



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SUS IMPLICACIONES EN LA
CONSTRUCCIÓN DE LA SEGURIDAD HÍDRICA EN EL ESTADO DE MÉXICO**

Tesis

**Que para obtener el Título de
Licenciado en Geografía**

Presenta

Luis Ángel Abarca Barrera

Asesor: Dr. Gonzalo Hatch Kuri



Ciudad Universitaria, CD.MX., Abril, 2023.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
Capítulo 1. Aproximaciones teórico-metodológicas	11
1.1 Espacio y Territorio ¿sinónimos?	12
1.2 La tradición de pensamiento Sociedad-Naturaleza.....	16
1.3 El agua en la geografía.....	20
1.4 Gestión y límites geográficos como factores de conflicto en el agua subterránea.....	30
1.5 La construcción de la seguridad hídrica.....	38
Capítulo 2. Conceptos, límites y control territorial del agua subterránea	43
2.1 Distribución natural del agua en el mundo	44
2.1.1 El agua subterránea a nivel global	47
2.1.2 El agua subterránea en México.....	51
2.1.3 Los acuíferos administrativos mexicanos	60
2.2 Los acuíferos y el agua subterránea en el Estado de México: límites confusos	64
2.3 Control territorial y otros límites heurísticos para comprender el agua subterránea.....	68
2.3.1 La producción del agua subterránea en el EDOMEX: conflictos institucionales.....	74
2.3.2 Gestión del agua subterránea, gestión de conflictos.....	81
Capítulo 3. Seguridad hídrica y gestión del agua subterránea en el Estado de México	85
3.1 El agua subterránea ¿visible o no visible?	86
3.2 Población del Estado de México.....	90
3.3 Problemas en la organización político-administrativa del agua subterránea en el Estado de México.....	96
3.3.1 Disponibilidad de agua subterránea en y para el Estado de México.....	105
3.3.2 La distribución del agua subterránea en el Estado de México	116
3.4 La efectividad de las vedas y la incipiente participación de los usuarios en la conservación del agua subterránea.....	124
3.5 Un caso empírico de análisis: visita de campo a San Francisco Soyaniquilpan, Estado de México.....	132
3.6 Presentación de esquema “Gestión de las aguas subterráneas bajo el concepto de seguridad hídrica en el Estado de México”.....	136

CONCLUSIONES	142
BIBLIOGRAFÍA	146

Listado de Figuras

Figura 1. El diagrama del Ciclo Hidrológico presentado por Robert E. Horton en 1931.	23
Figura 2. Los sistemas gravitacionales de flujo de agua subterránea.	26
Figura 3. Diagrama de los flujos del agua moderna.	29
Figura 4. Esquema de la gestión del agua subterránea: de la equidad a la competencia (Robins y Fergusson, 2014).	34
Figura 5. Cuencas hidrológicas de acuerdo con CONAGUA.	54
Figura 6. Distribución de las Regiones Hidrológico-Administrativas en México, según CONAGUA.	54
Figura 7. Acuíferos administrativos en México e inversión extranjera (2016).	56
Figura 8. Distribución del nivel de precipitación en el país (1981-2010).	59
Figura 9. Zonas vedadas en la entidad mexiquense entre 1948-2018.	66
Figura 10. Actuales acuíferos administrativos del Estado de México y zonas de veda mediante decreto 1948-2018.	67
Figura 11. Alcance geográfico de la Región Hidropolitana.	74
Figura 12. Zona de Veda mediante decreto de 11 de agosto de 1954 y actuales acuíferos administrativos.	77
Figura 13. Mapa de la densidad de población en el Estado de México (2020).	92
Figura 14. Regiones hidrológico-administrativas en México, según CONAGUA.	97
Figura 15. RHA coincidentes en territorio del Estado de México.	98
Figura 16. Distribución espacial de los acuíferos administrativos en el Estado de México 2022.	100
Figura 17. Disponibilidad de acuíferos en el país.	108
Figura 18. Situación de la disponibilidad en el Estado de México.	110
Figura 19. DMA por Acuífero en el Estado de México.	114
Figura 20. Localización de aprovechamientos en el Estado de México.	117
Figura 21. Red de agua potable del Sistema Lerma.	122
Figura 22. Canales de suministro del Sistema Lerma con pozos identificados.	123
Figura 23. Ordenamientos legales en México.	125
Figura 24. Ordenamientos legales en el Estado de México.	126

Listado de Tablas

Tabla 1. Tipificación de los instrumentos de gestión y de política pública para el agua subterránea, según Theesfeld (2010).	36
Tabla 2. Distribución de volúmenes de agua en el ciclo hidrológico (2016).	49
Tabla 3. Niveles de agotamiento del agua subterránea en el mundo en Km³ (1960-2000 y 2000-2009).	50
Tabla 4. Número de decretos de agua subterránea emitidos por los expresidentes de México entre 1948-2018.	62
Tabla 5. Decretos de Veda en la entidad mexiquense entre 1948 – 2018.	65
Tabla 6. Decretos de Veda presidenciales en conflictos a inicios del S. XX.	75
Tabla 7. Porcentaje de sobreexplotación del agua subterránea en los acuíferos compartidos de la ZMVM.	80
Tabla 8. Población por municipio mexiquense en la región Tierra Caliente.	95
Tabla 9. Unidades de Gestión de Derechos de Agua en el Estado de México.	101
Tabla 10. Acuíferos administrativos interestatales.	102
Tabla 11. Disponibilidad media anual por acuífero del Estado de México.	111
Tabla 12. Disponibilidad media anual en los acuíferos interestatales del Estado de México.	115
Tabla 13. Volumen de extracción por tipo de aprovechamiento en Hm³/año.	119

Listado de Gráficas

Gráfico 1. Tipificación de los límites geográficos que inciden en la gestión y política pública del agua, según Theesfeld (2010).	37
Gráfico 2. Distribución del agua en el orbe	45
Gráfico 3. Distribución global del agua dulce continental	45
Gráfico 4. Volumen de extracción concesionado en el Estado de México por tipo de fuente.	106
Gráfico 5. Volumen concesionado en el Estado de México por usos consuntivos.	107
Gráfico 6. Volumen de concesión por tipo de aprovechamiento.	118

Listado de Imágenes

Imagen 1. Reunión de Análisis “San Francisco Soyaniquilpan”	133
Imagen 2. Evaluación química en el manantial “Ojo de Agua”	133
Imagen 3. Extracción en manantial “El Capulín”	135

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento al Doctor Gonzalo Hatch por su apoyo, por las enseñanzas, la entrega y la enorme paciencia que tuvo conmigo y con este trabajo así como al sínodo de profesores por compartir sus opiniones para el enriquecimiento del proyecto. Gracias también a Fernando, a Vanessa, amigos incondicionales que me regaló la universidad y que de mil formas me sostuvieron cuando veíamos lejos el final del camino. A Jovanna, nunca dejaré de agradecerte por estar conmigo en los momentos más difíciles de esta etapa.

Un agradecimiento importante a mi familia, mis tíos, mis primos y en especial a mi abuelita, no terminaría nunca de agradecer todo el amor y cariño que me has brindado estos años.

Por último, quiero dedicar esta tesis y el tiempo invertido en ella a mi hermano, y a mis padres, Leopoldo y Florely, el logro profesional y personal de concluir mi trabajo es en realidad un logro de ustedes, siempre será de ustedes, GRACIAS por tenerme paciencia y confianza, por su amor incondicional, su apoyo, las fuerzas y el coraje para que yo pueda salir adelante, por siempre MUCHAS GRACIAS.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, a consecuencia de las graves problemáticas relacionadas con las configuraciones socio-territoriales y ambientales, disciplinas como la Geografía y otras ciencias afines aportan un marco teórico para comprender la compleja relación ser humano-naturaleza, el resultado se demuestra en importantes evidencias para comprender el mecanismo y la articulación creada por la influencia institucional, el poder político y el sector privado que en oposición al alcance de la sociedad modifican o reconstruyen nuevas dinámicas de gestión, decisión y control sobre los recursos, tal es el caso de la gobernanza del agua subterránea en México (Hoogesteger y Wester 2015, 2017; Hoogesteger, 2018; Carmona et al., 2017; Hatch-Kuri, 2017 y Hatch-Kuri et al., 2019).

El agua subterránea constituye el 97 % del *agua continental físicamente accesible*, el otro 3 % restante se concentra en los diversos cuerpos de agua superficiales, sin embargo, el análisis y comprensión de la que representa el mayor volumen hídrico accesible sobre la Tierra es fuertemente mermada por un paradigma de invisibilidad y desconocimiento que la coloca en un segundo plano entre las diferentes estrategias de seguridad hídrica que conducen también a la correcta gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y la garantía del agua como un Derecho Humano.

A pesar de la dimensión natural del agua subterránea, ciencias como la hidrogeología aún no logran consensuar los volúmenes que existen debajo del subsuelo, las cantidades totales extraídas y su funcionamiento sistémico a nivel global, así como la interacción del agua con otros componentes del ambiente roca-agua-suelo (Rivera, 2008; Döll et al., 2014; Famiglietti, 2014 y Glesson et al., 2015). Este no es un problema menor, toda vez que constituye la base o evidencia para su gobernanza y, en consecuencia, en la fundamentación de políticas públicas que restauren y conserven su valor ambiental.

Cabe recordar que la Consulta Global que impulsó el Banco Mundial en 2012 “Gobernanza del Agua Subterránea”, el diagnóstico para Latinoamérica fue

desolador, poco conocimiento sistémico, registros parciales, faltantes e ineficaces sobre los usuarios y el volumen de sus aprovechamientos, bajos niveles de inversión para su gestión, falta de personal calificado en las instituciones, y, finalmente, dentro de las legislaciones nacionales es considerada de forma marginal o se encuentra ausente.

Estas afirmaciones cuestionan, inicialmente, el esfuerzo que se realiza dentro de los organismos federales, estatales y municipales para crear marcos integrales de gestión del agua, también sugiere la imperiosa necesidad de fortalecer los estudios relacionados con la política pública del agua subterránea, a fin de producir información, decisiones y evidencia válida que revierta el diagnóstico vigente.

Algunos estudios confirman fehacientemente el problema de la gestión de agua subterránea como la falta de planeación, coordinación multisectorial, participación ciudadana, estrategias de protección, instrumentos técnicos e innovaciones sociales y tecnológicas en la medida que se incorporan mayores usuarios al aprovechamiento y uso del agua subterránea, por ejemplo, en una escala de análisis local, el Estado de México. Algunos estudios en este rubro son el trabajo de Reis (2014), que analiza los problemas de la transferencia de derechos de agua subterránea en el Valle de Toluca expone la gravedad y el alto nivel de corrupción que se llega a producir entre grupos privados pertenecientes al sector hídrico.

En esa misma escala de análisis, Bastida Muñoz (2010, 2017) también discute la discordancia de las gestiones político-privadas del agua, y la ausencia histórica que padecen las comunidades locales como protectoras del agua. Más reciente, pero en términos de análisis de la política del agua a nivel municipal, Garrocho y Campos (2019), sugieren que los niveles de disponibilidad/ausencia del servicio de agua, poco o nada tienen que ver con la falta de infraestructura hídrica, pero sí con las capacidades de los gobiernos locales para invertir en obras y cumplir con el servicio de la prestación de agua potable.

Finalmente, la contribución de Vilchis et al., (2018), caracterizó el ciclo hidrosocial en la ciudad de Toluca y capturó la complejidad de la relación entre disponibilidad hídrica y su distribución inequitativa entre los usuarios a través de tres escenarios, donde es posible valorar la relevancia del agua subterránea en el Estado de México y su inherente cercanía con la construcción histórica de la seguridad hídrica de la Ciudad de México.

En la misma coyuntura, es posible discutir la falta de esquemas que combinen modelos de seguridad hídrica en conjunto con el agua subterránea, una visión que hasta el día de hoy sigue minimizada si se compara con la divulgación mediática que reciben otros fenómenos como la escasez, la sequía, la contaminación de agua superficial o, en su caso, el desabasto. La misma Organización de las Naciones Unidas (2013) enmarca la importancia de la sostenibilidad y la cooperación entre actores para asegurar los niveles que permitan a la sociedad su sano desarrollo en armonía con el ambiente pero, desde una perspectiva nacional, regional y local estos marcos internacionales y acuerdos políticos enfrentan la realidad burocrática, la diversidad social y cultural de los habitantes, los intereses económicos, el nepotismo y la omisión de los grupos hegemónicos que originan un paradigma de estancamiento respecto a nuevas estrategias integrantes con las medidas necesarias para funcionamiento del agua subterránea en aras de consolidar su protección y accesibilidad para toda la población.

