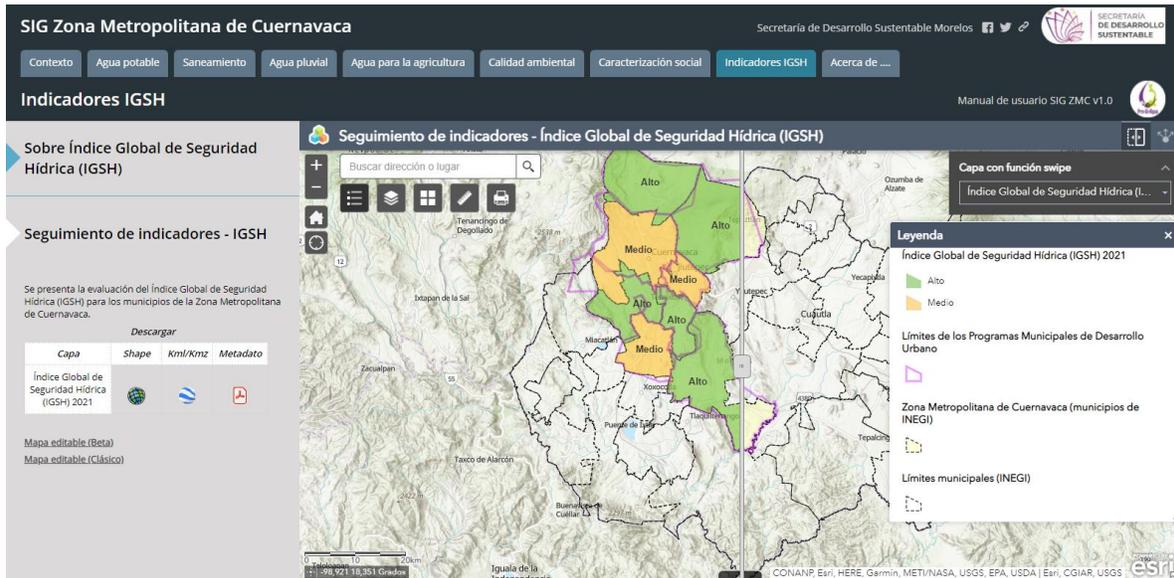
### Seguimiento de indicadores – IGSH

Este submódulo tiene por objetivo hacer el seguimiento de los indicadores que se estimen en el Pro-Si-Agua a través de una visualización de mapa. Con esta finalidad este submódulo es un mapa interactivo con herramientas de comparación de manera que conforme se vaya alimentando de capas o temas con el indicador de seguimiento para diferentes años, podrá visualizarse el cambio. La figura 2.160 muestra la herramienta de comparación activada, la cual a través de mover la barra vertical podrá apagarse o prenderse la capa superior para visualizar lo que existía con respecto de lo que se tiene en este momento.

Sin embargo dado que la única capa que se tiene es la evaluación del indicador para el año actual, este es el único tema contenido en el submódulo y que conforma la línea base a partir del cual se podrá monitorear el cambio.

Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021. Este tema contiene los datos vectoriales (polígonos) con la delimitación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC), estableciendo para cada municipio su seguridad hídrica (Figura 2.160); con base en una clasificación de cinco intervalos para el valor del Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) propuesto por Gain et al (2016); el valor del IGSH, y los valores de los ocho indicadores y cuatro criterios que se emplean para estimarlo (Figura 2.158). El IGSH mide la seguridad hídrica de garantizar el acceso al agua y saneamiento para todos, de acuerdo con el objetivo 6 de los 17 objetivos globales para el desarrollo sostenible establecidos por las Naciones Unidas.

Figura 2.160 Seguimiento de indicadores – IGSH. Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021



*Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, INEGI, Gain et al (2016) y Kaufman y Kraay (2017)*

El objetivo de este tema es proporcionar a la sociedad un mapa con la determinación de la seguridad hídrica para los municipios de conforman la ZMC, así como con los valores de los indicadores y criterios para establecer esta clasificación.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) como parte del Programa Sectorial de Infraestructura para la Gestión Integral del Agua en la ZMC (Pro-Si-Agua), llevó a cabo el cálculo del Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) para cada uno de los municipios que forman la ZMC. Como el IGSH hace un integrado ponderado de ocho indicadores (Figura 2.158), primero fue necesario estimar cada uno de estos. La estimación de los ocho indicadores se realizó siguiendo la metodología de Gain, et. al. (2016) que requiere información de uso de suelo y vegetación, calidad del agua, coberturas de los servicios de agua potable y saneamiento, inundaciones, acuíferos, etc.

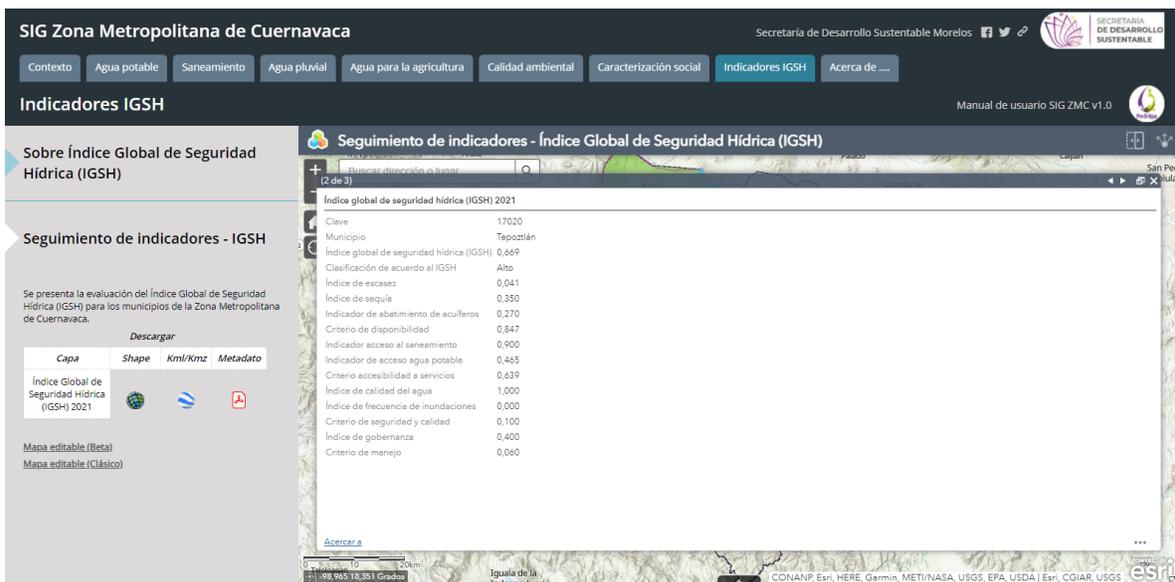
Una vez calculado el valor del IGSH, la seguridad hídrica de cada municipio se estableció considerando una clasificación de cinco intervalos de clase definida mediante rupturas naturales de Jenks

- Muy bajo: 0.00 - 0.25
- Bajo: 0.26 - 0.45
- Medio: 0.46 - 0.65
- Alto: 0.66 - 0.85
- Muy alto: 0.86 - 1.00

Con la clasificación de seguridad hídrica y los valores del IGSH y sus criterios e indicadores se estructuró una tabla conteniendo el nombre del municipio y toda su información. Esta tabla se cargó en ArcGIS 10.7, junto con la capa de límites municipales del INEGI, conteniendo exclusivamente los municipios de la ZMC. La tabla con la información de seguridad hídrica se unió a la tabla de atributos de la capa a través del nombre del municipio y finalmente se salvó en un nuevo archivo shapefile. Como la capa de municipios empleada ya tenía la proyección México ITRF2008 / UTM zona 14N requerida no fue necesario hacer ningún proceso de reproyección.

La figura 2.161 muestra todos los campos contenidos y activados dentro del SIG ZMC. Esto es, para cada municipio se presenta su clave y nombre, así como los valores de los ocho indicadores estimados, el valor de los cuatro criterios, el valor del propio IGSH y finalmente la clasificación de la seguridad del municipio.

Figura 2.161 Campos del Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) 2021



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA, INEGI, Gain et al (2016) y Kaufman y Kraay (2017)

El tema puede descargarse del SIG ZMC en formato shapefile y Kml/Kmz.

## 2.5 Descargas

El SIG ZMC v1.0 contiene en todos los temas una tabla de descargas de capas geográficas (Ver Figura 2.8.- Interfaz de usuario del SIG. Vista general de herramientas interactivas), que permite la descarga de tres tipos de archivos para cada tema (Figura 2.162): 1) La capa cartográfica (shape), manejable desde cualquier SIG como ESRI, QGIS SAGA, etc., 2) La capa cartográfica en formato Kml/Kmz tanto para usuarios que no utilizan SIGs, manejable desde Google Earth como los que usan sistemas SIG, y 3) La documentación de la capa cartográfica o metadato en formato PDF.

Figura 2.162 Ejemplo de Tabla de descargas de capas geográficas

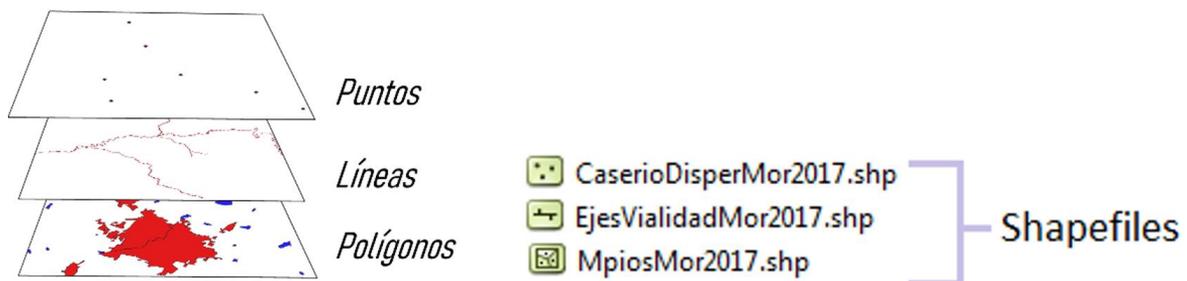
Descargar			
Capa	Shape	Kml/Kmz	Metadato
Curvas de nivel			
Geología			
Topoformas			

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.1 Descripción de archivos shape (shp)

Un shapefile es un formato de archivo que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas) (ESRI, 2021), tal como se observa en la Figura 2.163.