Como menciona Hatch Kuri et al. (2017), la definición que se tiene sobre el agua subterránea y su funcionamiento dentro del ciclo hidrológico es limitada, un desconocimiento técnico y científico por parte de las instituciones, el sector privado y los agroempresarios, ocasionan una administración ineficaz en el suministro del agua, por lo cual, los autores concluyen una necesaria actualización del marco jurídico para la gestión del agua con la finalidad de administrarla satisfactoria y funcionalmente y es precisamente este fundamento la base para el desarrollo de la investigación presente, por lo que surge la incógnita: ¿existe en el Estado de México actualmente un régimen de gestión del agua subterránea en términos de

sostenibilidad o, su caso, impera la escasez de agua? Si es así, ¿cuáles son las posibles causas o acciones que han repercutido para que se configure territorialmente dicha condición actual? Realizar un análisis sobre la construcción histórica o social de la entidad en el ámbito de su ordenación hídrica podría representar un punto de inflexión en el desarrollo de nuevos espacios para el debate, el intercambio de ideas y el surgimiento de sociedades conscientes, hacia el paradigma de una gestión integradora y multisectorial del agua subterránea y en donde se concentran todos los esfuerzos que en el trabajo se manifiestan.

El objetivo general de la presente tesis analiza las prácticas histórico-geográficas y las estrategias en materia de gestión de agua subterráneas y las relaciones sociales que imperan en el Estado de México y el Valle de México y que afectan la capacidad de los múltiples actores institucionales al momento de construir la seguridad hídrica de manera sostenible y sustentable.

Inicialmente, fue prioritario indagar la comprensión del espacio y la naturaleza, un discurso dialéctico que junto con la visión disciplinar de la geografía auxilió en el análisis del dominio que predomina entre la sociedad y el agua. La recopilación de cartografía permitió visualizar espacialmente los trasfondos históricos y las relaciones socio-territoriales entre la Ciudad de México y el Estado de México, su constitución hidráulica y otras dinámicas geográficas, toda vez que contribuyó a entender la compleja relación hidráulica entre dichas entidades federativas.

Todo lo anterior se sustenta en el hecho de que la visión geográfica representa un abordaje distinto para la discusión académica de las problemáticas sociales porque incorpora diferentes perspectivas históricas, culturales, locales, elementos geoespaciales y estadísticos, como una forma alternativa para comprender la dinámica social del agua subterránea y problemas que atañen a su gestión en el Estado de México.

Una latente problemática asociada a la actual gestión del agua subterránea en el Estado de México manifestada en su disminución está mucho más asociada a decisiones políticas, de impacto socio-territorial y estrategias ineficaces en el

sector hídrico, así como poca atención a los escenarios de participación locales, produciendo eventuales conflictos y tensiones sociales por el control del agua entre sus usuarios y cuestionando toda política sustentable de agua.

Este trabajo está integrado por tres capítulos orientados desde un enfoque general a uno particular. En el primer capítulo, se abordan teóricamente el debate acerca de la relación sociedad-agua, la forma de concebir el agua subterránea y el territorio y como esto repercute en los modelos de análisis hídricos existentes. El segundo capítulo, está conformado por datos generales, información estadística y cartográfica sobre la situación global y nacional del agua subterránea, con énfasis en el caso mexicano, y una fundamentada crítica a la gestión actual del agua subterránea y los problemas que significa para la seguridad hídrica.

Finalmente, el tercer capítulo se integra por fuentes cartográficas originales, tablas estadísticas y gráficas de los datos relacionados con la gestión del agua subterránea en el Estado de México, tales como la influencia de las poligonales, los pozos existentes y la influencia de los decretos de veda para organizar territorialmente el acceso al agua subterránea en esa entidad del país.

Las conclusiones de esta investigación sostienen la existencia de múltiples factores que inciden en la construcción de una política sustentable que viabilice la seguridad hídrica, como la revisión de la viabilidad de mantener la organización y división territorial del agua subterránea a través de los polígonos denominados “acuíferos” y que suelen confundirse como una expresión real del agua subterránea, pero que en realidad son construcciones territoriales para el manejo de derechos de agua. Por último, es fundamental actualizar los esquemas de gestión del agua subterránea con ayuda de nuevas herramientas y en colaboración con todas las disciplinas involucradas (así como sectores académicos, institucionales y sectores locales) la generación constante de datos confiables y transparentes en materia de gestión subterránea para eliminar las brechas de desinformación e irregularidades que frenan la construcción efectiva de la seguridad hídrica del Estado de México.

Capítulo 1. Aproximaciones teórico-metodológicas

1.1 Espacio y Territorio ¿sinónimos?

Espacio y Territorio son categorías de análisis ampliamente debatidas en el seno de nuestra disciplina y sobre todo en los tiempos contemporáneos, el debate ha trascendido hacia el resto de las ciencias sociales. En ocasiones, al carecer de claridad sobre su significado, suelen confundirse estos términos, banalizando el sólido debate desarrollado, conduciendo a sembrar confusión aviesa. Por lo anterior, este apartado pretende expresar claridad en torno a ambas categorías con la finalidad de distinguir y clarificar la visión que se tiene del agua en la Geografía contemporánea.

El espacio se ha convertido en uno de los temas más discutidos por geógrafos y especialistas de otras disciplinas que, a través de los años y la inminente transformación de las sociedades rurales a urbanas durante el siglo pasado, ha buscado integrar mediante una interpretación clara y definitiva procesos complejos como la caracterización de la relación sociedad-naturaleza.

Para algunos autores, el espacio denota un conjunto de elementos y formas estructuradas acorde a distintos contextos temporales y una ubicación definida en el mundo, es en el espacio en donde actúan, se desarrollan y se cruzan los procesos sociales simultáneamente con los fenómenos físicos de la naturaleza hasta transformar y configurar un determinado espacio geográfico con características específicas para cada región (Sánchez, 1990). No obstante, es un debate todavía inconcluso.

En un principio aparecieron las obras de fundamento naturalista durante los siglos XVIII y XIX, en las que sobresalen autores como Alexander Von Humboldt (1769-1859), Charles Darwin (1809-1882) o Vladimir Köppen (1846-1940) que definen al espacio, a grandes rasgos, como la interacción de diversos elementos físicos y fenómenos naturales: el relieve, la vegetación, el clima, la hidrología, etc., y, cuya manifestación está presente en la superficie terrestre. Por ejemplo, Humboldt es considerado como uno de los principales personajes que contribuyeron a sistematizar la naturaleza, es decir, a traducir al lenguaje científico de su tiempo las características de algunos de los principales componentes del paisaje natural

como las plantas. Esta interpretación es complementaria con la comprensión estética del paisaje en Prusia -hoy en día Alemania-, la cual ha sido parte de su contribución a la institucionalización de la Geografía Moderna (Farinelli, 2000).

Un enfoque más actualizado sobre el espacio propone su análisis a partir de cómo la sociedad integra a la naturaleza en las relaciones dialécticas. Por ejemplo, el geógrafo D. Harvey (2017), sostiene que la espacialidad se categoriza en tres tipos: el *espacio absoluto*, el *espacio relativo* y el *espacio relacional*. El primero se vincula a los preceptos de la física newtoniana y la visión cartesiana que contempla todos los objetos, procesos y sucesos de forma fija e inamovible, similar a una cuadrícula cartesiana en donde cada elemento reúne características únicas, medibles e inalterables. En esta visión, ciertos conceptos sociales como la propiedad privada de la tierra se representan como receptáculos de poder, categorías como el espacio y el tiempo son absolutos, confiriéndoles independencia en el análisis.

El *espacio-tiempo relativo* como lo describe Harvey, representa la multiplicidad de identidades producidas por el movimiento y las distancias temporales, heterogéneas, considerando su ubicación, el medio de transporte, la circulación de los bienes, etc., el *espacio-tiempo relativo* es una perspectiva que se transforma dependiendo de quién la observa, la estudia, analiza e interpreta. Por último, el *espacio relacional* identifica las relaciones de poder, las jerarquías sociales, los pensamientos, las ideas, todos los términos que no ocupan una entidad material o tangible pero que por ello no signifique que no existan, es el *espaciotiempo* que reconstruye los procesos naturales y las prácticas humanas en distintas escalas de análisis (Harvey, 2017, pp. 168-185).

Otros planteamientos similares de comprensión y sistematización de la categoría espacio, fueron los realizados, durante la segunda mitad del siglo pasado, por el filósofo francés Henri Lefebvre (Lefebvre, 1963; 2020) citado por Harvey, 2017, pp. 178-181). Este autor sugiere tres elementos para el análisis espacial, el primero es el *espacio material* (el espacio percibido a través de los sentidos), este se infiere gracias a nuestras experiencias y vivencias diarias que recibimos por parte de los sentidos, como la escucha, el tacto, la observación, etc., definiendo o alterando

constantemente nuestra percepción sobre la naturaleza. El segundo, es el *espacio representado*, mismo que se materializa en los códigos, la información, los procesos abstractos (mapas, gráficas, símbolos, palabras, diagramas) y que utilizamos para describir la materialidad del espacio. De esta manera, las representaciones pueden cambiar notablemente debido a la convergencia entre la percepción y la representación. El último elemento es el *espacio vivido*, es decir, la simbolización sobre el espacio que reúne todas las características individuales o colectivas que conforman nuestra vivencia espacial, tales como los miedos, emociones, psicologías y sueños que repercuten en la forma que desarrollamos y vivimos en-el-espacio. Los sueños y fantasías personales, las emociones, incluso la información que recibimos por medios de comunicación, las instituciones, las practicas sociales, las tradiciones, todo ensambla la forma en que la sociedad se desarrolla en-el-espacio.

Dado que estas descripciones sobre el espacio no mantienen estructuras bien definidas (pueden entrelazarse) conviene cerrar esta argumentación con la misma idea que plantea H. Lefebvre, aunque el espacio puede adoptar diversos significados, lo que merece mayor importancia es cuestionarnos qué actividad humana, proceso político o conflicto medioambiental queremos analizar y cómo estos se relacionan y producen el espacio geográfico. Debe agregarse que las categorizaciones planteadas por estos dos autores se han desarrollado en un contexto en el que las ciencias sociales han tratado de superar la visión apriorística del espacio, dicho de otro modo, como un “contenedor” en el que se desarrollan los fenómenos y que poca importancia tienen en sí. Así, el espacio como categoría de análisis es fundamental para comprender otras categorías como el territorio, por su noción de totalidad.

A mediados del siglo pasado, en medio de la aparición de investigaciones sobre urbanización, globalización y estudios emergentes de ordenamiento territorial, surgieron propuestas que ahondaron en el debate sobre los conceptos que se analizan hasta aquí, con el objetivo de lograr en la mayor medida posible una conciencia realista de las problemáticas que se desarrollan en un territorio determinado.

El concepto de *territorio*, por otro lado, muy utilizado en las investigaciones relacionadas a la geografía y otras ciencias sociales ha evolucionado a través de distintas perspectivas en la historia científica, aunque su análisis se ha discutido desde la psicología, la ecología, la política, etc., su aplicación para este proyecto se orienta en la comprensión de la delimitación espacial en la que convergen las relaciones de poder de distintos agentes sociales o políticos con el objetivo de reproducir procesos de apropiación y dominio (Souto et al., 2011).

La observación del territorio como un conjunto de estructuras y procesos hegemónicos perpetrados por la acción humana es una variante del enfoque geopolítico, que concibe una nueva definición denominada “territorialidad” (Ramírez y López, 2015, p. 128).

La territorialidad ha sido un término clave de la visión naturalista del territorio, que hace referencia a las fronteras fijadas por algunas especies animales para llevar a cabo sus comportamientos y procesos de reproducción, este concepto es aplicado al ámbito humano para desarrollar la territorialidad como una estrategia política, cultural o social, a fin de controlar los recursos dentro de un área, este término, no está delimitado por alguna escala establecida y clara, sino que el alcance de los límites se define por las relaciones de hegemonía que reproduce algún actor político-social, y todos aquellos sectores que participan en esas estructuras.

Es importante recalcar la similitud entre las nociones de espacio y territorio, pues aunque ambas se pueden reflexionar bajo el mismo análisis, el territorio reúne otras características como la citada territorialidad, concepto del cual podemos desprender otras definiciones de igual o mayor importancia como la conducta, la identidad, la comunidad, factores que reafirman el papel que juega el emplazamiento espacial dentro de las sociedades (Ramírez y López, 2015). En suma, para estos autores, el territorio y la territorialidad pueden tener una impronta biologicista.