Figura 2.163 Representación de entidades geográficas en formato shape



Fuente: Elaboración propia.

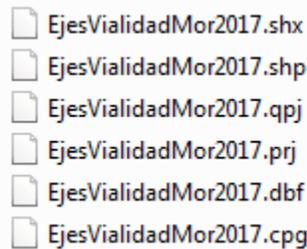
El formato shapefile define la geometría y los atributos de entidades a la que se hace referencia geográfica en tres o más archivos con extensiones de archivo concretas que se deben almacenar en el mismo espacio de trabajo del proyecto. Éstas son (ESRI, 2021a):

**.shp:** es el archivo principal que almacena la geometría de la entidad; necesario.

**.shx:** es el archivo de índice que almacena el índice de la geometría de la entidad; necesario.

**.dbf:** es la tabla dBASE que almacena la información de atributos de las entidades; necesaria.

Figura 2.164 Ejemplo de extensiones de archivos que integran el formato shape



Fuente: Elaboración propia.

Las extensiones **.shp**, **.shx** y **.dbf** son esenciales para poder distribuir correctamente un archivo shape, con sólo éstas es posible leer el archivo; sin embargo, dependiendo del contenido del shape, podrán existir algunas otras extensiones como las observadas en la Figura 2.164, o bien tales como las siguientes.

**.prj:** es el archivo que almacena información del sistema de coordenadas; se utiliza en ArcGIS.

**.xml:** metadatos de ArcGIS, es el archivo que almacena información sobre el shapefile.

**.cpg:** es un archivo opcional que se puede utilizar para especificar la página de código para identificar el conjunto de caracteres que se va a utilizar.

**.sbn** y **.sbx:** son los archivos que almacenan el índice espacial de las entidades.

**.fbn** y **.fbx:** son los archivos que almacenan el índice espacial de las entidades para los shapefiles que son solo de lectura.

**.ain** y **.aih:** son los archivos que almacenan el índice de atributo de los campos activos en una tabla o una tabla de atributos del tema.

**.qpj:** es para los archivos Quantum GIS Project (QGis), almacena el proyecto creado en QGis el cual es un sistema de información geográfica de código abierto para Microsoft Windows, Mac OS X y Linux.

Cada archivo debe tener el mismo prefijo (Figura 2.164), por ejemplo EjesVialidadMor2017.shp, EjesVialidadMor2017.shx, EjesVialidadMor2017.dbf, etc.

Los archivos de descargas con extensión **.zip** de la sección 2.4.4 Listado del banco de datos por tema (shp, kml/kmz y pdf) del *SIG ZMC v1.0*, corresponden a los archivos shape del tema indicado en dicha tabla, por lo que al descompactarlo se desplegará el conjunto de archivos correspondiente (3 extensiones en adelante).

### 2.5.2 Descripción de archivos Lenguaje de marcado de keyhol (kml/kmz)

El Lenguaje de marcado de keyhole (Keyhole Markup Language <KML>) es un formato basado en XML para almacenar datos geográficos y su contenido relacionado; y es un estándar oficial del Consorcio Geoespacial abierto (OGC). KML es un formato habitual para **compartir datos geográficos** con personas **que no utilizan SIGs**, ya que se puede enviar fácilmente en Internet y se puede ver en muchas aplicaciones gratuitas, incluida Google **Earth y ArcGIS Explorer**. Los archivos KML tienen una extensión .kml o .kmz (para archivos KML comprimidos o .zip) (ESRI 2021b). Un archivo con extensión .kmz es un archivo Kml compactado y almacenado en formato zip.

Una vez descargado el archivo Kml/kmz, arrástrelo sobre Google Earth para desplegar de manera automática las entidades geográficas sobre esta plataforma, o bien arrástrelo sobre QGIS para manipular la información contenida en éste.

### 2.5.3 Descripción de archivos de metadato (pdf)

Los documentos de metadatos en formato PDF, se generaron para describir el dato publicado de las 103 diferentes capas de información, donde se menciona (ver Figura 2.165 y Figura 2.166):

**Tema:** Es el tema al que corresponde la información.

**Contenido:** Es una breve descripción de la información contenida, el año de levantamiento de la información, el nivel geográfico de la misma, como municipio, localidad, estado, etc. y el tipo de información digital (puntos, líneas o polígonos).

**Archivos de descarga:** Se mencionan los nombres exactos del juego de 3 archivos posibles de descarga y sus extensiones. Éstos son: .zip, .kml/kmz y pdf. El archivo de extensión .zip, corresponde a la capa shapefile del tema.

**Propósito:** Contiene una breve descripción del qué y porqué se publica dicho tema.

**Usado en:** Se menciona el módulo del *SIG ZMC v1.0* donde se usa dicho tema.

**Sistema de referencia:** En todos los casos será proyección cartográfica: México ITRF2008 / UTM zona 14N. (unidades metros). Proyección a la cual se homogeneizó toda la cartografía en el *SIG ZMC v1.0*

**Datos disponibles:** Los años que la fuente oficial señale como fechas de levantamiento del dato.

**Formato de la capa:** En todos los casos será shapefile (.shp) y .kml/kmz.

**Forma de cálculo:** Se menciona la fuente oficial de donde se descargó el dato, el procesamiento aplicado a la capa de información como puede ser recorte de entidades, filtros de campos, uniones de datos de diferentes años, concatenación de variables, cálculo de centroides, reproyección de la capa, etc.

**Unidad del Estado responsable del cálculo:** Corresponde a la institución oficial que publica el dato, por ejemplo, INEGI, CONAGUA, CONAPO, Distrito de Riego 016, etc.

**Fuente de información:** Tanto el nombre la institución oficial que la publica como la liga exacta (link) con hipervínculo para su consulta. Es decir, al presionar clic sobre el hipervínculo el usuario será dirigido en automático a la información fuente.

Figura 2.165 Ejemplo 1 de 2 de archivo de metadato en formato PDF.



Sistema de Información Geográfica de la Zona  
Metropolitana de Cuernavaca



<b>Tema:</b>	<b>Población y vivienda nivel municipal de la ZMC.</b>
Contenido:	Datos vectoriales de los principales indicadores por localidad (ITER) del año 2010, conteo 2015 e índice de marginación municipal 2010 de CONAPO, para los municipios de la Zona Metropolitana de Cuernavaca (ZMC).
Archivos de descarga:	<i>ITER2020_ZMC.zip</i> <i>ITER2020Mpal_ZMC.kml</i> <i>ITER2020Mpal_ZMC.pdf</i>
Propósito:	Proporcionar a la sociedad un mapa con los resultados de los indicadores de población, vivienda, servicios de agua y servicios de drenaje en viviendas, así como el grado de marginación en la ZMC. Base INEGI y CONAPO.
Usado en:	Sistema SIG ZMC, módulo Caracterización social.
Sistema de referencia:	Proyección cartográfica: México ITRF2008 / UTM zona 14N. (unidades metros).
Datos disponibles:	2010 y 2015
Formato de la capa:	Shapefile (.shp) y .kml/kmz
Forma de cálculo:	Se descargó el ITER 2010 de INEGI, se seleccionó el código 0 para la variable LOC de ITER para obtener los totales por municipio de las variables relativas población, vivienda, servicios de agua y servicios de drenaje. Se extrajeron las variables relativas a ingresos y grado de marginación de CONAPO 2010; el mismo procedimiento se llevó a cabo para el conteo 2015 de INEGI, y se agregaron algunos campos del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (CDI). Todo lo anterior se unió al shape de centroides de los municipios de la ZMC.
Unidad del Estado responsable del cálculo:	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Consejo Nacional de Población (CONAPO) Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (CDI).
Periodicidad:	Quinquenal. En años terminados en cero y en cinco.
Fuente de información:	INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015 (TEIC). <a href="https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados">https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados</a>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.166 Ejemplo 2 de 2 de archivo de metadato en formato PDF.



Sistema de Información Geográfica de la Zona  
Metropolitana de Cuernavaca



	<p>Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (CDI). Indicadores sociodemográficos y económicos sobre la población indígena desagregada por municipio, 2015.  <a href="https://www.gob.mx/inpi/articulos/indicadores-socioeconomicos-de-los-pueblos-indigenas-de-mexico-2015-116128">https://www.gob.mx/inpi/articulos/indicadores-socioeconomicos-de-los-pueblos-indigenas-de-mexico-2015-116128</a>;  <a href="http://www.cdi.gob.mx/gobmx-2017/indicadores/12-cdi-base-indicadores-2015.xlsx">http://www.cdi.gob.mx/gobmx-2017/indicadores/12-cdi-base-indicadores-2015.xlsx</a></p> <p>INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER).  <a href="https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html#Microdatos">https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html#Microdatos</a></p> <p>CONAPO. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010.  <a href="http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio">http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio</a></p>																																								
Observaciones:																																									
Descripción de campos del shape:																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Campo</th> <th>Tipo</th> <th>Longitud</th> <th>Precisión</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cve_Mpio</td> <td>String</td> <td>254</td> <td>0</td> <td>Clave del municipio, adimensional</td> </tr> <tr> <td>Nom_Mpio</td> <td>String</td> <td>254</td> <td>0</td> <td>Nombre del municipio</td> </tr> <tr> <td>PobTot10</td> <td>Integer</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>Total de la población para el año 2010 (ITER,2010)</td> </tr> <tr> <td>PobUrb10</td> <td>Real</td> <td>9</td> <td>2</td> <td>Población urbana para el año 2010 (ITER,2010)</td> </tr> <tr> <td>PobRur10</td> <td>Real</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>Población rural para el año 2010 (ITER,2010)</td> </tr> <tr> <td>PobIndi10</td> <td>Real</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>Población indígena total para el año 2010 (CDI,2010)</td> </tr> <tr> <td>PobIndiM10</td> <td>Real</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>Población indígena femenina para el año 2010 (CDI,2010)</td> </tr> </tbody> </table>		Campo	Tipo	Longitud	Precisión	Comentario	Cve_Mpio	String	254	0	Clave del municipio, adimensional	Nom_Mpio	String	254	0	Nombre del municipio	PobTot10	Integer	8	0	Total de la población para el año 2010 (ITER,2010)	PobUrb10	Real	9	2	Población urbana para el año 2010 (ITER,2010)	PobRur10	Real	8	2	Población rural para el año 2010 (ITER,2010)	PobIndi10	Real	8	2	Población indígena total para el año 2010 (CDI,2010)	PobIndiM10	Real	8	2	Población indígena femenina para el año 2010 (CDI,2010)
Campo	Tipo	Longitud	Precisión	Comentario																																					
Cve_Mpio	String	254	0	Clave del municipio, adimensional																																					
Nom_Mpio	String	254	0	Nombre del municipio																																					
PobTot10	Integer	8	0	Total de la población para el año 2010 (ITER,2010)																																					
PobUrb10	Real	9	2	Población urbana para el año 2010 (ITER,2010)																																					
PobRur10	Real	8	2	Población rural para el año 2010 (ITER,2010)																																					
PobIndi10	Real	8	2	Población indígena total para el año 2010 (CDI,2010)																																					
PobIndiM10	Real	8	2	Población indígena femenina para el año 2010 (CDI,2010)																																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PobTot15</td> <td>Real</td> <td>9</td> <td>2</td> <td>Población total para el año 2015 (TEIC,2015)</td> </tr> </tbody> </table>		PobTot15	Real	9	2	Población total para el año 2015 (TEIC,2015)																																			
PobTot15	Real	9	2	Población total para el año 2015 (TEIC,2015)																																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>POcup1SM</td> <td>Integer</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>Población ocupada con menos de 1 SM (CDI,2015)</td> </tr> <tr> <td>POcup1a2SM</td> <td>Integer</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>Población ocupada de 1 a 2 Salarios Mínimos (CDI,2015)</td> </tr> <tr> <td>POcup2SM</td> <td>Integer</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>Población ocupada con más de 2 Salarios Mínimos (CDI,2015)</td> </tr> <tr> <td>PIOcup1SM</td> <td>Integer</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>Población indígena ocupada por hogar, con menos de 1 Salario Mínimo (CDI,2015)</td> </tr> <tr> <td>PIOcup1a2SM</td> <td>Integer</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>Población indígena ocupada por hogar, de 1 a 2 SM (CDI,2015)</td> </tr> <tr> <td>PIOcup2SM</td> <td>Integer</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>Población indígena ocupada por hogar, con más de 2 SM (CDI,2015)</td> </tr> </tbody> </table>		POcup1SM	Integer	7	0	Población ocupada con menos de 1 SM (CDI,2015)	POcup1a2SM	Integer	7	0	Población ocupada de 1 a 2 Salarios Mínimos (CDI,2015)	POcup2SM	Integer	7	0	Población ocupada con más de 2 Salarios Mínimos (CDI,2015)	PIOcup1SM	Integer	7	0	Población indígena ocupada por hogar, con menos de 1 Salario Mínimo (CDI,2015)	PIOcup1a2SM	Integer	7	0	Población indígena ocupada por hogar, de 1 a 2 SM (CDI,2015)	PIOcup2SM	Integer	7	0	Población indígena ocupada por hogar, con más de 2 SM (CDI,2015)										
POcup1SM	Integer	7	0	Población ocupada con menos de 1 SM (CDI,2015)																																					
POcup1a2SM	Integer	7	0	Población ocupada de 1 a 2 Salarios Mínimos (CDI,2015)																																					
POcup2SM	Integer	7	0	Población ocupada con más de 2 Salarios Mínimos (CDI,2015)																																					
PIOcup1SM	Integer	7	0	Población indígena ocupada por hogar, con menos de 1 Salario Mínimo (CDI,2015)																																					
PIOcup1a2SM	Integer	7	0	Población indígena ocupada por hogar, de 1 a 2 SM (CDI,2015)																																					
PIOcup2SM	Integer	7	0	Población indígena ocupada por hogar, con más de 2 SM (CDI,2015)																																					

Fuente: Elaboración propia.

**Periodicidad:** El periodo ya sea en decenios, quinquenios, años, meses, etc., que la institución oficial o generadora de la capa usa para actualizar la información.

**Observaciones:** Sólo en caso de existir alguna precisión a la información publicada.

**Descripción de campos del shape:** Se presenta un listado que incluye el nombre del campo tal como aparece en el shape, el tipo de dato del campo (integer, string, real), la longitud del campo, la precisión en caso de números reales (con decimal), y una descripción del contenido del campo, sus unidades y en el año del dato.

#### 2.5.4 Listado del banco de datos por tema (shp, kml/kmz y pdf) del SIG ZM)

A continuación, en las Tabla 2.2 a Tabla 2.8 se presentan las listas de nombres de archivos de descarga por módulo del SIG ZMC v 1.0 y por tema o capa. Éstos incluyen un juego de tres archivos por tema: zip correspondiente al shape, kml/kmz y el metadato en formato pdf.

**Tabla 2.2 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Contexto y sus temas o capas**

Módulo Contexto			
Tema: Zona metropolitana de Cuernavaca			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Red de carreteras	Shapefile	red_CarrCam_ZMC_UTM14N.zip
		kml	red_CarrCam_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	red_CarrCam_ZMC_UTM14N.pdf
2	Códigos postales	Shapefile	CP_ZMC_UTM14N.Zip
		kml	CP_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	CP_ZMC_UTM14N.pdf
3	Área Geoestadística Básica (rural)	Shapefile	AGBs_Rur_ZMC_UTM14N.zip
		kml	AGBs_Rur_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	AGEBs_Rur_ZMC_UTM14N.pdf
4	Área Geoestadística Básica (urbana)	Shapefile	AGBs_Urb_ZMC_UTM14N.zip
		kml	AGBs_Urb_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	AGEBs_Urb_ZMC_UTM14N.pdf
5	Localidades Rurales	Shapefile	Loc_Rural_Punt_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Loc_Rural_Punt_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Loc_Rural_Punt_ZMC_UTM14N.pdf
6	Límites de Localidades	Shapefile	Localidades_lim_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Localidades_lim_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Localidades_lim_ZMC_UTM14N.pdf
7	Ríos principales	Shapefile	Red_Hidro_Apa_UTM14N.zip
		kml	Red_Hidro_Apa_UTM14N.kmz
		Metadato	Red_Hidro_Apa_UTM14N.pdf
8	Subcuenca del Río Apatlaco	Shapefile	CuencaApatlaco_UTM14N.zip
		kml	CuencaApatlaco_UTM14N.kmz
		Metadato	Red_Hidro_Apa_UTM14N.pdf
9	Límites del Programa Municipal de Desarrollo Urbano	Shapefile	Lim_Mun_PMDU_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Lim_Mun_PMDU_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Lim_Mun_PMDU_ZMC_UTM14N.pdf
		Shapefile	Municipios_ZMC_UTM14N.zip

Módulo Contexto			
10	Zona Metropolitana de Cuernavaca (municipios)	kml	Municipios_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Municipios_ZMC_UTM14N.pdf
11	Límites municipales	Shapefile	Municipios_Mor_UTM14N.zip
		kml	Municipios_Mor_UTM14N.kmz
		Metadato	Municipios_Mor_UTM14N.pdf
12	Límite estatal	Shapefile	Lim_Morelos_UTM14N.zip
		kml	Lim_Morelos_UTM14N.kmz
		Metadato	Lim_Morelos_UTM14N.pdf

**Tabla 2.3 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Agua Potable y sus temas o capas**

Módulo Agua potable			
Tema: Agua potable			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Plantas potabilizadoras	Shapefile	Plantas_potabilizadoras.zip
		kml	Plantas_potabilizadoras.kmz
		Metadato	Metadato_Plantas_potabilizadoras_ZMC.pdf
2	Cobertura de agua potable y saneamiento	Shapefile	Cobertura_de_agua_potable_y_saneamiento.zip
		kml	Cobertura_de_agua_potable_y_saneamiento.kml
		Metadato	Metadato_Cobertura_de_agua_potable_y_saneamiento_ZMC.pdf
3	Eficiencia en cloración	Shapefile	Eficiencia_cloración.zip
		kml	Eficiencia_en_cloración.kmz
		Metadato	Metadato_Eficiencia_cloración_ZMC.pdf
Tema: Concesiones			
1	Concesiones de agua superficial	Shapefile	Concesiones_sup_usos_domésticos_y_público_urbano.zip
		kml	Concesiones_de_agua_superficial_usos_doméstico_y_público_urbano.kmz
		Metadato	Metadato_Concesiones_Sup_ZMC.pdf
2	Concesiones de agua subterránea	Shapefile	Concesiones_sub_usos_doméstico_y_público_urbano.zip
		kml	Concesiones_de_agua_subterránea_usos_doméstico_y_público_urbano.kmz
		Metadato	Metadato_Concesiones_Sub_ZMC.pdf
3	Acuíferos ZMC	Shapefile	Acuíferos_ZMC.zip
		kml	Acuíferos.kmz
		Metadato	Metadato_Acuiferos_ZMC.pdf
Tema: Infraestructura hidráulica			
1	Obras de captación de agua subterránea	Shapefile	Obras_de_captación_agua_subterránea.zip
		kml	Obras_de_captación_agua_subterránea.kmz
		Metadato	Metadato_Obras_de_captación_de_aguas_subterráneas_ZMC.pdf
2	Manantiales	Shapefile	Manantiales.zip
		kml	Manantiales.kmz
		Metadato	Metadato_Manantiales_ZMC.pdf
		Shapefile	Acueductos_ZMC_ITRF2008_UTM_14N_(1).zip
		kml	Acueductos.kmz

Módulo Agua potable			
3	Acueductos	Metadato	Metadato_Acueductos_ZMC.pdf
4	Estanques	Shapefile	Estanques_ZMC_ITRF2008_UTM_14N.zip
		kml	Estanques.kmz
		Metadato	Metadato_Estanques_ZMC.pdf
5	Cuerpos de agua	Shapefile	Cuerpos_de_agua_ZMC.zip
		kml	Cuerpos_de_agua_0.kmz
		Metadato	Metadato_Cuerpos_de_agua_ZMC.pdf