Por lo tanto, como mencionamos anteriormente para esta investigación podemos describir el territorio como un recorte *espacial delimitado por fronteras establecidas política, administrativa, cultural o socialmente en donde la población, además de ejercer las funciones que le permiten desarrollarse, también mantienen*

una estructura de dominio y hegemonía influenciadas por el adoctrinamiento capitalista, el territorio es el escenario físico en el que convergen distintos actores políticos, jerarquías sociales para ejercer estrategias de poder, de consumo y apropiación capitalista.

1.2 La tradición de pensamiento Sociedad-Naturaleza

Al examinar problemas que involucran temáticas socioambientales, es conveniente partir de la discusión y el análisis que ha girado en torno al papel de la geografía como ciencia de interpretación y análisis crítico para determinar y caracterizar los orígenes, el desarrollo, o el contexto general de la relación entre los seres humanos y la naturaleza que en la actualidad enfrenta cualquier escenario alrededor del mundo, transformándose así todo el globo de manera constante.

D. Harvey (2017) recupera cuatro tradiciones del pensamiento geográfico, enunciadas previamente, por el geógrafo estadounidense William Pattison en el contexto de una conferencia de en la que se discutían el alcance de los conocimientos geográficos, entre otros temas. Estas cuatro tradiciones son la tradición espacial, que sitúa a la geografía como una ciencia con bases matemáticas que reconoce, en primer lugar, la importancia que desempeñan los patrones espaciales como la localización o las distancias de los objetos situados en un determinado plano cartesiano. La segunda tradición enunciada como la tradición de estudios de área, aborda las particularidades y diferencias que existen en cada región, estas características tan heterogéneas como la historia, la ubicación, la cultura que tiene cada lugar o pueblo y lo convierte en un espacio fundamental único.

Mientras que la tercera tradición, desarrolla un acercamiento a la relación naturaleza-sociedad, misma que ha trascendido hasta la actualidad, constituyendo la incógnita persistente sobre el papel y la función que ejerce el ser humano dentro del orden natural, el *medio ambiente*, los principios de esta tradición plantean también la cuestión del hombre como especie dominante sobre la naturaleza.

Por último, la tradición de las ciencias de la Tierra que analiza la complicada divergencia entre la disciplina geográfica y las nuevas ciencias especializadas sobre el planeta que se han incorporado con mayor fortaleza recientemente como la geomorfología, la vulcanología, hidrología, ecología, etc., desplazando a segundo plano el trabajo geográfico. Sin embargo, aunque esta relación se mantiene incierta, es importante recordar la posición de los geógrafos y su enfoque principal que yace en el estudio del ser humano y la naturaleza, enriqueciendo incluso, a la tercera tradición.

Estas cuatro tradiciones parecen reunir de forma concreta el conocimiento y las actividades sobre las que ejerce dominio epistemológico la geografía, no obstante, resulta complejo enunciar una definición absoluta, de la misma forma como sucede con los conceptos que empleamos en muchas ocasiones como *espacio*, *sociedad*, *naturaleza*, términos que no son exclusivos de la geografía y pueden entenderse desde las miradas de otras disciplinas y enfoques como los estudios antropológicos, políticos, económicos e, incluso, es el caso de ideologías y definiciones promovidas desde sistemas institucionales, como la industria y las grandes corporaciones que penetran de diversas maneras en la sociedad. Por lo tanto, corresponde indudablemente comenzar el análisis de la relación sociedad-naturaleza con la distinción de conceptos reales, justos y observados desde el campo geográfico que nos muestra un enfoque crítico, capaz de interpretar la dualidad sociedad-naturaleza como una estructura espacial de dominio, que se transforman y reconfiguran constantemente (Harvey, 2017, pp. 159-168).

En primera instancia, un significado del concepto *naturaleza* es aquel refiere como un área determinada territorialmente y que reúne diversas características físicas, biológicas tales como la vegetación, el tipo de suelo, la fauna silvestre, el relieve, el clima, etc., permitiendo tanto a especies animales como a comunidades antrópicas prosperar dentro de su entorno (Bocco, 1998). Es de notar que esta acepción revela una relación en la cual, la naturaleza es una externalidad al ser humano, un objeto de carácter domeñable y cartesiano.

En contraste, para autores como Neil Smith (1963; 2020), la definición de la naturaleza ha permanecido en constante cambio a consecuencia del papel que

tomó en las décadas pasadas el influjo de la revolución industrial y la presencia de estudios neomarxistas que analizaron la marcada transformación del paisaje durante el último lustro del siglo pasado. Debido a estos procesos, surge la necesidad de discutir la visión que imperaba, anteriormente, sobre la naturaleza en las ciencias sociales y en la propia geografía. Según Smith, actualmente se mantiene -y con bastante influencia-, entre la sociedad una visión capitalista, conservadora y dual sobre lo que significa y representa la naturaleza, nombrándola como una composición universal y externa al ser humano, el medio material, espiritual presente en todo lo que podemos observar y lo que no, dominada por el ser humano, creadora de vida, orden y caos, es externa al ser humano porque es autónoma y algunos procesos se llevan a cabo sin la intervención directa de éstos, es universal porque está presente en cada rincón del planeta. De acuerdo con la discusión del autor, esta misma “universalización” de la naturaleza, debería englobar al ser humano como sujeto inherente a la propia naturaleza, no como un agente externo, puesto que, al constituir la naturaleza un elemento presente en todo lo que rodea nuestro entorno, entonces también su alcance debería manifestarse dentro de la sociedad, como una manifestación más de las relaciones sociales.

La naturaleza entonces se convierte en una especie de contenedor de todos los procesos físicos y biológicos, pero es el ser humano quien define las formas de apropiación de esos procesos, actuando de forma consciente para obtener de la misma naturaleza los recursos para su existencia vital.

La teoría de Paul Vidal de la Blache, geógrafo fundador de la reconocida escuela regionalista francesa a inicios del siglo XX¹ sugiere ciertas características similares: la naturaleza representa el conjunto de factores físicos (el relieve, la posición geográfica, el clima, etc.) y biológicos (vegetación, fauna...) propios del mecanismo del planeta manifestándose de formas heterogéneas de acuerdo a la localización y el contexto temporal que se analice, lo que deriva en que la existencia de ecosistemas y poblaciones diversas. Vidal de la Blache consideró al ser humano como agente activo en la naturaleza, con la capacidad y la técnica para transformar

¹ Sobre este asunto véase también: Bardecio, S., & Dourron, O. *Paul Vidal de la Blache y la escuela francesa de geografía*. En lecturas y análisis. Páginas 19-31.

cualquier entorno, siendo el sentido de racionalidad y evolución, el que le ha permitido adaptarse a cualquier ambiente de la Tierra, para después alterar, modificar y transformar esos espacios a conveniencia de sus condiciones de vida (Delgado, 2006).

La principal cuestión que responde al análisis de la naturaleza es dónde colocar a la sociedad como una de las principales causantes de esta visión de dualidad. El ser humano es un ente social, no logra alcanzar la plenitud de su existencia si no es dentro de una estructura colectiva que lo fuerce a desarrollar nuevos procesos con el objetivo del bienestar individual, de manera que la sociedad pueda funcionar y progresar, y ese “progreso” está controlado por la racionalidad (Merino, 1987). Pero esta idea de progreso y racionalidad trae consigo otras perspectivas en el equilibrio de la relación sociedad-naturaleza. Estamos hablando de las formas de “modernidad” impulsadas por la tecnología y la noción humana de superioridad y dominio por encima de la naturaleza, un hecho que se ha discutido desde siglos pasados tras la acelerada urbanización y la lucha de clases, repercutiendo en el deterioro masivo de las “zonas naturales”, los cambios ambientales son cada vez más drásticos, estamos afirmando que el orden entre sociedad y naturaleza está balanceándose más hacia la superioridad del ser humano, llegando a espacios lejanos a su entorno terrestre usualmente conocido y, en consecuencia, aplicando en esos lugares las formas de reproducción invasivas, propias del capitalismo contemporáneo.

Podemos observar el enfoque similar que manejan estos conceptos, las definiciones nos muestran un panorama a distintas escalas del planeta, en donde coexisten al mismo momento los procesos sociales y los fenómenos naturales, es fundamental entonces comprender la argumentación de Neil Smith sobre las amplias configuraciones que se pueden llevar a cabo en el espacio que queremos analizar y valorar en el contexto de las diversas y ambivalentes estructuras políticas, sociales, económicas y culturales que allí se ejecutan. Para la geografía, debe ser prioritario analizar los problemas socioambientales, siempre bajo un enfoque en el que prive la tríada espacio-tiempo-escala, donde el enfoque de la naturaleza es dialéctico, es decir, una *segunda naturaleza*, distinta a la primera por haber sido

transformada por las habilidades, el conocimiento, el trabajo y los planes del ser humano, todo lo que ha producido y se ha materializado en las ciudades, la tecnología, el aprovechamiento de los animales y los ecosistemas, explotados para nuestras necesidades, fines e intereses, esa producción también incluyen los medios intangibles, las leyes, el comportamiento y las formas políticas en que actúa una sociedad en el proceso de la producción de la naturaleza (Smith, 1984, pp. 116-118).

1.3 El agua en la geografía

A manera de introducción, se menciona brevemente cómo se plantea la enseñanza del agua en la disciplina geográfica, para posteriormente, fundamentar el enfoque o paradigma del agua en la Geografía, el cual se busca defender en el presente trabajo. En términos generales, el enfoque predominante en la enseñanza de los temas relacionados con el agua dentro del plan de estudios de la Licenciatura en Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras (UNAM), se distingue por plantear una visión en la que prevalece una impronta de carácter cartesiana, donde el agua se estudia como una externalidad a las relaciones sociales, predominando así en su contenido un tratamiento a partir de los instrumentos de otras ciencias puras de la Tierra como la hidrología y la hidrogeología. Para verificar este argumento, es posible mencionar algunas asignaturas relacionadas con la Hidrografía en el plan de estudios modificado en el año 2009 para La licenciatura en Geografía².

Algunas asignaturas situadas en el plan de estudios en los primeros semestres, tales como *Geografía Física*, *Meteorología*, *Geología* y *Geomorfología* poseen unidades de enseñanza que incluyen una mención o breve estudio descriptivo, desde el punto de vista físico-químico del agua como componente de la hidrósfera, es decir, las aguas continentales, oceánicas y relieves asociados, precipitación, clima y humedad, siendo estos algunos de los principales objetos de estudio. La materia obligatoria de *Hidrogeografía 1*, también considerada dentro del

² De acuerdo con el "Proyecto de modificación del plan y programas de estudio de la licenciatura en Geografía" aprobado por el H. Consejo Técnico de la Facultad de Filosofía y Letras el día 4 de noviembre de 2005.

bloque de las asignaturas de Geografía Física, parte de un enfoque que se centra en el estudio descriptivo del ciclo hidrológico, marginando, por ejemplo, el abordaje de la dimensión social del agua, a pesar de que hay quienes sostienen que la Geografía “es sólo una”. Si bien se registran otras asignaturas como *Geografía Política de México, Ecología, Geografía Económica y Recursos Naturales*, donde podrían abordarse los problemas socioambientales del agua considerando el enfoque geográfico del espacio-tiempo-escala, se han omitido estas temáticas, prevaleciendo entonces, un análisis del agua encaminado, fundamentalmente, hacia un enfoque descriptivo, cartesiano y tradicional, centrándose en las causalidades del ciclo hidrológico. Es así evidente la ausencia de los problemas socioambientales del agua, o mejor dicho, de una visión geográfica del agua en estricto sentido y acorde con el planteamiento anterior sobre la naturaleza del espacio, esto porque tanto la hidrología y la hidrogeología, son disciplinas y campos del conocimiento con dinámicas epistemológicas propias.

Sin embargo, en la asignatura optativa de *Temas Selectos de Geografía Política*, con la temática de “Seguridad hídrica y gestión del agua”, se ha presentado otra visión o enfoque para la comprensión de los problemas del agua en la Geografía, acorde con el planteamiento de la *segunda naturaleza* o el *espacio producido*. El curso parte de la crítica al enfoque cartesiano de los estudios del agua, en los que se describe la dinámica del agua -entendida básicamente como un H₂O, a partir de una mirada reduccionista de los insumos desarrollados por otras ciencias puras como la hidrología y la hidrogeología, soslayando lo que se ha discutido en los acápites anteriores, donde el agua, además de su materialidad física, es el resultado de la construcción de relaciones sociales (agentes, instituciones y reglas) en el espacio.