**Tabla 2.4 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Saneamiento y sus temas o capas**

Módulo Saneamiento			
Tema: Saneamiento			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Plantas de tratamiento de agua residual	Shapefile	InvPTAR_2005_2019_AEst_UTM14N.zip
		kml	InvPTAR_2005_2019_AEst_UTM14N.kmz
		Metadato	InvPTAR_2005_2019_AEst_UTM14N.pdf
2	Descargas de aguas residuales	Shapefile	Descargas_AR_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Descargas_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Descargas_AR_ZMC_UTM14N.pdf
Tema: Evolución de PTARs			
1	PTAR ZMC 2019	Shapefile	PTAR_ZMC_2019_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2019_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2019_UTM14N.pdf
2	PTAR ZMC 2018	Shapefile	PTAR_ZMC_2018_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2018_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2018_UTM14N.pdf
3	PTAR ZMC 2017	Shapefile	PTAR_ZMC_2017_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2017_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2017_UTM14N.pdf
4	PTAR ZMC 2016	Shapefile	PTAR_ZMC_2016_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2016_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2016_UTM14N.pdf
5	PTAR ZMC 2015	Shapefile	PTAR_ZMC_2015_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2015_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2015_UTM14N.pdf
6	PTAR ZMC 2014	Shapefile	PTAR_ZMC_2014_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2014_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2014_UTM14N.pdf
7	PTAR ZMC 2013	Shapefile	PTAR_ZMC_2013_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2013_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2013_UTM14N.pdf
8	PTAR ZMC 2012	Shapefile	PTAR_ZMC_2012_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2012_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2012_UTM14N.pdf
9	PTAR ZMC 2011	Shapefile	PTAR_ZMC_2011_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2011_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2011_UTM14N.pdf
		Shapefile	PTAR_ZMC_2010_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2010_UTM14N.kmz

Módulo Saneamiento			
10	PTAR ZMC 2010	Metadato	PTAR_ZMC_2010_UTM14N.pdf
11	PTAR ZMC 2009	Shapefile	PTAR_ZMC_2009_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2009_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2009_UTM14N.pdf
12	PTAR ZMC 2008	Shapefile	PTAR_ZMC_2008_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2008_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2008_UTM14N.pdf
13	PTAR ZMC 2007	Shapefile	PTAR_ZMC_2007_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2007_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2007_UTM14N.pdf
14	PTAR ZMC 2006	Shapefile	PTAR_ZMC_2006_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2006_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2006_UTM14N.pdf
15	PTAR ZMC 2005	Shapefile	PTAR_ZMC_2005_UTM14N.zip
		kml	PTAR_ZMC_2005_UTM14N.kmz
		Metadato	PTAR_ZMC_2005_UTM14N.pdf
Tema: Producción de residuos			
1	Relleno sanitario de Cuautla	Shapefile	Rell_San_Cuautla_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Rell_San_Cuautla_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Rell_San_Cuautla_ZMC_UTM14N.pdf
2	Infraest. de depósito y manejo de residuos	Shapefile	Infra_RSU_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Infra_RSU_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Infra_RSU_ZMC_UTM14N.pdf
3	Rutas de recolección	Shapefile	Rutas_RSU_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Rutas_RSU_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Rutas_RSU_ZMC_UTM14N.pdf
4	Producción de residuos por municipio	Shapefile	Mun_RSUEP_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Mun_RSUEP_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Mun_RSUEP_ZMC_UTM14N.pdf
Tema: Tomas y descargas clandestinas en canales de riego			
1	Tomas irregulares en canales de riego	Shapefile	TomasIrreg_CanRiego_ZMC_UTM14N.zip
		kml	TomasIrreg_CanRiego_ZMC_UTM.kmz
		Metadato	TomasIrreg_CanRiego_ZMC_UTM14N.pdf
2	Descargas clandestinas en canales de riego	Shapefile	Descargas_CanRiego_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Descargas_CanRiego_ZMC_UTM14.kmz
		Metadato	Descargas_CanRiego_ZMC_UTM14N.pdf

**Tabla 2.5 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Agua Pluvial y sus temas o capas**

Módulo Agua pluvial			
Tema: Recursos hídricos			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Presas	Shapefile	Presas_Alm_Apa_UTM14N.zip
		kml	Presas_Alm_Apa_UTM14N.kmz
		Metadato	Presas_Alm_Apa_UTM14N.pdf

Módulo Agua pluvial			
2	Estaciones hidrométricas	Shapefile	Est_Hidrometricas_Apa_UTM14N.zip
		kml	Est_Hidrometricas_Apa_UTM14N.kmz
		Metadato	Est_Hidrometricas_Apa_UTM14N.pdf
3	Est. meteorológicas automáticas (EMAS)	Shapefile	EMAS_ZMC_UTM14N.zip
		kml	EMAS_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	EMAS_ZMC_UTM14N.pdf
4	Est. climatológicas convencionales	Shapefile	Est_Clim_AEst_UTM14N.zip
		kml	Est_Clim_AEst_UTM14N.kmz
		Metadato	Est_Clim_AEst_UTM14N.pdf
5	Est. climatológicas (vol. medios anuales)	Shapefile	Eclim_ValPromAnual_UTM14N.zip
		kml	Eclim_ValPromAnual_UTM14N.kmz
		Metadato	Eclim_ValPromAnual_UTM14N.pdf
6	Red de corrientes	Shapefile	Corr_Cuenca_Apa_UTM14N.zip
		kml	Corr_Cuenca_Apa_UTM14N.kmz
		Metadato	Corr_Cuenca_Apa_UTM14N.pdf
7	Cuenca del Río Amacuzac	Shapefile	Cuen_Rio_Amacuzac_Disp2016_UTM14N.zip
		kml	Cuen_Rio_Amacuzac_Disp2016_UTM14N.kmz
		Metadato	Cuen_Rio_Amacuzac_Disp2016_UTM14N.pdf
8	Límites de acuíferos	Shapefile	Acuíferos_Aest_UTM14N.zip
		kml	Acuíferos_Aest_UTM14N.kmz
		Metadato	Acuíferos_Aest_UTM14N.pdf
Tema: Climatología y meteorología			
1	Precipitación [mm] (isoyetas)	Shapefile	Isoyetas_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Isoyetas_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Isoyetas_ZMC_UTM14N.pdf
2	Evaporación [mm] (isolíneas)	Shapefile	Isolineas_Evap_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Isolineas_Evap_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Isolineas_Evap_ZMC_UTM14N.pdf
3	Temperatura promedio [°C] (isotermas)	Shapefile	Isot_sim1_Tprom_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Isot_sim1_Tprom_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Isot_sim1_Tprom_ZMC_UTM14N.pdf
4	Temperatura máxima [°C] (isotermas)	Shapefile	Isot_sim1_Tmax_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Isot_sim1_Tmax_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Isot_sim1_Tmax_ZMC_UTM14N.pdf
5	Temperatura mínima [°C] (isotermas)	Shapefile	Isotermas_Tmin_ZMC_UTM14N.zip
		kml	Isotermas_Tmin_ZMC_UTM14N.kmz
		Metadato	Isotermas_Tmin_ZMC_UTM14N.pdf

**Tabla 2.6 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Agua para la agricultura y sus temas o capas**

Módulo Agua para la agricultura			
Tema: Agricultura de riego DR016			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Puntos de control	Shapelife	Puntos_de_control.zip
		kml	Puntos_de_control.kmz
		Metadato	Puntos_de_control.pdf
	Shapefile	DR016_Parcelamiento.zip	

<b>Módulo Agua para la agricultura</b>			
2	DR016 cultivo desagregado	kml	DR016_parcelamiento.kmz
		Metadato	DR016_Parcelamiento.pdf
3	DR016 cultivo	Shapefile	DR016_Cultivo.zip
		kml	DR016_cultivo.kmz
		Metadato	DR016_cultivo.pdf
4	DR016 límite	Shapefile	DR016_Límite.zip
		kml	DR016_Límite.kmz
		Metadato	DR016_Límite.pdf
5	Estructuras	Shapefile	Estructura.zip
		kml	Estructura.kmz
		Metadato	Estructura.pdf
6	Red de conducción	Shapefile	Red_de_conducción.zip
		kml	Red_de_conducción.kmz
		Metadato	Red_de_conducción.pdf
<b>Tema: Unidad de riego</b>			
1	Unidad de riego	Shapefile	UR.zip
		kml	Unidad_de_riego.kmz
		Metadato	Unidad_de_riego.pdf
<b>Tema: Evolución de cultivos básicos (2013-2020)</b>			
1	Cultivos básicos Primavera-Verano 2020	Shapefile	ESA_PV2020.zip
		kml	ESA_PV2020.kmz
		Metadato	ESA_PV2020.pdf
2	Cultivos básicos Primavera-Verano 2019	Shapefile	ESA_PV2019.zip
		kml	ESA_PV2019.kmz
		Metadato	ESA_PV2019.pdf
3	Cultivos básicos Primavera-Verano 2018	Shapefile	ESA_PV2018.zip
		kml	ESA_PV2018.kmz
		Metadato	ESA_PV2018.pdf
4	Cultivos básicos Primavera-Verano 2017	Shapefile	ESA_PV2017.zip
		kml	ESA_PV2017.kmz
		Metadato	ESA_PV2017.pdf
5	Cultivos básicos Primavera-Verano 2016	Shapefile	ESA_PV2016.zip
		kml	ESA_PV2016.kmz
		Metadato	ESA_PV2016.pdf
6	Cultivos básicos Primavera-Verano 2015	Shapefile	ESA_PV2015.zip
		kml	ESA_PV2015.kmz
		Metadato	ESA_PV2015.pdf
7	Cultivos básicos Primavera-Verano 2014	Shapefile	ESA_PV2014.zip
		kml	ESA_PV2014.kmz
		Metadato	ESA_PV2014.pdf
8	Cultivos básicos Primavera-Verano 2013	Shapefile	ESA_PV2013.zip
		kml	ESA_PV2013.kmz
		Metadato	ESA_PV2013.pdf
9	Cultivos básicos Otoño-Invierno 2017-2018	Shapefile	ESA_OI_20172018.zip
		kml	ESA_OI_20172018.kmz
		Metadato	ESA_OI_20172018.pdf
10	Cultivos básicos Otoño-Invierno 2016-2017	Shapefile	ESA_OI_20162017.zip
		kml	ESA_OI_20162017.kmz
		Metadato	ESA_OI_20162017.pdf
		Shapefile	ESA_OI_20152016.zip