El agua es un tema trascendental porque su presencia condiciona la vida social y cultural, así como la de millones de seres vivos alrededor del planeta, representando un motor clave para el bienestar de los ecosistemas (Carabias, 2017). El rol que desempeña en la sociedad ha sido determinante para la configuración territorial y el crecimiento del campo y de las ciudades, posee valores

diferenciados en la sociedad, con dimensiones culturales, económicas y ambientales, que deberían articularse en un enfoque de interdisciplinariedad.

Empero, el predominio de un esquema tradicional que visualiza exclusivamente, al agua dentro de un sistema físico-natural conocido como ciclo hidrológico, ni siquiera ha podido representar adecuadamente la fase subterránea de dicho ciclo (Hatch Kuri y Carrillo, 2017). Este modelo constructivista³ tiene sus orígenes en el pensamiento occidental clásico, donde la circulación y el movimiento del agua ya constituían un tema de debate entre los filósofos griegos y romanos que buscaban una explicación válida que pudiera demostrar el balance y la armonía que caracterizaba al agua como elemento “divino” para el uso y satisfacción de la sociedad.

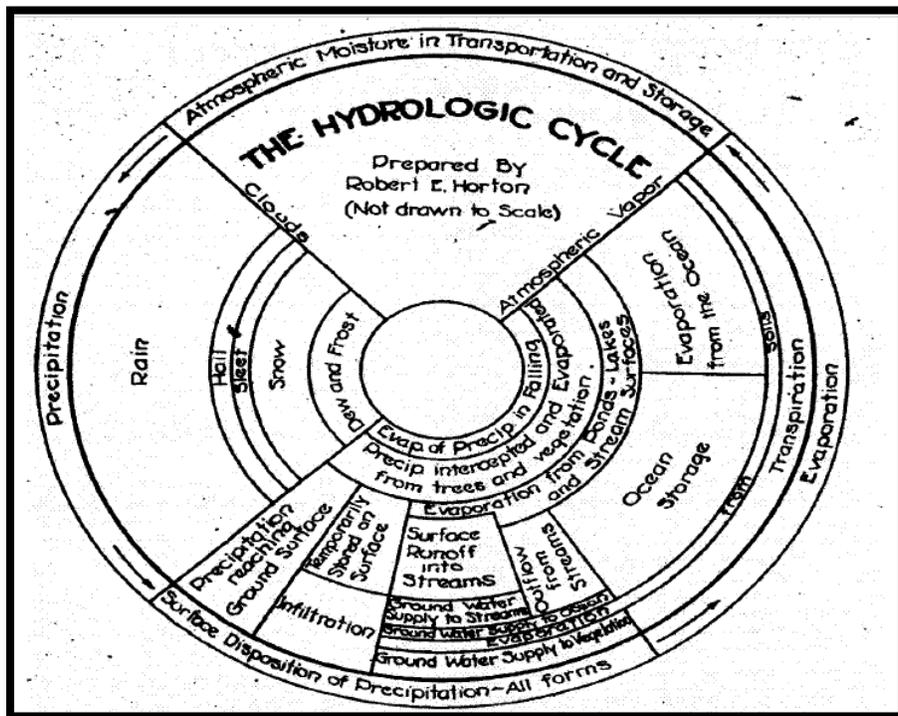
Precisamente, fue hasta el renacimiento que los experimentos realizados por Pierre Perrault (1608-1680), Edmund Halley (1656-1742) y Edme Marriot (1620-1684), considerados como los primeros proto-hidrólogos, debido a las contribuciones que hicieron para cuantificar las diferentes fases del ciclo hidrológico, fue posible formular un esquema para el agua desde los cánones de la ciencia actual. Linton (2006), señala que las aportaciones de estos proto-hidrólogos, fundamentaron la hidrología cuantitativa, el último proto-hidrólogo, Edme Marriot, formuló planteamientos sobre el origen del agua de los manantiales, la velocidad de la escorrentía y la descarga del agua en los ríos y océanos, confirmando las tesis planteadas por Perrault, quien además fue el primero en usar un pluviómetro y siendo así que se le considera el “padre” de la hidrología.

Gracias a estos autores fue posible dimensionar y representar el movimiento global del agua, así el diagrama o presentación iconográfica, que en la actualidad observamos en libros, artículos y manuales de Hidrología, Geografía, Ciencias de la Tierra, llamado “ciclo del agua”, y que se popularizó a inicios del siglo XX, por el hidrólogo estadounidense Robert E. Horton (1931), se debe al planteamiento

³ Geógrafos como Jamie Linton (2006), adoptan una postura epistemológica “constructivista”, basada en la creencia del conocimiento científico como una invención humana, esto significa que atendemos una serie de elementos gráficos y datos cuantitativos para intentar explicar un modelo de la naturaleza, pero sólo es una aproximación de la realidad utilizada para los fines que convengan a la sociedad.

moderno del agua en la ciencia (Figura 1). El ciclo hidrológico difundido hasta nuestros días ha servido para representar el comportamiento y los procesos físicos y cuantitativos que caracterizan universalmente al agua (Linton, 2006). J. Linton concluye que con la esquematización del ciclo hidrológico, le facilitó al Estado la organización espacial del agua, dicho de otro modo, se impulsaron con inexactitud las cuencas hidrológicas administrativas, la distribución política del agua entre los usuarios y la planeación de la infraestructura crítica como los Distritos de Riego y las redes de distribución de agua potable, entre otros.

FIGURA 1. EL DIAGRAMA DEL CICLO HIDROLÓGICO PRESENTADO POR ROBERT E. HORTON EN 1931.



Fuente: Recuperado de Linton (2006:209).

El diagrama de autoría de Robert E. Horton surgió en medio de los intentos por consagrar a la hidrología como una ciencia fundamental ajena a otros campos de estudio como la geología o la ingeniería civil para establecer límites de investigación definidos, a inicios del siglo pasado. Dicho esquema gráfico permitió que la hidrología se desligara de otras ciencias y, al mismo tiempo, se convertía en un tema político conveniente a los gobiernos para abordar múltiples cuestiones sobre

el curso del agua y su aprovechamiento y rentabilidad económica. Como se revela en la figura anterior, la concepción de Horton, resalta los procesos físicos del agua a través de la atmósfera y la corteza terrestre, pero el movimiento del agua dentro de la corteza o en el subsuelo, no se desarrolla con amplitud y exactitud, debiéndose en gran medida, a la insuficiente información del agua en su fase subterránea.

Estas limitaciones que enfrentó el esquema tradicional (y que tomaría algunos años en replantear el modelo iconográfico de la época, donde se reflejara con mayor precisión el estudio de las aguas subterráneas) se intensificó con la exploración de manantiales y arroyos que brotan o mantienen un flujo constante, incluso durante épocas ausentes de lluvia, dicho fenómeno redefinió la descripción visual de cómo circula el agua por el planeta. En un inicio la explicación se basó en la creencia de canales y depósitos subterráneos donde se movía agua suministrada por los grandes océanos, además de ésta afirmación se pensaba también que el agua de las lluvias no era capaz de atravesar más de dos metros bajo la corteza terrestre, fue entonces que el estudio de los manantiales ayudó a transformar la comprensión popular que dominaba sobre el ciclo del agua logrando la oportunidad de reforzar el conocimiento de las aguas subterráneas (Linton, 2006).

En esa tesitura, fue en el primer lustro del siglo XX, cuando las contribuciones de Hubbert King (1940), quien fundamentó la física del movimiento del flujo de agua subterránea impulsada por la gravedad en su artículo "The theory of groundwater motion" publicado en el *Journal of Geology*, se logró insertar una visión científica del agua en su fase subterránea. Aquí cabe resaltar que las nociones modernas, pero empíricas que se tenían del agua subterránea durante los siglos XIX y XX, habían estado estrechamente ligadas a la actividad minera, pues al efectuar las obras de beneficio, el agua brotaba directamente del material geológico. De esta manera, los primeros programas académicos institucionales de Geología del siglo pasado consideraron al agua subterránea como objeto de estudio (una asignatura), gracias al encuentro del agua en las exploraciones mineras. Especialistas como Domínguez y Carrillo-Rivera (2007), advierten que el boom del agua subterránea fue posible gracias a la inserción de la industria de la perforación, la bomba, el diésel y el cableado eléctrico, así para mitad del siglo pasado, el agua subterránea se había

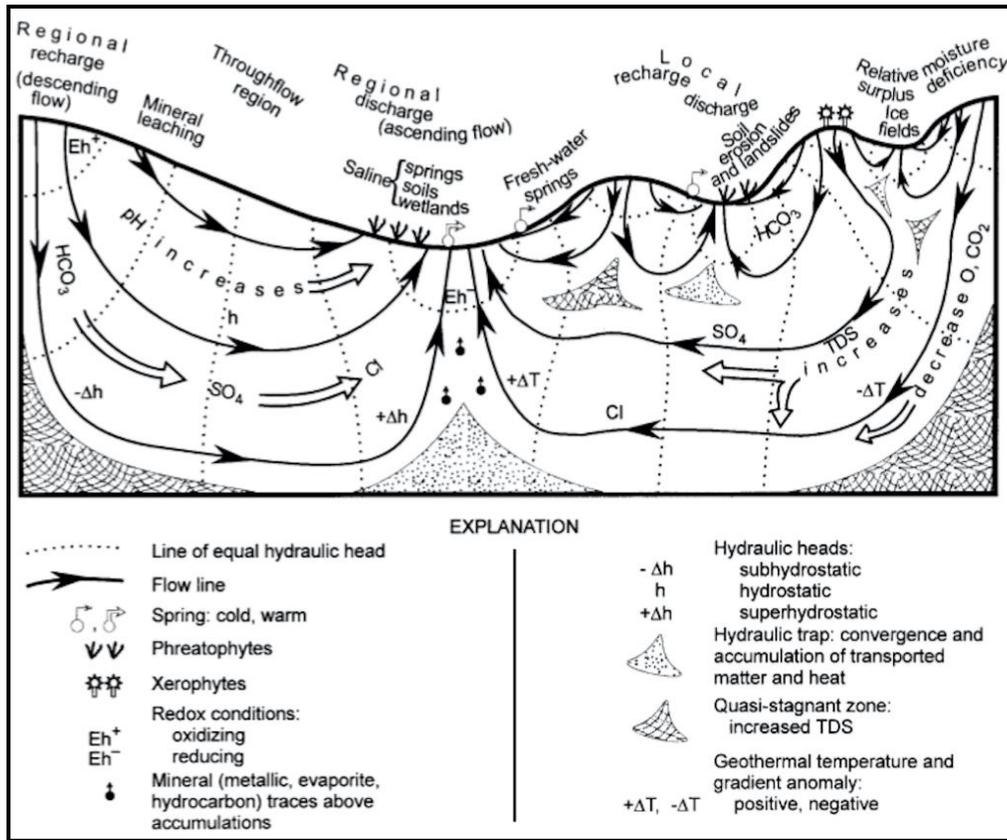
convertido en todo el mundo, en uno de los motores más importantes para el crecimiento rural y urbano, esto a pesar de su nulo prestigio institucional.

En la hidrogeología moderna, disciplina joven (de 1960 a la fecha), con mínima presencia en México, autores como Hubbert King y el hidrogeólogo checo József Tóth (1962, 1963a, 1963b), lograron proponer un nuevo paradigma en el tema, sobre todo a partir de evidencia isotópica, en la que se muestra la formulación de conceptos como el flujo del agua subterránea en tres escalas gravitacionales.

Desde hace unas décadas estos y otros estudios hidrogeológicos han arrojado evidencias científicas que avalan el dinamismo con el que se desplazan las aguas subterráneas a través de la porosidad de las rocas (Hatch-Kuri y Carrillo-Rivera, 2017).

Existen factores como el material geológico (permeabilidad de las rocas, nivel freático), la relación con el suelo, clima, vegetación, geomorfología que producen redes y conexiones de escala local o regional, áreas de recarga (infiltración), áreas de tránsito y áreas de descarga natural (manantiales continentales, océanos) fundamentando la evidente circulación del agua subterránea la cubierta vegetal, y/o el tipo de material rocoso son características que permiten el tránsito hídrico por debajo de la superficie terrestre, pero estos procesos no se han representado con exactitud en el ciclo hidrológico, se ha invisibilizado la movilidad y el funcionamiento correcto de las aguas subterráneas para describirlas como depósitos de almacenamiento en donde el líquido permanece estático (Figura 2).

Figura 2. Los sistemas gravitacionales de flujo de agua subterránea.



Fuente: Imagen original de Tóth (1999), citada por Hatch-Kuri y Carrillo-Rivera (2021).

De acuerdo con Toth (1999) la interpretación conceptual de los sistemas de flujo del agua subterránea permite de manera clara, un mayor acercamiento a los procesos que existen en las aguas subterráneas, pero su representación, hasta la fecha, no aparece en los esquemas del ciclo hidrológico que se imparten en los ámbitos académicos, ni en diversos medios como la web y tampoco ha sido posible institucionalizar programas académicos enteramente dedicados a la hidrogeología, como bien ha sucedido con la ingeniería hidráulica. Es de notar que en la UNAM, recientemente se creó apenas un programa de especialización en la Facultad de Ingeniería, mientras que en el Instituto de Geografía en abril del 2022, se aprobó la creación de un Seminario de Investigación en Agua Subterránea y Cambio Climático.

A pesar de la evidente limitación epistemológica y de divulgación que tienen las aguas subterráneas en su estudio tradicional como ciclo hidrológico, en la dinámica y generación del conocimiento en la Geografía, poco se ha prestado atención a desarrollar un enfoque propio para el estudio, análisis y abordaje del agua y, mucho menos, del agua subterránea. Dicho de otro modo, hasta aquí se ha planteado una epistemología del agua en términos de la dinámica de ciencias puras como la Hidrología y la Hidrogeología, distinguiéndose claramente un enfoque cartesiano del agua, claramente representando en el esquema gráfico del ciclo del agua, donde ciertamente, las relaciones sociales están ausentes.

En recientes contribuciones Hatch-Kuri (2021), afirma que el agua subterránea es invisible, está fragmentada epistemológicamente y además despolitizada. Este autor recupera el planteamiento teórico de geógrafos como el propio Jamie Linton, y Jessica Budds (Linton y Budds, 2014) y de especialistas como Swingeudouw (2009). Para este conjunto de autores el agua es un “híbrido”, planteamiento metafórico que expresaría que el agua en tanto tiene una base material como una social. No obstante, Hatch-Kuri (2021), defiende la tesis de que el agua vista en el marco del espacio geográfico emerge más allá de su simple materialidad cíclica global. Dicho de otro modo, el espacio geográfico revela la capacidad de organización social que existe sobre el agua, produciéndose así muchas aguas, con diferentes propiedades, cualidades y atributos, en coexistencia espacio-temporal y en diversas escalas de análisis. Así, el autor defiende la presencia de múltiples “aguas”, como *las aguas urbanas, las aguas agrícolas, las aguas residuales, el agua potable, el agua tratada, el agua pluvial, el agua reciclada, el agua embotellada (purificada), el agua salobre, el agua de retorno, las aguas congénitas o las aguas transfronterizas*.

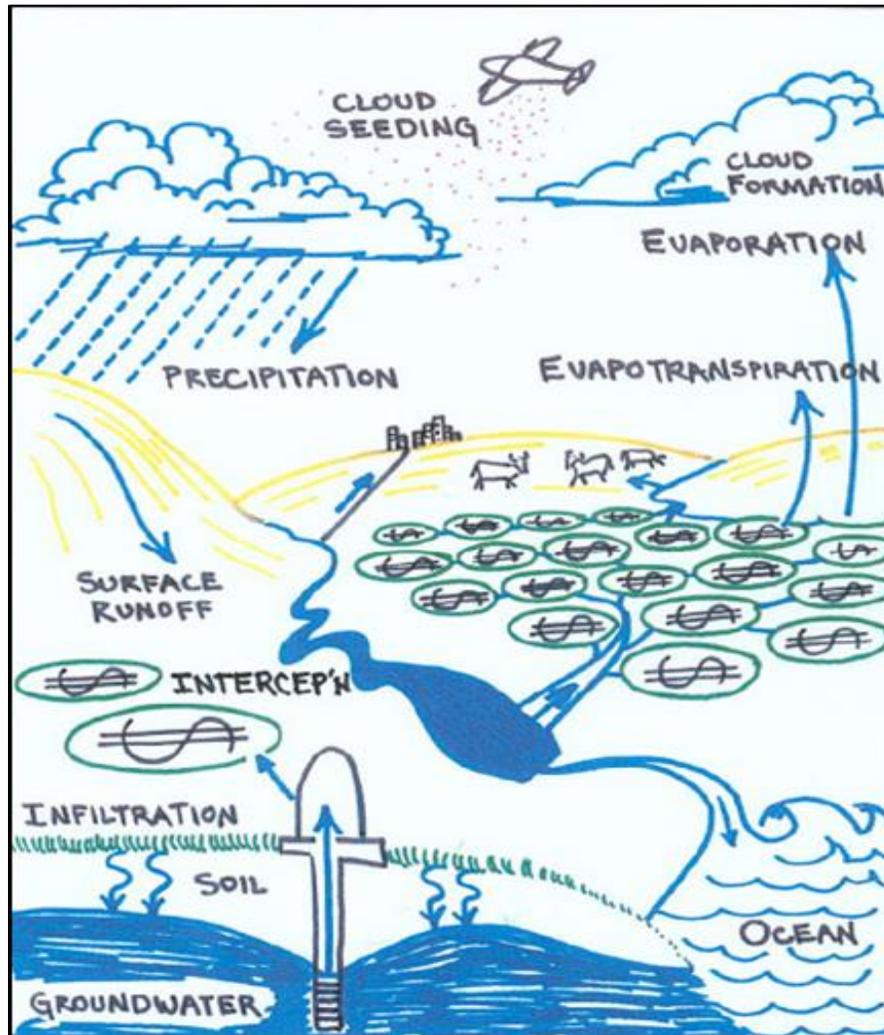
Estas aguas, defiende el autor, internalizan, producen y reproducen bajo múltiples escalas las contradicciones sociales, las capacidades institucionales y el ejercicio del poder y control sobre el agua. Así, la conjunción del capital, la tecnología (infraestructura) y la fuerza de trabajo, son capaces de producir cada una de estas “aguas”; produciéndose en-el-espacio-tiempo y escala conflictos asociados a cada una de éstas. Es más, Hatch-Kuri (2021) y Hatch-Kuri y Carrillo-Rivera

(2023), sostienen que el agua subterránea es un agua producida, porque la conjunción de la técnica de la perforación, la instalación de una bomba –que extrae agua a velocidades de litros sobre segundo-, gracias a su conexión al tendido eléctrico, resume lo que para el propio Jamie Linton (2006) conceptualiza como “aguas modernas” o aguas producidas por el entrecruce de múltiples relaciones sociales, de poder e institucionales en un espacio-tiempo-escala particulares.

Si consideramos este planteamiento, entonces el agua subterránea alumbrada y extraída por medio del bombeo (pozo), es un tipo de agua producida por sí sola, porque refleja nuestra modernidad contemporánea, metafóricamente hablando, es justamente un “agua híbrida”, porque tanto refleja la materialidad del H₂O (puede ser en los términos de la hidrogeoquímica e hidrogeología), como social, debido a su capacidad de resumir la fuerza y desigualdad del capital, la infraestructura y la fuerza de trabajo y la acumulación de rentas a partir de su aprovechamiento (Figura 3); es *una segunda naturaleza* o como, también afirman Budds y Linton (2013) es el *ciclo hidrosocial*.⁴

⁴ Se reconoce que el concepto *ciclo hidrosocial* es una propuesta cada día más citada para avanzar en la problematización de los desafíos socioambientales del agua. Sin embargo, en esta investigación, nos decantamos por concretizar acerca de la importancia del agua subterránea en una comprensión teórica análoga con este planteamiento, como un agua moderna y producida.

Figura 3. Diagrama de los flujos del agua moderna.



Fuente: Elaboración por Kate Ely, citada por Budds y Linton (2013:137).

Aunque los estudios del proceso de la hibridación “agua-sociedad” se realizan desde inicios del siglo XX, no fue hasta la década de 1990 que se desarrollaron nuevos enfoques para entender la conexión del agua y el poder social. Marx incluso menciona la apropiación de la naturaleza como un mecanismo social para satisfacer sus necesidades, pero en este metabolismo, el ser humano se aprovecha de sus conocimientos y su trabajo físico atribuyéndose el control de los medios naturales a su conveniencia, desde las civilizaciones antiguas como Egipto, Mesopotamia, China e India, grupos de élite asociados a líderes religiosos alcanzaron un dominio en el desarrollo de infraestructura hidráulica, lo que les permitió centralizar todo el

control o las decisiones referentes al agua. Como lo explica la Figura 3 de Kate Ely, la gestión hídrica ha sido siempre una cuestión de poder, de resolución de conflictos, los sectores que establecen las normas (agencias gubernamentales, estatales, etc.) son quienes regulan la distribución del agua, y están orientados por políticas que demuestran mayor interés por los influjos capitalistas, percibiendo al agua como un producto comercial más que un elemento indispensable para el desarrollo humano (Budds y Linton, 2013).

En suma, esta investigación considera al agua subterránea como un agua producida para aproximarse al conjunto de análisis relacionados con la gestión de las aguas subterráneas y las políticas que se han construido para fortalecer la seguridad hídrica en el país; análisis que se ha visto sesgado, en parte, por el modelo conservador y tradicional sobre el funcionamiento del agua que prevalece en la Geografía.

1.4 Gestión y límites geográficos como factores de conflicto en el agua subterránea

De todos los elementos que el ser humano ha utilizado para su aprovechamiento y explotación, el agua cumple un rol esencial porque es un factor decisivo para la supervivencia de las personas, su salud y numerosas actividades que permiten el libre desarrollo individual y colectivo diariamente, también es un motor para la producción de alimentos, energía y diversas ramas del sector turístico (CONAGUA, 2015). Empero, en los últimos años se ha recrudecido una aparente escasez del agua, que requiere examinarse con mucha rigurosidad porque puede llegar a confundirse con una escasez natural del agua, configurando conflictos que, en el fondo, están revelando las contradicciones de la desigualdad social en términos de acceso, apropiación y distribución del agua, o como sostenemos, de las diferencias geográficas que cada agua producida revela.

Trabajos previos de expertos reconocidos en el abordaje de los problemas asociados a la gestión del agua subterránea en México, como los de Hoogesteger y Wester (2015, 2017) sugieren que la reasignación parcial o total de los volúmenes de agua amparados en los títulos de concesión entre interesados en vender y

comprar “agua” (en términos administrativos), ha creado un mercado de agua en México, que si bien está permitido por la Ley de Aguas Nacionales (artículos 33 al 37), ha propiciado una fuerte competencia entre estos, donde prevalece la perforación indiscriminada, gracias a la propiedad individualizada de las bombas, el acceso generalizado a la electricidad o, en su caso, el diésel y la tenencia privada de la tierra. Verbigracia, en el caso de la Comarca Lagunera (la región interestatal de Torreón-Gómez Palacio), J. Hoogesteger (2018) demostró que más de 20,000 usuarios agrícolas vendieron 12,000 títulos de concesión a cuatro compañías privadas en 1998, debido a que el bombeo dejó de ser rentable para los agricultores, pues el costo asociado a la perforación y construcción del pozo (\$100,000 a \$250,000 dólares en adelante), propicia que la extracción y bombeo del agua subterránea, pero también la concentración de derechos sean un privilegio de clase asociado a un régimen político que se distingue por prácticas de corrupción en el sector hídrico, como lo demostró en su estudio del caso del Valle de Toluca, Estado de México la especialista N. Reis (2014).