Módulo Agua para la agricultura			
11	Cultivos básicos Otoño-Invierno 2015-2016	kml	ESA_OI_20152016.kmz
		Metadato	ESA_OI_20152016.pdf
12	Cultivos básicos Otoño-Invierno 2014-2015	Shapefile	ESA_OI_20142015.zip
		kml	ESA_OI_20142015.kmz
		Metadato	ESA_OI_20142015.pdf

**Tabla 2.7 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Calidad ambiental y sus temas o capas**

Módulo Calidad ambiental			
Tema: Calidad del agua			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Estaciones de monitoreo de agua superficial	Shapefile	InCA_Sup_2012-2019_AEst_UTM14N.zip
		kml	InCA_Sup_20122019_AEst_UTM14.kmz
		Metadato	InCA_Sup_2012-2019_AEst_UTM14N.pdf
2	Estaciones de monitoreo de agua subterránea	Shapefile	InCA_Sub_2012-2019_AEst_UTM14N.zip
		kml	InCA_Sub_20122019_AEst_UTM14.kmz
		Metadato	InCA_Sub_2012-2019_AEst_UTM14N.pdf
3	Clasificación de la calidad del agua (índice de Canadá)	Shapefile	Indice_CA.zip
		kml	Indice_CA.kmz
		Metadato	Indice_CA.pdf
Tema: Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro			
1	Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro (Ley Fed Der de Agua)	Shapefile	Evolucion_CA2012-2019.zip
		kml	Evolucion_CA2012-2019.kml
		Metadato	Evolucion_CA2012-2019.pdf
Tema: Clima			
1	Clima	Shapefile	Clima.zip
		kml	Clima.kmz
		Metadato	Clima.pdf
Tema: Fisiografía y geología			
1	Curvas de nivel cada 100 m	Shapefile	CN_100m.zip
		kml	CN_100m.kmz
		Metadato	CN_100m.zpdf
2	Curvas de nivel	Shapefile	CN.zip
		kml	Curvas_de_nivel.kmz
		Metadato	Curva_de_nivel.pdf
3	Edafología	Shapefile	Edafologia.zip
		kml	Edafologia.kmz
		Metadato	Edafologia.pdf
4	Geología	Shapefile	Geologia.zip
		kml	Geologia.kmz
		Metadato	Geologia.pdf
		Shapefile	Topoformas.zip

<b>Módulo Calidad ambiental</b>			
5	Topoformas	kml	Topoformas.kmz
		Metadato	Topoformas.pdf
6	Fisiografía	Shapefile	Fisiografía.zip
		kml	Fisiografía.kmz
		Metadato	Fisiografía.pdf
<b>Tema: Uso de suelo y vegetación</b>			
1	Ecosistemas	Shapefile	Ecosistemas.zip
		kml	Ecosistemas.kmz
		Metadato	Ecosistemas.pdf
2	Regiones ecológicas	Shapefile	Regiones_ecologicas.zip
		kml	Regiones_ecologicas.kmz
		Metadato	Regiones_ecologicas.pdf
3	Áreas naturales protegidas	Shapefile	ANP´s.zip
		kml	ANP´s.kmz
		Metadato	ANP´s.pdf
4	Uso de suelo y vegetación 2016	Shapefile	USV2016.zip
		kml	Uso_de_suelo_y_vegetación_2016.kmz
		Metadato	Uso_de_suelo_y_vegetación_2016.pdf
5	Uso de suelo y vegetación 2013	Shapefile	USV2013.zip
		kml	Uso_de_suelo_y_vegetación_2013.kmz
		Metadato	Uso_de_suelo_y_vegetación_2013.pdf
6	Uso de suelo y vegetación 2009	Shapefile	USV2009.zip
		kml	Uso_de_suelo_y_vegetación_2009.kmz
		Metadato	Uso_de_suelo_y_vegetación_2009.pdf
7	Uso de suelo y vegetación 2005	Shapefile	USV_2005.zip
		kml	Uso_de_suelo_y_vegetación_2005.kmz
		Metadato	Uso_de_suelo_y_vegetación_2005.pdf
8	Uso de suelo y vegetación 2003	Shapefile	USV_2003.zip
		kml	Uso_de_suelo_y_vegetación_2003.kmz
		Metadato	Uso_de_suelo_y_vegetación_2003.pdf
9	Uso de suelo y vegetación 1992	Shapefile	USV1992.zip
		kml	Uso_de_suelo_y_vegetación_1992.kmz
		Metadato	Uso_de_suelo_y_vegetación_1992.pdf

**Tabla 2.8 Listado de nombres de archivos de descarga del Módulo Caracterización social y sus temas o capas**

<b>Módulo Caracterización social</b>			
<b>Tema: Caracterización social por municipio</b>			
No	Nombre	Tipo	Archivo de descarga
1	Población, vivienda, servicios de agua y drenaje por municipio 2020	Shapefile	ITER2020_ZMC.zip
		kml	ITER2020Mpal_ZMC.kmz
		Metadato	ITER2020Mpal_ZMC.pdf
2	Población, vivienda, servicios de agua y drenaje por municipio 2010 y 2015	Shapefile	MorCS2010y2015_zmc.zip
		kml	MorCS2010y2015_zmc.kmz
		Metadato	MorCS2010y2015_zmc.pdf

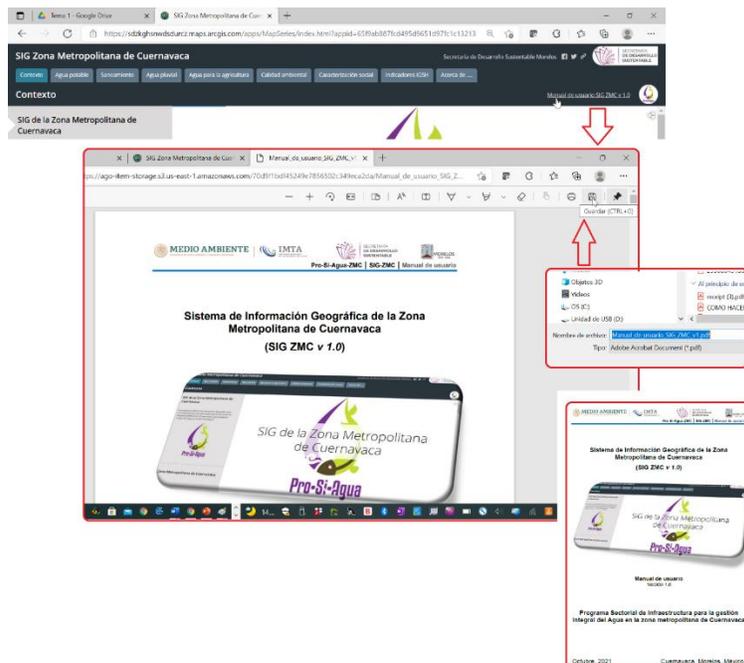
Módulo Caracterización social			
Tema: Caracterización social por AGEB urbana			
1	Población, vivienda, servicios de agua y drenaje (polígonos)	Shapefile	AGEBurbana_ITER2020ZMC.zip
		kml	AGEBurbana_ITER2020ZMC.kmz
		Metadato	AGEBurbana_ITER2020ZMC_polígonos.pdf
2	Población, vivienda, servicios de agua y drenaje (puntos/centroides)	Shapefile	AGEBurbana_ITER2020ZMC_Centroides.zip
		kml	AGEBurbana_ITER2020ZMC_Centroides.kmz
		Metadato	AGEBurbana_ITER2020ZMC_puntos.pdf

## 2.6 Elaboración de manual de usuario y manual técnico.

### 2.6.1 Manual de usuario

Se elaboró el manual de usuario del SIG ZMC v 1.0 donde se describe tanto el banco de datos consultable, la interfaz y funcionalidad del sistema, y se dejó descargable de manera gratuita desde un vínculo en el SIG. En la Figura 2.167 se observa la liga para su descarga, el despliegue automático en una ventana del explorador de internet, la posibilidad de la descarga del archivo desde el navegador, la ventana que permite el almacenamiento del archivo del manual (Archivo: *Manual\_de\_usuario\_SIG\_ZMC\_v1.pdf*), y la pantalla de presentación del mismo. El Anexo B del presente informe contiene el manual de usuario del SIG ZMC v 1.0, tanto en su versión editable (formato Word), como en formato pdf publicado en el sitio web.

Figura 2.167 Ejemplo de publicación en línea del manual del usuario, su lectura en explorador de internet y su descarga.