Estimular el desarrollo económico local y regional, por medio del desarrollo de infraestructura de alta tecnología sin control alguno (construcción de pozos, conexión a la electricidad y red de distribución del agua), ha hecho que la transformación socio-técnica que condiciona el aprovechamiento del agua subterránea, -recordamos, la producción de esta agua exprese contradicciones y relaciones de poder. Problemas como la especulación, el acaparamiento de títulos de concesión y volúmenes físicos del agua⁵ ha propiciado el desarrollo de una aparente “crisis hídrica” que se potencializa, además, por una visión esencialista auspiciada por los medios de comunicación masiva en la que por falta de agua se produce un “día cero”, como sucedió en Ciudad del Cabo, Sudáfrica a inicios de 2018.⁶

⁵ Véase el documental producido por la televisora alemana *Deutsche Welle* “La lucha mundial por el agua”, publicado en 2020 en el contexto del Día Mundial del Agua, 22 de marzo. Notar el caso extremo de los mercados financieros de agua en Australia e Inglaterra en los que se muestra la acumulación y el control físico de caudales de agua superficiales y la plusvalía producida en estaciones de sequía. Disponible en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=bxOJI-gEzSM>

⁶ En la web basta una búsqueda sencilla del tema para atestiguar el número de notas por este tema. Para fines de ilustrativos véase la nota de la BBC de Londres “Ciudad del Cabo: el día cero en el que

Recientemente, el *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020* de Naciones Unidas-Agua, reconoce que existen dos tipos de escasez hídrica, la primera es *la física* que tiene un comportamiento estacional y que afecta a más de 4,000 millones de personas en el globo. Debe aclararse que esta visión descansa exclusivamente en las mediciones de los patrones del comportamiento de los cuerpos de agua superficial y de la precipitación estacional. La segunda, corresponde a la *escasez de orden económica* que hace énfasis a la ausencia de infraestructura para acceder al agua (consumo) y que afecta a 1.6 mil millones de personas (UNESCO, ONU-Agua, 2020: 21); esta escasez, agregamos, representa el coto de poder político del gremio de los ingenieros dedicados a la hidráulica y de los economistas en el sector público y privado del agua.

Las Naciones Unidas tardaron bastante en posicionar una visión crítica en el abordaje de la escasez del agua, pero la producción del agua subterránea revela justamente, las contradicciones discursivas y las enormes desigualdades que prevalecen en la gestión del agua. Precisamente, debemos recordar que gestión del agua significa gestión de conflictos, como bien dice Dourojeanni (1999), una gestión que además deberá establecer sus propias reglas del juego. Para este especialista, en realidad existe agua suficiente, pero el crecimiento acelerado de la población, agregamos, el acelerado cambio de uso de suelo, superan la capacidad del Estado para proveer de agua suficiente a quien la demanda, teniendo en consecuencia el incremento de conflictos (Dourojeanni, 1999:8).

En este capítulo, hemos recalcado la importancia de la dualidad naturaleza-sociedad, pero también de la producción del agua subterránea, para entender las redes que inciden en las múltiples formas de organización sobre el control del agua, este primer acercamiento es factible para comprender el alcance de las políticas gubernamentales que profundicen en el conocimiento sistémico de las aguas subterráneas, a fin de promover una correcta extracción de los volúmenes disponibles y evitar escenarios alarmantes de escasez, síntoma de una mala gestión

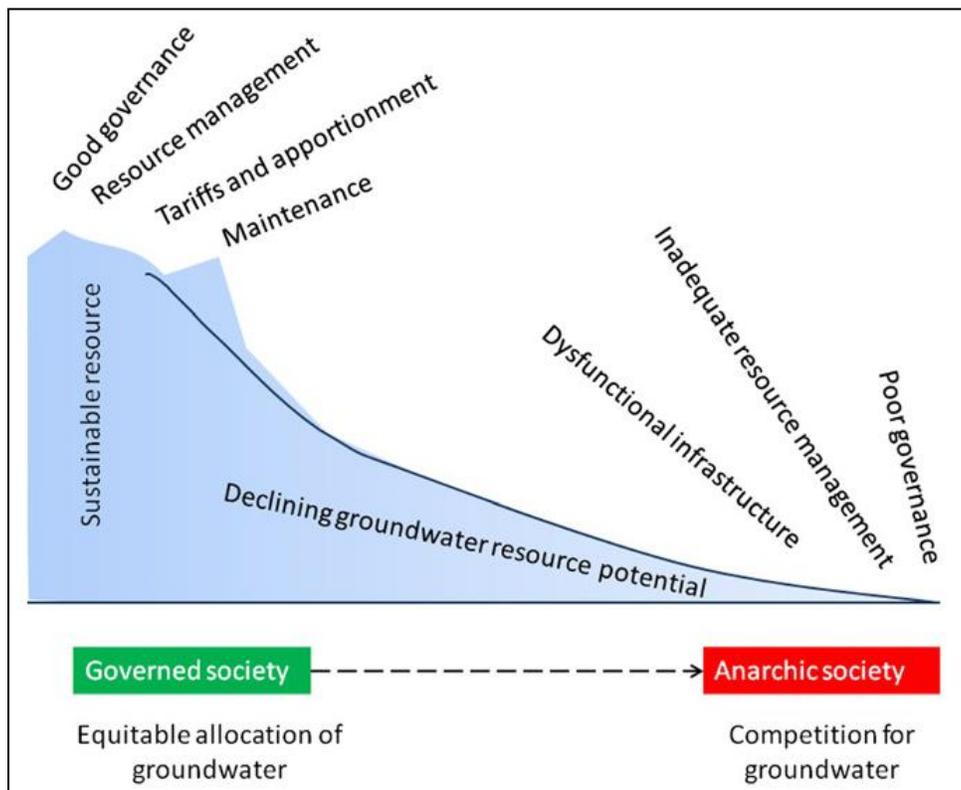
por primera vez una gran ciudad del mundo podría quedarse sin agua". Disponible en línea: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-42742476>

en los mecanismos utilizados por las instituciones y diversos actores sociales que influyen en las decisiones referentes al agua. Los desafíos recaen precisamente en la conformación de estrategias políticas que contribuyan al acceso equitativo del agua y a mantener un clima de estabilidad sobre todo para las sociedades más vulnerables, principales afectados por el acaparamiento intensivo que han perpetuado los sectores industriales privados (Hoogvester y Wester, 2015).

A su vez, dicho fenómeno expone problemáticas que pueden surgir ante la falta de acciones contundentes que reafirmen el potencial de las aguas subterráneas. Un modelo de interés es el propuesto por especialistas como Robins y Fergusson (2014), el mismo permite identificar qué elementos y características definen dos extremos en los que estaría por definirse un marco “ideal” de gestión adecuada para las aguas subterráneas: es decir entre una “sociedad gobernada” y una “sociedad anárquica” (**Figura 4**). Se debe hacer notar que en un extremo favorable (color verde), una “sociedad gobernada”, sería sinónimo de una *distribución equitativa del agua*, que además estaría expresándose por la abundancia de agua física, distinguida por una buena gobernanza, una gestión efectiva del agua, tarifas competitivas y presupuesto constante; mientras que la situación contraria, expresa déficit de agua física y surgimiento de una “sociedad anárquica” (color rojo), en la que la constante es la infraestructura disfuncional, una pobre gobernanza y un cuadro de competencia por el agua (Robins y Fergusson, 2014).⁷

⁷ Temas y conceptos como gobernanza del agua y competencia por el agua, debieran ser examinados a profundidad en trabajos futuros, dado que tienen implicaciones de primer orden en la producción de las diversas aguas en-el-espacio-tiempo-escala.

Figura 4. Esquema de la gestión del agua subterránea: de la equidad a la competencia (Robins y Fergusson, 2014).



Fuente: Recuperado de Robins y Fergusson (2014).

Este modelo de análisis fue aplicado por estos mismos autores en su estudio para comprender la crisis institucional del agua en Medio Oriente, como fue el caso de Yemen. En ese país, el aparente desecamiento de un único acuífero que abastece de agua su capital del país, Saná, condujo a disturbios entre el gobierno y las clases sociales más bajas que no eran capaces de costear los precios de un suministro privado (privatización previa del sistema de distribución del agua potable y saneamiento). Dicha confrontación produjo el éxodo e influjo de cientos de personas hacia África, en las regiones de Somalia, no obstante esta nación padecía desde largo tiempo atrás adversidades propias que desataron enfrentamientos armados entre clanes rivales debido a la escasez de agua subterránea. La inestabilidad social que se vivió en Yemen a inicios de la década anterior derivó en protestas violentas, como consecuencia de la falta de medidas y planes idóneos para revertir la poca oferta de agua que sufrió la población.

Otro caso similar sucedió en Siria, donde la escasez de agua subterránea y el sistema fallido de asignación gubernamental, propició el recrudecimiento de los conflictos en una ciudad limítrofe con Jordania. Estas regiones del mundo tienen en común una total dependencia sobre el agua subterránea, se sitúan en la zona contigua a la enorme extensión de la zona desértica de Al Magreb, pero sobre todo, impera la extrema pobreza y las marcadas desigualdades sociales. Por ello, los Estados y los organismos supranacionales como las Naciones Unidas, deben plantear estrategias que frenen el agotamiento físico del agua y la configuración de sociedades anárquicas, pero también proveyendo de los medios necesarios para acabar con las desigualdades sociales, los enfrentamientos armados y las migraciones.

El modelo de análisis de Robins y Fergunsson (2014) fue empleado por Hatch-Kuri, (2017), para analizar la gestión de las aguas transfronterizas México-Estados Unidos, de hecho en una escala local que refiere a la región binacional de Paso del Norte le permitió concluir que la falta de infraestructura moderna, el monitoreo constante del agua, y sobre todo el asesoramiento de instancias y personal capacitado que entiendan el dinamismo hidrogeológico, debilitan la ejecución de acciones que favorezcan la distribución igualitaria entre todos sus usuarios. No obstante, este autor ha señalado en diversas ocasiones las limitaciones al modelo citado, sobre todo en lo que se refiere a la dimensión geográfica.⁸

Considerando tanto la crítica formulada con anterioridad al planteamiento tradicional de la enseñanza del agua en la Geografía, pero también a las limitaciones de los modelos de análisis a los problemas del agua subterránea, la propuesta de Theesfeld (2010) acerca de la instrumentación de una gestión y política pública del agua subterránea, es rigurosa respecto al modelo de Robins y Fergunsson (2014). Esta autora sugiere tres tipos de instrumentos para la gestión y

⁸ En una de las sesiones de trabajo académico a distancia, en línea (vía zoom) del Seminario de Investigación en Agua Subterránea y Cambio Climático ocurrida en el mes de octubre del 2021, el autor discutió con los estudiantes de la Licenciatura en Geografía las limitaciones del modelo y presentó el análisis de una literatura que sugería revisar el tema de los límites geográficos en la gestión del agua.

la política pública del agua subterránea, los cuales clasificó de carácter regulatorios, económicos y de participación social (Tabla 1).

Tabla 1. Tipificación de los instrumentos de gestión y de política pública para el agua subterránea.

Instrumento	Alcances	Problemas observados
Regulatorios	Derechos sobre el agua: Asignación; acceso; extracción; uso; exclusión; gestión y alienación.	Distinguir del dominio público o privado del agua.
Económicos	Tasas (multas/penalidades) directas e indirectas. Mercados de agua Subsidios e impuestos	Se carecen de reglas precisas para estimular el uso del agua o desincentivarlo, sobre todo, cuando se registra sobreconcesionamiento y sobreexplotación.
Participación social (Consejería/voluntariado)	Instrumentos para descentralizar toma de decisiones.	Debilidad de las estructuras de gobernanza del agua: control total o descentralización y autonomía.

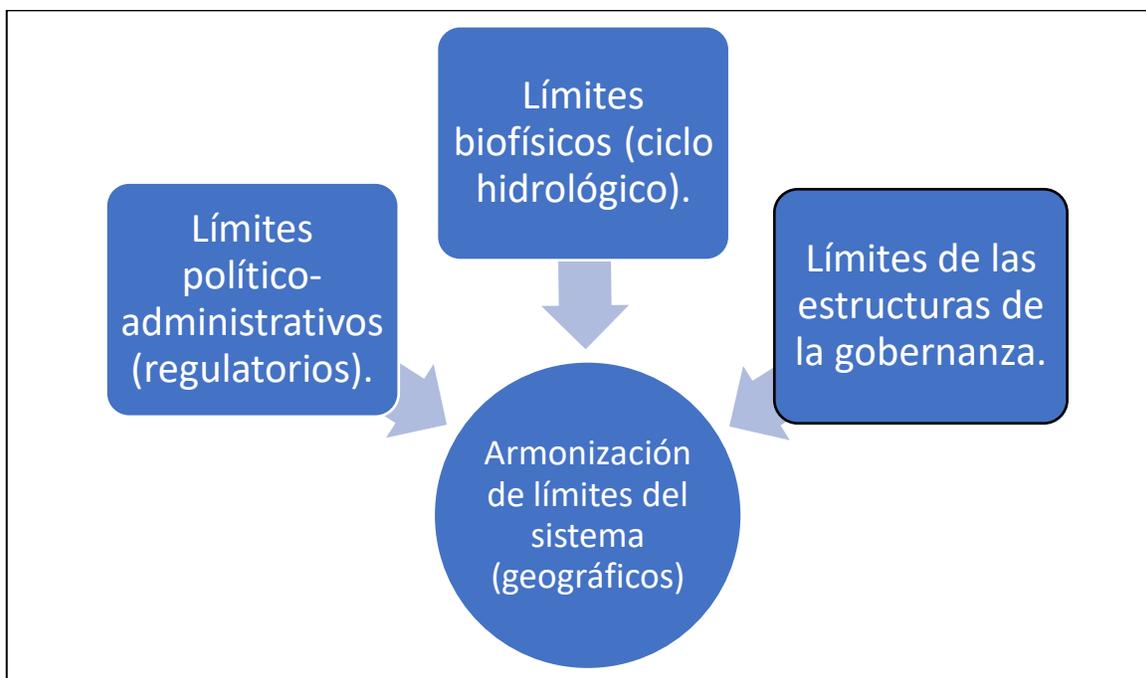
Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de Theesfeld (2010).