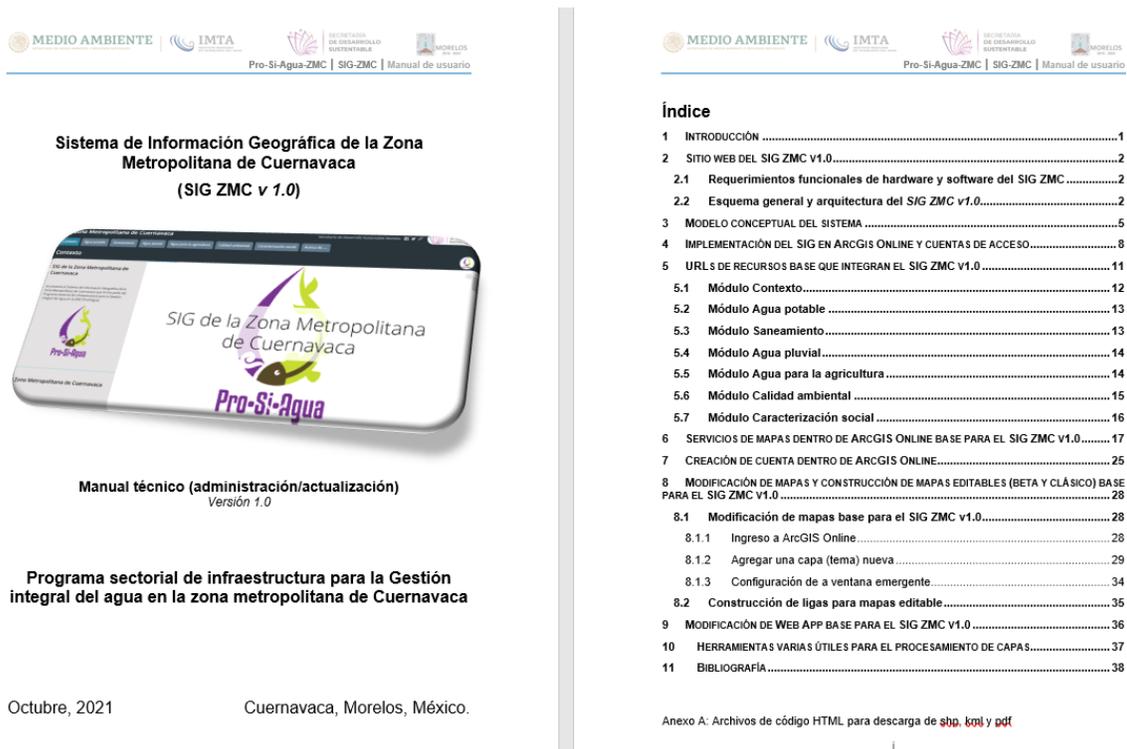


Fuente: Elaboración propia.

## 2.6.2 Manual técnico (administración/actualización)

Se desarrolló el manual técnico (para administración y/o actualización) del *SIG ZMC v1.0* el cual incluye la descripción de como ingresar a cada una de las cuentas de ArcGIS Online que integran los servicios de mapas del sistema, la construcción de los mapas que se agrupan en cada uno de los siete módulos, el código HTML fuente para la programación de las tablas de descargas de los archivos shapes, kml y pdf, el listado de servicios de mapas base para el desarrollo del SIG, la manera de modificar los mapas existentes así como la creación de nuevos mapas, y, el procedimiento para crear nueva cuenta de usuario en la plataforma ArcGIS Online. Como dato adicional se presentan algunas herramientas varias útiles para el procesamiento de capas (shapes) para dejarlas configuradas de manera adecuada para su integración a servicios de mapas dentro de ArcGIS Online y que puedan nutrir cualquiera de los módulos existentes en el *SIG ZMC v 1.0*. En la Figura 2.168 se presenta un ejemplo de la portada del manual técnico, mismo que forma parte de un anexo del presente informe.

Figura 2.168 Ejemplo del manual técnico del *SIG ZMC v 1.0*.



Fuente: Elaboración propia.

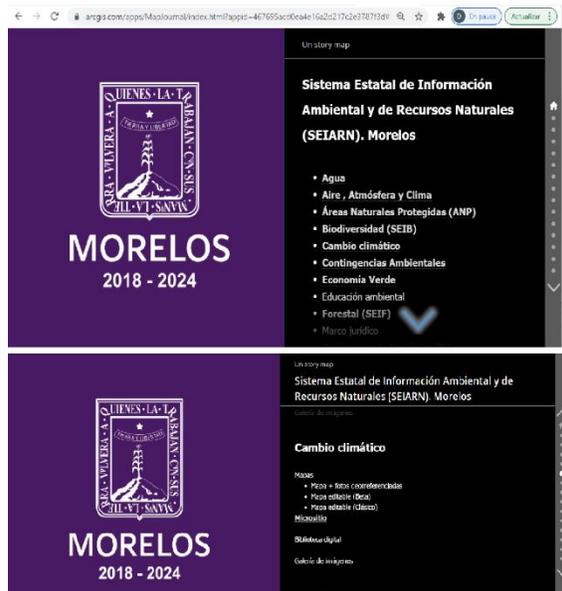
El Anexo C del presente informe contiene el manual técnico del *SIG ZMC v 1.0*, tanto en su versión editable (formato Word), como en formato pdf. En el Anexo D se encuentra el Código HTML fuente para creación de tabla de descargas del *SIG ZMC v1.0*, que, aunque forma parte del manual técnico, se agrega al informe final para su posible consulta sin necesidad de conocer la administración de todo el sistema.

Adicionalmente, el informe técnico (administración/actualización) incluye, por compatibilidad con el Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales

(SEIARN). Morelos, la habilitación de las opciones: Mapa editable Beta y Mapa editable Clásico (Figura 2.169). También describe, para el administrador del sistema, la manera en que se deben construir las URLs de cada una de dichas opciones.

El SEIARN es consultable desde la dirección web siguiente: <https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=467695acd0ea4e16a2d217c2e3787f3d#>.

Figura 2.169 Opciones Mapa editable Beta y Mapa editable clásico existente tanto en el SEIARN como en el SIG ZMC v 1.0.



The screenshot shows the SEIARN website interface. On the left is a purple banner with the state coat of arms and the text 'MORELOS 2018 - 2024'. On the right is a dark sidebar menu with the title 'Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEIARN). Morelos'. The menu items include: Agua, Aire, Atmósfera y Clima, Áreas Naturales Protegidas (ANP), Biodiversidad (SEIB), Cambio climático, Contingencias Ambientales, Economía Verde, Educación ambiental, Forestal (SEIF), and Marco Jurídico. A blue checkmark is next to 'Marco Jurídico'. Below this, there is a section for 'Cambio climático' with sub-items: 'Picos - Sitio coordinador', 'Pico de Iztaccíbar', and 'Pico de Popocatepetl'. The browser address bar shows the URL: <https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=467695acd0ea4e16a2d217c2e3787f3d#>.

**Mapa editable (Beta)**  
Mapa editable (Clásico)

**Mapa editable (Beta):** Reconstruir la liga de la siguiente manera:

Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro

URL Original (tomada del mapa)  
<https://sinpvpaq3icopic.maps.arcgis.com/home/item.html?id=9ff698ecf92f4e52b3e00a44d85cc893>

Conservar      Sustituir      Conservar

<https://sinpvpaq3icopic.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=9ff698ecf92f4e52b3e00a44d85cc893>  
Calidad ambiental: Comportamiento de la CA en el Apatlaco (Beta)

**Mapa editable (Clásico):** Reconstruir la liga de la siguiente manera:

Comportamiento de la calidad del agua superficial por parámetro

URL Original (tomada del mapa)  
<https://sinpvpaq3icopic.maps.arcgis.com/home/item.html?id=9ff698ecf92f4e52b3e00a44d85cc893>

Sustituir      Conservar

<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=9ff698ecf92f4e52b3e00a44d85cc893>  
A este path agregar el ID del mapa (o identificador de servicio de mapa)  
Calidad ambiental: Comportamiento de la CA en el Apatlaco (Clásico)

Fuente: Elaboración propia.

### 3 TRANSFERENCIA DEL SIG ZMC v1.0

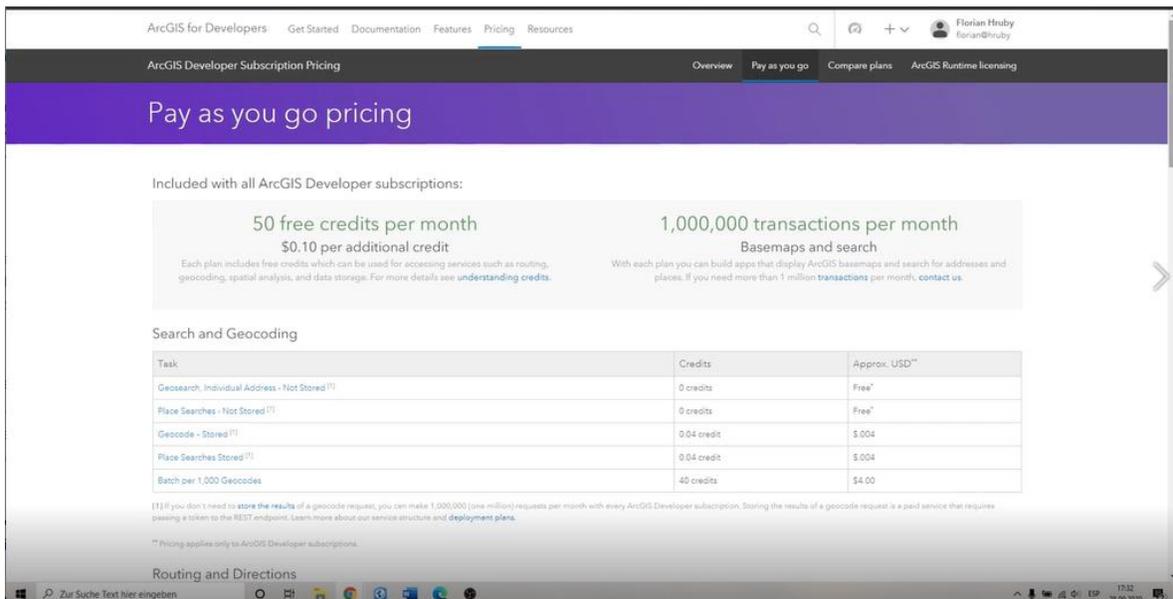
El sistema fue desarrollado e implementado a través de la plataforma ArcGIS Online, usando cuentas de desarrollador para tener acceso a la mayoría de las herramientas que posee la plataforma y empleando el sistema de créditos que otorga 50 créditos gratuitos cada mes a los desarrolladores (Figura 3.1).

Para hacer uso de ArcGIS Online se requiere que un programador cree una cuenta en la plataforma y ya con este registro, entre a su cuenta para hacer uso de todos los servicios y herramientas que ArcGIS Online pone a disposición del programador.

Entre los procesos que consumen créditos en ArcGIS Online se encuentra el almacenamiento de capas (features), de imágenes, el proceso de tracking, el proceso de ruteo, la geocodificación, el uso de herramientas de análisis espacial, etc.. No consumen créditos la visualización de mapas, ni la consulta de la información de atributos de sus capas, que son los procesos implementados en el *SIG ZMC v1.0*, ver Anexo C, Manual técnico (administración), para mayor detalle.

Aunque la visualización de un mapa no consume créditos, el almacenamiento de las capas que integren ese mapa si consume créditos, por lo que mientras más capas se tengan almacenadas en una cuenta más créditos se consumirán. La Figura 3.2 muestra que por cada 10 MB de información vectorial (en capas) almacenada se consumen 2.4 créditos al mes. Entonces se tiene que tener cuidado en el tamaño de la información que se sube, así como en el número de capas que se tengan almacenadas y que éstas sean exclusivamente para generar los mapas que se desean generar para mostrar en el *SIG ZMC v1.0*.

Figura 3.1 Precios para desarrolladores en ArcGIS Online, estableciendo 50 créditos gratis.



The screenshot displays the ArcGIS Developer Subscription Pricing page. The main heading is 'Pay as you go pricing'. Below this, it states 'Included with all ArcGIS Developer subscriptions: 50 free credits per month (\$0.10 per additional credit)'. Another box highlights '1,000,000 transactions per month Basemaps and search'. A table titled 'Search and Geocoding' provides the following data:

Task	Credits	Approx. USD**
Geosearch - Individual Address - Not Stored [1]	0 credits	Free*
Place Searches - Not Stored [1]	0 credits	Free*
Geocode - Stored [1]	0.04 credit	\$ 0.04
Place Searches Stored [1]	0.04 credit	\$ 0.04
Batch per 1,000 Geocodes	40 credits	\$4.00

Footnote: [1] If you don't need to store the results of a geocode request, you can make 1,000,000 (one million) requests per month with every ArcGIS Developer subscription. Storing the results of a geocode request is a paid service that requires passing a token to the REST endpoint. Learn more about our service structure and deployment plans.

\*\* Pricing applies only to ArcGIS Developer subscriptions.

Fuente: Elaboración propia con base en AOL, 2021.

Un aspecto que hay que considerar es que la respuesta en la visualización depende del tamaño del archivo o capa a visualizar, archivos con demasiados puntos o vértices en la digitalización de sus líneas o polígonos consumen mucho tiempo en transferirse y por ende en visualizarse. Cuando un archivo de una capa es muy grande conviene hacerle un proceso de simplificación para reducir el número de vértices lo que a su vez reduce el tamaño y hace que la respuesta de visualización sea la adecuada. Aquí conviene tener varias capas de simplificación y que la capa que se muestre dependa de la escala del mapa en ese momento, sin embargo, esto hace que se incremente el consumo de espacio en ArcGIS Online. Además, la capa de descarga debe ser siempre la de mayor precisión.

Figura 3.2 Consumo de créditos mensuales por almacenaje de capas en ArcGIS Online.

Back to Top

### Credits by capability

Use the table below to estimate how many credits you will need to perform specific transactions or store data:

Capability	Example of where used	Credits used
Feature storage, excluding feature attachments, feature collections, and features associated with location tracking	Store a hosted feature layer	2.4 credits per 10 MB stored per month, calculated hourly  Note: Feature layer settings, such as Enable Sync and Keep track of created and updated features, can increase storage size over time.
Imagery storage	Store a hosted imagery layer	1.2 credits per 1 GB stored per month, calculated hourly  Note: Credits are computed based on the size of image files stored.

Fuente: Elaboración propia con base en AOL, 2021.

Para evitar saturar una cuenta con toda la información que posee el *SIG ZMC v1.0* y no rebasar en los 50 créditos libres por mes, se crearon cuatro cuentas en la plataforma de manera que el almacenamiento se distribuyera y en lugar de tener 50 créditos libres se tuvieron 200 créditos por mes.

Las cuentas en ArcGIS Online se abrieron a partir de un correo electrónico, entonces, para crear las cuatro cuentas se abrieron a su vez 4 correos electrónicos libres en la plataforma Hotmail.

Una última cuenta se abrió en ArcGIS Online para contener el aplicativo que integra todo el sistema y llama a los servicios de mapas que se crearon en las otras cuentas. La Figura 3.3 Figura 3.3 presenta los correos creados, las cuentas de ArcGIS aperturadas y la información nivel de eje contenida en cada cuenta.

La transferencia del *SIG ZMC v1.0* a la Secretaría de Desarrollo Sustentable, se hará entregando contraseñas tanto de los correos electrónicos gratuitos como de las cuentas

dentro de ArcGIS Online gratuitas a la persona acreditada por la Secretaría que la Secretaría designe, quien se le solicitará cambie las contraseñas a todo el grupo de cuentas, una vez cambadas las contraseñas e informado el personal del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Secretaría tendrá el control absoluto del *SIG ZMC v1.0*, tanto para su uso como para su mantenimiento.

Figura 3.3 Cuentas de correo electrónico y de ArcGIS Online gratuitas, creadas para desarrollar y publicar el *SIG ZMC v1.0*.

Correo creado	Cuenta de ArcGIS Online	Contiene
SDSMorMex@hotmail.com	SDSMorMex	<b>Integra todos los servicios de mapa, shp, kml, etc.</b>
sig_zmc@hotmail.com	sig_zmc	Contexto, Saneamiento y Agua Pluvial
AASIG_2021@hotmail.com	AASIG_CUERNAVACA	Agua para la agricultura y Calidad Ambiental
zmc_sustentable@hotmail.com	zmc_SDS	Agua Potable
zmc_caracteriza@hotmail.com	zmc_Caract	Caracterización

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, a finales del mes de noviembre se impartirá el curso-taller denominado: **Transferencia y administración del SIG ZMC y publicación de mapas en AOL básico.**, cuyo objetivo es que los participantes conozcan a detalle el uso del SIG ZMC, aprendan a dar mantenimiento a sus componentes y manejen las bases del ArcGIS Online básico. Está dirigido a personal que labora en la Secretaría de Desarrollo Sustentable Morelos (SDS) que tendrá, dentro de sus funciones, la administración y mantenimiento del *SIG ZMC v1.0*, y personal de la SDS con funciones relacionadas al tema del curso y requieran tener un conocimiento avanzado de su funcionalidad.

Los requisitos de conocimientos de los participantes son los siguientes:

- Estar familiarizado con el uso de sistemas en la Web
- Es importante que el participante use los sistemas de información geográfica.
- Es recomendable que cuente con conocimientos de hidrología, aunque no es indispensable.
- Es recomendable que los administradores del sistema tengan conocimientos de HTML básicos

En el Anexo F del presente documento (Denominado *ANEXO F Programa del curso de transferencia del SIG y capacitación en AOL*), se encuentra el programa propuesto y desglosado por temas.

## 4 CONCLUSIONES

El SIG ZMC v1.0 es un sistema desarrollado con enfoque de gestión integrada de agua y manejo de cuencas pues posee cinco módulos específicos de gestión del agua y la información hidrológica asociada a la subcuenca del Río Apatlaco.

Además de los cinco módulos específicos de gestión, el SIG ZMC cuenta con un módulo de contexto, un módulo de caracterización social y un módulo de seguimiento de indicadores de seguridad hídrica. Este último módulo a través del índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH) permitirá monitorear el cambio en la seguridad hídrica.

El SIG ZMC está integrado entonces por 8 módulos de información que a su vez se subdividen en 23 submódulos (21 submódulos de información a través de mapas y 2 módulos de tableros informativos), estos submódulos manejan 103 capas diferentes de información. Esto lo hace un SIG muy robusto en cuanto a contenido.

Aunque el SIG ZMC posee algunas capas con información cercanas a los diez años o mayor, el 85% de esta no rebasa los 3 años, esto lo hace un SIG actual que en la medida que se mantenga actualizado será una plataforma de seguimiento y monitoreo a las acciones del Pro-Si-Agua.

Toda la información que integra al SIG ZMC proviene de fuentes oficiales, por lo que es información confiable. La fuente es reportada en el metadato de las capas.

El SIG ZMC fue desarrollado en la nube a través de la plataforma ArcGIS Online, lo que le garantiza respuestas aceptables en el despliegue de información, ambientes e interfaces amigables y sobre todo accesibilidad vía internet en los principales navegadores y plataformas de cómputo como son computadoras de escritorio, laptops, tabletas y teléfonos inteligentes.

Toda la información del SIG ZMC es descargable a través de los formatos de los formatos de transferencia más aceptados actualmente como son los archivos shapefile y los archivos Kml/Kmz. Además, todas las capas poseen su metadato que también es descargable.

El SIG ZMC cuenta con tres tipos de visores actualmente, uno básico de consulta y visualización de la información principalmente, otro para comparación y evaluación y seguimiento del cambio y un último de portafolio que permite visualizar imágenes para ver comportamientos de procesos, sin embargo, a través de ArcGIS Online se le pueden incorporar nuevos visores dependiendo de la necesidad de análisis.

Aunque se tiene ya un conjunto de mapas temáticos dentro del SIG ZMC éstos siempre podrán ajustarse dependiendo de las necesidades de resaltar una información. Inclusive se podrán diseñar nuevos mapas o algún otro tipo de tableros e incorporarse al sistema. Esto es, el SIG ZMC es un sistema dinámico cuyos mapas e información siempre podrá ser actualizado por el administrador del sistema.