La especialista sugiere una serie de acciones de carácter institucional para que los instrumentos puedan cumplir cabalmente con los alcances señalados en la Tabla anterior. De esa manera, sostiene que para que instrumentos regulatorios y económicos sean eficaces, se requiere claridad sobre el dominio de los derechos de agua, especificar los términos de la duración de los derechos, establecer los límites a la extracción del agua, diseñar instrumentos de tasas o multas positivas o impositivas, subsidios para la posesión de los derechos de agua o por suscribir transacciones (mercados de agua), suspender derechos o aumentarlos, renovarlos y revisarlos, entre otros. Mientras que para el caso de la participación social que alude a la gobernanza, sugiere que una descentralización en la toma de decisiones, aunada a una compensación económica, podría beneficiar a los usuarios y personas que limitadamente han podido participar en la gobernanza del agua (Theesfeld, 2010:137).

Se debe reconocer que en todas estas acciones es el Estado quien despliega acciones institucionales para permitir el avance o cambio hacia esas direcciones, sobre todo en casos como el mexicano donde el agua está fuertemente

centralizada. Por ello, indica que un problema fundamental por resolver y que estimula los conflictos y agudiza la crisis institucional de la gestión del agua es la falta de armonización de los límites geográficos del sistema y que son de carácter biofísico, jurisdiccional y de participación social (Gráfico 1).

Gráfico 1. Tipificación de los límites geográficos que inciden en la gestión y política pública del agua.



Fuente: Elaboración propia a partir de I. Theesfeld (2010).

Los límites biofísicos serían aquellos que aluden al carácter de los acuíferos o del agua subterránea, dicho de otro modo, de una fracción del ciclo hidrológico. Mientras que los límites jurisdiccionales refieren a las delimitaciones político-administrativas que indican los límites de las regulaciones institucionales del agua, fraccionando el territorio para dichos fines. Finalmente, las sociales o de participación social, refiere a las estructuras de toma de decisiones que bien pueden ser de naturaleza estatal o autonómicas, en las que se aglutinan a los usuarios del agua poderosos y las comunidades locales y que tiene una dimensión geográfica que generalmente coincide con la político-administrativa. Concluye entonces, como se aprecia en el gráfico anterior, que el ideal es compatibilizar o armonizar los tres

límites del sistema para lograr que la gestión y la política pública del agua cumplan, efectivamente, lo encomendado (el deber ser). Así concluye que la selección de los límites es siempre un acto político, por ello nunca son definitivos y solo los cambios sociales producen su modificación (Theesfeld, 2010:138).

En suma, se observa que el modelo que presentó Robins y Fergusson (2014) sobre la “sociedad organizada” en la que priva una distribución equitativa del agua subterránea caracterizada por la abundancia, es una mirada sintética del problema, mientras que la propuesta de Theesfeld (2010), propone particularizar en los instrumentos que permitirían lograr una adecuada gestión (de conflictos) y reconoce el problema de los límites geográficos como un aspecto clave. Precisamente, este es uno de los fundamentos teóricos que también guiarán la presente investigación.

1.5 La construcción de la seguridad hídrica

Para autores de vertiente crítica como J. Schmidt (2014), existe una relación que articula el discurso de la *escasez* con la *seguridad hídrica*, la cual se refleja en un determinado nivel de presión ejercida por los grandes organismos supranacionales como el Banco Mundial y los consorcios transnacionales interesados en la desregulación del agua. Este autor aclara que si bien el concepto de *seguridad hídrica* es aún incipiente, no por eso deja de posicionarse con una perspectiva utilitarista. A juicio de este autor, para sostener esta relación *escasez-seguridad hídrica*, el *Consejo Mundial del Agua* en 1998, presentó en el *Foro Mundial del Agua* del 2000, intitulado *A Water Secure World: Vision For Water, Life and the Environment*, el cual se inspira en los *Principios de Dublín* de 1992 (Schmidt, 2014:140). En este documento se fundamentan los vectores que guían la *seguridad hídrica*, como la satisfacción de las necesidades básicas, el aseguramiento del suministro de alimentos, la protección de los ecosistemas, compartir el agua subterránea, la gestión de los riesgos, la valoración del agua, entre otros. Se advierte que en los últimos 17 años la *seguridad hídrica* promovida por el Banco Mundial y la Asociación Mundial del Agua funciona como un objetivo “estratégico” para que los países la adopten y modifiquen su sector hídrico.

En su análisis reciente, Hatch-Kuri (2021), considera que el debate de la *seguridad hídrica* refleja en cierta manera cómo la gestión del agua se encuentra inherente a la lógica del mercado a través de:

1. La evaluación de la disponibilidad física del *recurso agua*;
2. La capacidad de gestión para responder y adaptarse a escenarios de baja disponibilidad hídrica (escasez y resiliencia);
3. La evaluación de la relación costo-efectividad (rentabilidad) y,
4. La toma de decisión con la participación de todos los involucrados (gobernanza).

Este autor, cita como fundamento, los trabajos de Cook y Bakker (2012) quienes analizaron la *seguridad hídrica* advirtiendo dos vertientes: la primera, es su análisis de acuerdo con el acceso, uso, distribución y consumo del agua y, la segunda, desde una perspectiva interdisciplinaria e integradora, se emplea como un enfoque para explicar los problemas hídricos orientados hacia la sustentabilidad, el crecimiento económico y la vulnerabilidad climática.

Existen, además, definiciones con un mayor nivel de aceptación, como la de ONU-Agua (2013), que refiere a la *seguridad hídrica* como “la capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sostenible; para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y para preservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política”.

De ese mismo modo, en 2013, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) publicó su propia definición, en la que explicita la noción del riesgo y de la *vulnerabilidad hídrica*: “la seguridad hídrica consiste en mantener en niveles aceptables cuatro riesgos asociados al agua: el riesgo de escasez, como falta de agua suficiente (en el corto y largo plazo) para los usos beneficiosos de todos los usuarios; el riesgo de inadecuada calidad para un propósito o uso determinado; el riesgo de los excesos (incluidas las crecidas),

entendidas como el rebase de los límites normales de un sistema hidráulico (natural o construido) o la acumulación destructiva de agua en áreas que no están normalmente sumergidas; y el riesgo de deteriorar la resiliencia de los sistemas de agua dulce, por exceder la capacidad de asimilación de las fuentes de agua superficiales o subterráneas y sus interacciones, con la eventual superación de los umbrales aceptables, causando daños irreversibles en las funciones hidráulicas y biológicas del sistema”.

Otro documento de naturaleza semejante es *Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth*, publicado en 2015, recupera lo ya dicho por Grey y Sadoff (2007), “la seguridad hídrica es la existencia de un nivel aceptable de cantidad y calidad de agua para la salud, la subsistencia, los ecosistemas y la producción, junto a un nivel aceptable de riesgos para las personas, el medio ambiente y la economía asociados al agua”. Ahora bien, considerando el análisis riguroso de estos y otros conceptos efectuados por H. Peña (2016) en su trabajo sobre *seguridad hídrica para la Comisión Económica para América Latina*,⁹ es posible observar la importancia que se le otorga a la relación disponibilidad-demanda-escasez-riesgo.

De manera conjunta a los temas previstos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, también se ha desarrollado el Programa Hidrológico Internacional (PHI) por la UNESCO con el objetivo de promover la innovación científica y las estrategias multi y transdisciplinarias para garantizar el manejo adecuado de los recursos. Desde 1965 este organismo ha propuesto acuerdos que implementan medidas políticas y conocimientos científicos dirigidos a brindar mayor capacidad de gestión sobre los recursos hidrológicos (Jiménez-Cisneros, 2015), la octava fase celebrada a partir del año 2014 se enfocó en: “*Seguridad hídrica, respuesta a los retos locales, regionales y globales*”.

En esta fase se presentan puntos clave para la gestión adecuada que se sustentan principalmente en los siguientes rubros:

⁹ Peña, Humberto; “Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe”, CEPAL-Cooperación Alemana -ONU, 2016, pp.57., <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40074-desafios-la-seguridad-hidrica-america-latina-caribe>

- Garantizar el acceso al agua y que ésta se encuentre en condiciones óptimas en calidad y cantidad para abastecer a la sociedad al mismo tiempo que resguarda el equilibrio ecosistémico.

- Iniciativas que protejan el balance hídrico ante eventos climáticos adversos como sequías, inundaciones, así como otros factores que vulneren la disponibilidad de agua en el mundo: crecimiento poblacional, cambio de uso de suelo, producción alimentaria, energética, etc.

- Manejo sustentable de las aguas subterráneas.

En este marco aparece integrado el concepto de aguas subterráneas como tarea esencial en la construcción de una seguridad hídrica sólida. Los acuerdos del PHI incluyen mejorar el entendimiento de los aspectos científicos, sociales, económicos, legales y ambientales de los acuíferos (además de acuíferos clasificados como transfronterizos) para evitar su sobreexplotación y manejos inadecuados (Jiménez-Cisneros, 2015).

Para Ávila García (2008) lograr la seguridad hídrica significa satisfacer todas las necesidades que una sociedad requiere para sus funciones básicas y actividades diarias en el ámbito social y cultural, así como para las cantidades que se necesitan en la producción de alimentos y servicios sin poner en riesgo los volúmenes de agua disponibles en la región y que puedan dar pie a disputas territoriales entre varios actores sociales resultado de una mala gestión hídrica. Además, garantizar un mayor control en el suministro de los recursos hídricos compromete al cuidado responsable y la conservación de los ecosistemas acuáticos como factores de equilibrio hidrológico natural y vital para el ser humano.

Lograr la seguridad hídrica implica desarrollar una serie de herramientas técnicas (infraestructura moderna, sistemas de riego efectivos y sistemas de captación) legales (políticas y marcos regulatorios que entiendan el movimiento hidráulico de las aguas subterráneas) y sociales (cambios de paradigma hacia un mejor cuidado del agua, en donde se visibilice la participación que le corresponde a cada sector), el trabajo y las medidas que se realicen con base en estos enfoques permitirán a las sociedades alcanzar una óptima seguridad hídrica, que no se trata más que alcanzar la capacidad de las sociedades para aprovechar el máximo

potencial del agua en todas sus funciones, es prioritario destinar los recursos hídricos a todas las áreas que son indispensables para el soporte humano y fortalecer las habilidades de recuperación de las diversas regiones ante posibles eventos futuros extremos como consecuencia del cambio climático o conflictos socio-territoriales que puedan surgir (Sadoff y Müller, 2010).