## 5 REFERENCIAS Y/O FUENTES DE INFORMACIÓN

- ArcGIS Online (AOL), 2021. Plataforma ArcGIS Online. Consultado en octubre de 2021 en sitio: <https://www.arcgis.com/index.html>
- CDI, 2015. Indicadores sociodemográficos y económicos sobre la población indígena desagregada por municipio, 2015. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (CDI). <https://www.gob.mx/inpi/articulos/indicadores-socioeconomicos-de-los-pueblos-ndigenas-de-mexico-2015-116128>; <http://www.cdi.gob.mx/gobmx-2017/indicadores/12-cdi-base-indicadores-2015.xlsx>
- CLICOM. 2020. CLlimate COMputing Project. Datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas.
- CONAGUA, 2005-2019. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Consultado en sitio web: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=plantasTratamiento&ver=mapa>
- CONAGUA. 2012-2019a. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Consultado en sitio web: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/calidadAguaSup.php>
- CONAGUA. 2012-2019b. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Consultado en sitio web: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/calidadAguaSub.php>
- CONAGUA. 2012-2019c. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Consultado en sitio web: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>
- CONAGUA. 2015. Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional del Agua, Cobertura universal, Consultado en agosto de 2021. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=coberturaUniversal&ver=mapa>
- CONAGUA, 2016 y 2020. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Consultado desde sitio web: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas>
- CONAGUA, 2018 y 2020. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Consultado desde sitio web: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos>
- CONAGUA. 2019da. Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional del Agua, Agua potable, Concesiones de agua subterránea, Consultado en agosto de 2021. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>

- CONAGUA. 2019b. Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional del Agua, Agua potable, Concesiones de agua superficial, Consultado en julio de 2021.  
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>
- CONAGUA. 2019c. Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional del Agua, Agua potable, Plantas potabilizadoras, Consultado en julio de 2021.  
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=plantasPotabilizadoras&ver=mapa>
- CONAGUA. 2019d. Comisión Nacional del Agua, Registro Público de Derechos de Agua.
- CONAGUA. 2020a. Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional del Agua, Acuíferos, Consultado en agosto de 2021.  
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos>
- CONAGUA. 2020b. Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional del Agua, Agua y salud, Eficiencia de cloración por municipio, Consultado en agosto de 2021.  
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=aguaSalud&ver=mapa&o=0&n=nacional>
- CONAGUA, 2020c. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Módulo GeoSINA. Opción capas, sistema ambiental, subsistema acuático, estaciones hidrométricas operando 2020. Consultado desde sitio web: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/geosinav2.html#&ui-state=dialog>
- CONAGUA, 2021a. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Puntos de descargas que tienen permiso y están registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Consultado en: <https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx>
- CONAGUA, 2021b. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Seguridad de presas. Consultado en: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sistema-de-seguridad-de-presas>
- CONAGUA- CCME, 2012-2019. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Consultado en: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) -Canadian Water Quality Index (CWQI). Consultado en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/calidadAguaSup.php>
- CONAGUA-DR016, 2010-2011. Jefatura de Distrito de Riego, DR016. Dirección de Infraestructura Hidroagrícola del Organismo Cuenca Balsas de la Comisión Nacional del Agua (Conagua).
- CONAGUA-IMTA, 2016. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua a través del Sistema de Información Geográfica del Extractor Rápido de Información Climatológica, SIG ERIC versión 1.0. Consultado en: [http://hidrosuperf.imta.mx/sig\\_eric/](http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/)

CONAGUA. s.f. Comisión Nacional del Agua (s.f.). Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos. Consultada en agosto 2021.

[https://presas.conagua.gob.mx/inventario/hnombre\\_presa.aspx](https://presas.conagua.gob.mx/inventario/hnombre_presa.aspx)

CONAGUA-SMN, 2021a. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Ubicación de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) y las estaciones sinópticas meteorológicas (ESMAs o ESIME) en el año 2021. Consultada en desde el sitio web:

<https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>

CONAGUA-SMN, 2021b. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Ubicación de las estaciones climatológicas convencionales del año 2021. Consultada desde el sitio web:

<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

CONABIO. 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2020. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Consultado en abril de 2021 en sitio: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

CONANP. 2021. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2021. Consultado en septiembre de 2021 en sitio: [http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info\\_shape.htm](http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_shape.htm)

CONAPO. 2010. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices\\_de\\_Marginacion\\_2010\\_por\\_entidad\\_federativa\\_y\\_municipio](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio)

CONAPO. 2020. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020. Fecha de publicación 03 de mayo de 2021. Consultado en mayo 2021 en sitio: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2020>.

EGIREM, 2021. Decreto por el que se expide el programa de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial del Estado de Morelos (2010). Estrategia para la Gestión Integral de los Residuos del Estado de Morelos (EGIREM, 2017)

ESRI, 2021a. Qué es un shapefile. Consultado en octubre de 2021 en sitio: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>

ESRI, 2021b. Qué es un KML. Consultado en octubre de 2021 en sitio: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/kml/what-is-kml-.htm>

- INEGI. 1992. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1992. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie I (Conjunto nacional) Consultado en abril de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/#Descargas>
- INEGI. 2001a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Mapas). Continuo de Elevaciones Mexicanos (CEM). Consultado en abril de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI. 2001b. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas. Consultado en mayo de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/#Descargas>
- INEGI. 2001c. Conjunto de datos vectoriales. Geología, escala 1: 250 mil. Consultado en mayo de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/temas/geologia/#Descargas>
- INEGI. 2008. Conjunto de datos vectoriales. Clima. Consultado en abril de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Descargas>
- INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER). <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/default.html#Microdatos>
- INEGI, 2010 y 2020a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Poligonal de la subcuenca del Río Apatlaco a partir de la red hidrográfica Edición 2.0 generada en 2010 a partir de la cartografía 1:50,000 para el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL. Versión actual del SIATL 4.0 publicada en 2020. Consultada en febrero-mayo de 2021, desde el sitio web: [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/?s=geo&c=1693&e=04](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/?s=geo&c=1693&e=04)
- INEGI 2010 y 2020b. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Red hidrográfica Edición 2.0 generada en 2010 a partir de la cartografía 1:50,000 para el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL. Versión actual del SIATL 4.0 publicada en 2020 Consultada en febrero-mayo de 2021, desde el sitio web: [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/?s=geo&c=1693&e=04](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/?s=geo&c=1693&e=04)
- INEGI. 2013. escala 1:250 000, Uso del suelo y vegetación, escala serie V (Conjunto nacional). Consultado en septiembre de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/#Descargas>
- INEGI. 2014. Conjunto de datos vectoriales Edafología serie II, escala 1: 250 mil. Consultado en septiembre de 2021 en sitio: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Descargas>

- INEGI. 2015a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Subdirección de Atención a Usuarios, Agua potable, manantiales, consultado en julio 2021.  
<https://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. 2015b. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Subdirección de Atención a Usuarios, Agua Potable, Acueductos, consultado en agosto 2021.  
<https://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. 2015c. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Subdirección de Atención a Usuarios, Agua Potable, Cuerpos de agua, Consultado en agosto 2021.  
<https://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. 2015d. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Subdirección de Atención a Usuarios, Agua Potable, Estanques, Consultado en agosto 2021.  
<https://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. 2016. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie VI (Conjunto nacional) Consultado en septiembre de 2021 en sitio:  
<https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/#Descargas>
- INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultados por localidad (ITER). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Consultado en abril 2021 en sitio:  
[https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos)
- INEGI, 2020-CEAGUA, 2010- EGIREM, 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultados por localidad (ITER). [https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos).  
Comisión Estatal del Agua del Estado de Morelos (CEAGUA). Decreto por el que se expide el programa de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial del Estado de Morelos (CEAGUA, 2010). Consultado en:  
[http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/decretos\\_ejecutivo/pdf/Dec-ProgramaResid-Solidos.pdf](http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/decretos_ejecutivo/pdf/Dec-ProgramaResid-Solidos.pdf). Secretaría de Desarrollo Sustentable. Estrategia para la Gestión Integral de los Residuos del Estado de Morelos (EGIREM, 2017). Consultado en:  
<http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/varios/pdf/VERESIDUOSMO.pdf>.  
Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2020
- Jefatura del Distrito de Riego DR016. (2011). Patrón de cultivos del Distrito de Riego 016 “Estado de Morelos”. CONAGUA
- SCT-IMT, 2012-2020. Instituto Mexicano del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones (SCT-IMT). Datos vectoriales (polilíneas) de la red de caminos y carreteras, terrestres. Consultada en febrero-mayo de 2021, desde el sitio web  
<https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2021. Cultivos básicos del estado de Morelos.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable - Comisión Estatal de Biodiversidad Morelos (SDS - COESBIO). 2021. Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales.
- SEPOMEX, 2012-2020. Servicio Postal Mexicano (SEPOMEX). Polígonos que delimitan las áreas que cubren los códigos postales del país por Correos de México y el Servicio Postal Mexicano. Consultada en febrero-mayo de 2021, desde el sitio web: [https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-geografica-de-los-codigos-postales-asentamientos-humanos-y-colonias-de-cada-estado/resource/843d8d19-6d43-40a6-bfaf-0812ec37e0c6?inner\\_span=True](https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-geografica-de-los-codigos-postales-asentamientos-humanos-y-colonias-de-cada-estado/resource/843d8d19-6d43-40a6-bfaf-0812ec37e0c6?inner_span=True)
- SDS. 2000-2011. Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del estado de Morelos. Consultado en: <https://sustentable.morelos.gob.mx/p-territorial/pmdu-sustentable>
- SDS, 2021a. Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del estado de Morelos, Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEIARN). Ubicación espacial del relleno sanitario de Cuautla con información de su capacidad y estado. Consultada en febrero-mayo de 2021, desde el sitio web: [http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadatos/morelos/residuos/residuos\\_solidos.htm](http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadatos/morelos/residuos/residuos_solidos.htm)
- SDS, 2021b. Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del estado de Morelos, Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEIARN). [http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadatos/morelos/residuos/residuos\\_solidos.htm](http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadatos/morelos/residuos/residuos_solidos.htm); Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS) del Estado de Morelos <https://sustentable.morelos.gob.mx/rs/autorizaciones-centros-acopio>
- TEIC, 2015. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015 (TEIC). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Consultada desde el sitio web: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados>

## 6 ANEXOS

Anexo A: Banco de datos con metadatos.

Anexo digital

Anexo B: Manual de usuario del *SIG ZMC v1.0*

Anexo digital

Anexo C: Manual técnico (administración/actualización) del *SIG ZMC v1.0*

Anexo digital

Anexo D: Código HTML fuente para creación de tabla de descargas del *SIG ZMC v1.0*

Anexo digital

Anexo E: Logotipos usados en el *SIG ZMC v1.0*

Anexo digital

Anexo F: Programa del curso de transferencia del *SIG ZMC v1.0* y capacitación en AOL

Anexo digital