Capítulo 2. Conceptos, límites y control territorial del agua subterránea

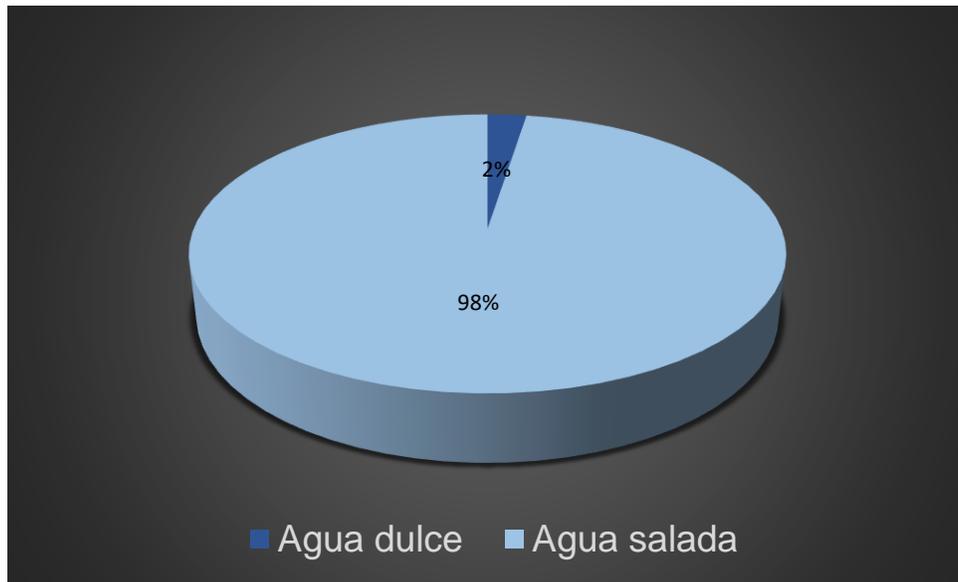
2.1 Distribución natural del agua en el mundo

El agua es un elemento que adquiere matices sociales y políticos al desempeñar un papel fundamental en el funcionamiento de la corporalidad de los seres humanos y también dentro del ambiente o naturaleza. Sin embargo, en los últimos años se ha posicionado en la academia, el gobierno y la sociedad civil, un discurso para legitimar que su manejo se enfoque principalmente en cubrir la demanda social, sin tomar en cuenta por ejemplo, otros sujetos no obligados del derecho como el ambiente. Esto a pesar de que se han llevado a cabo esfuerzos para incorporar medidas como el caudal ecológico que es un volumen de agua mínimo que garantice la reproducción de los ecosistemas, lo que aumenta a su vez, las posibilidades de una sociedad sostenible a medida que crece la demanda por este líquido (SEMARNAT, 2012).

En aras de preservar la coherencia teórica y epistemológica planteada en el capítulo anterior, es importante considerar la importancia de la magnitud del agua subterránea en el contexto de la distribución natural del agua dulce continental, dado que su nulo prestigio social es ocasionado por la mínima información que se ha adquirido en la educación académica acerca del ciclo hidrológico en su conjunto.

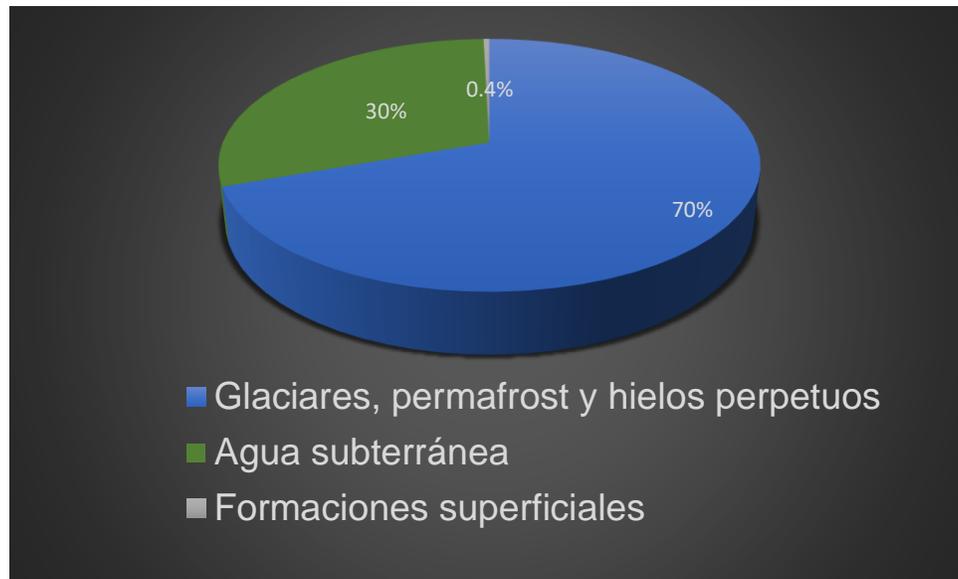
Se estima un valor aproximado de 1,400 millones de kilómetros cúbicos (Km^3) de agua en el planeta (Gráfico 2), de esta cifra, el 2.5 % corresponde al agua dulce continental con un volumen aproximado de 35 millones de Km^3 , mismos que en su mayoría corresponden a los glaciares, permafrost y formaciones de hielo perpetuos ubicados, tanto en los casquetes polares como en las cumbres de alta montaña (Gráfico 3).

GRÁFICO 2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL ORBE



Fuente: Elaboración propia con datos del SINA-CONAGUA (2019).

GRÁFICO 3. DISTRIBUCIÓN GLOBAL DEL AGUA DULCE CONTINENTAL



Fuente: Elaboración propia con datos de: SINA- CONAGUA (2019).

El agua salada se conforma por el volumen de los grandes océanos mientras que el agua dulce continental, se distribuye de manera heterogénea en los continentes y el subsuelo, así un 0.4 % del total, alrededor de 140 mil Km³ se encuentran en las

formaciones superficiales¹⁰ de todo el planeta. En contraste, un 30 %, poco más de 10 millones de Km³ corresponden al agua subterránea, una cantidad significativa, toda vez que significa en realidad el 97 % del agua dulce continental *físicamente disponible*, pues como se ha considerado en análisis previos (Barlow y Clarke, 2004), el reservorio de agua localizado en los glaciares todavía no es económicamente rentable, quedando en el debate político y académico el agua subterránea y el agua superficial que corresponde al 3 % restante del agua dulce, excluyendo los glaciares. A pesar de su dimensión global, el agua subterránea sigue siendo mínimamente visible en los esquemas del ciclo hidrológico, quedando abierta la interrogante, si las mayores reservas de agua dulce no congelada del planeta se localizan en el subsuelo, ¿por qué dichos esquemas soslayan los impactos socioambientales que derivan de la producción de las diferentes “aguas”?

De acuerdo con Gleeson et al., (2020), existen una serie de desafíos a escala global que identifican a la gestión contemporánea del agua subterránea, tales como su existente falta de comprensión actual y una limitada difusión de las dinámicas hidrogeológicas que le distinguen, incluyendo la debida caracterización de los sistemas gravitacionales de flujo, la falta de hidrogeólogos en la sociedad y su escasa divulgación cultural, lo que propicia que el agua subterránea parezca un tema de élites académicas y gubernamentales.

Otros factores como las enormes brechas de desigualdad que predominan en cada región del mundo y que influyen en los patrones de aprovechamiento y el nivel de prioridad que cada gobierno otorga a la innovación de estrategias coherentes para regular las extracciones ahondan en esa confusión aviesa que distingue el abordaje académico e instrumental del manejo y política pública del agua subterránea. Dichos autores también enfatizan en su análisis relacionado con los marcos políticos globales que, los diversos organismos deberían producir y reunir los conocimientos necesarios, así como estimular la cooperación internacional que facilite las medidas requeridas para alcanzar una gestión en aguas subterráneas sostenible para el futuro.

¹⁰ De acuerdo con la información obtenida de SEMARNAT (2012), el porcentaje de aguas dulces comprende diversas formaciones superficiales como cuencas hidrográficas, lagos, arroyos, embalses o presas y el volumen de agua dispersa en la atmósfera.

Se debe hacer notar que la distribución del agua dulce continental a la que se ha hecho referencia, visto desde el enfoque teórico citado, alude en el caso del agua subterránea, a sistemas de flujo de agua que, en términos hidrogeológicos, aún permanece oculta y es desconocida, es una *primera naturaleza*, que se encuentra planteada por las ciencias de la Tierra, como la hidrogeología, en términos globales, para su incorporación futura en los diferentes procesos productivos, de producción de las *diferentes aguas*.

2.1.1 El agua subterránea a nivel global

Las aguas subterráneas cumplen numerosas funciones para los grupos humanos, son el principal insumo de agua para la agricultura a nivel mundial (75 %), actividad económica que constituye la base de la industria alimentaria. Además, conforman parte indispensable del equilibrio ecosistémico, porque mantienen la humedad del suelo y son la fuente de vida de numerosas formaciones naturales, también de la cobertura vegetal que no está sometida estrictamente a los patrones de precipitación (variabilidad de las estaciones de estiaje y húmeda) mientras que las enormes zonas desérticas alimentan el caudal presente de los oasis.

Si bien su bombeo o extracción indiscriminada ha promovido un beneficioso incremento en el desarrollo económico y social en algunas regiones donde la sequía se presentaba como un malestar continuo, las extracciones han intensificado la producción agrícola, propiciando efectos negativos como un giro hacia la producción de cultivos de alto rendimiento, el despojo y concentración de tierra, contaminación ecológica y una profunda perforación ilegal de pozos.

Los estudios sobre agua subterránea observados desde un enfoque integrador son recientes, la visión de un esquema hídrico que se mantiene en constante movimiento por el subsuelo se definió en las últimas décadas del siglo pasado a medida que surgían más investigaciones sobre el comportamiento real del agua subterránea. Agregado a esto, también fue posible analizar el grado de influencia de diversos procesos planetarios que afectan directamente la distribución del agua subterránea en cada región, mismos procesos que deberán ser tomados

en cuenta más adelante en la construcción de estrategias aptas para la extracción de agua subterránea, atendiendo la resiliencia ¹¹ de regiones pequeñas o localidades que dependen principalmente del uso de este elemento a diferencia de las aguas superficiales.

Al tratarse de un elemento que no puede ser medible con gran facilidad y se encuentra en constante demanda por la producción económica, la recopilación de todo tipo de fuentes para el análisis debe mantenerse activa, la cuantificación de datos como el volumen de recarga y el volumen de extracción, en conjunto con el análisis geográfico (clima, vegetación, geomorfología, etc.) pueden brindar un acercamiento real de la interacción que tienen las aguas subterráneas dentro del ciclo hidrológico, además de su entorno territorial. Glesson et al., (2015) advierte que existe una variación en torno a la antigüedad que presentan las aguas subterráneas, algunas formaciones geológicas de acuíferos que albergan agua subterránea con tiempo de residencia de cientos a millones de años, sobre todo, en las regiones desérticas del planeta, constituyendo el mayor porcentaje (97 %) del total del volumen mundial situada en el subsuelo, mientras que las aguas subterráneas “modernas”, (recargadas en los últimos cincuenta años), son una pequeña porción de ese total y se localizan en regiones húmedas (350,000 Millones de Km³) (Tabla 2). La diferencia entre ambas radica en la proximidad en la corteza, al tratarse de aguas modernas que se sitúan a pocos kilómetros bajo el suelo, facilitan su extracción por medio de los pozos y también resultan más vulnerables ante los efectos que puede ocasionar el cambio climático.

¹¹ El concepto de *Resiliencia* define la capacidad de un sistema (puede tratarse de grupos sociales o ecosistemas) para retornar a un ambiente de estabilidad ideal ante situaciones adversas que perturben o dificulten llevar a cabo las actividades y dinámicas normales (Calvente, 2007).

TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE VOLÚMENES DE AGUA EN EL CICLO HIDROLÓGICO (2016).

Estimación de volúmenes de agua en la superficie y en la atmósfera (km ³)		
Agua en la atmósfera		120,000
Agua en la vegetación		1,000
Agua en los cuerpos superficiales		100,000
Agua en el suelo o capa edáfica		16,000
Estimación de volúmenes de agua subterránea por tiempo de residencia de su movimiento en el subsuelo (Edad) (millones de km ³).		
Agua Moderna	25 años 190,000	50 años 350,000
Agua Antigua	75 años 490,000	100 años 693,000

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Gleeson et al, (2016).

De acuerdo con los autores arriba citados, únicamente si se considera el agua subterránea moderna que se infiltró hace menos de 50 años es del orden de 347,180 millones de km³, volumen que supera más de 3.5 millones de veces el volumen depositado de cuerpos superficiales continentales y que apenas asciende a 100,000 km³, siendo el agua subterránea un elemento que eclipsa al agua superficial.

La misma información proporcionada, sugiere que menos del 6% del agua subterránea moderna se localiza en los primeros 2,000 m de profundidad, propiciando una acentuada vulnerabilidad a eventos climáticos y patrones de aprovechamiento irracionales, lo que se traduce en problemas como la disminución del volumen asequible, la pérdida del flujo base de ríos y humedales produciendo su desecamiento, implicando una ampliación del efecto de la intrusión del agua de mar y el aumento de costos para su bombeo, entre otros (Döll et al., 2014; Famiglietti, 2014).

Todos estos indicadores ponen en peligro un futuro sostenible en términos de disponibilidad hídrica de calidad, por lo que son una razón más para generar estrategias sólidas que garanticen el aprovechamiento adecuado de las aguas subterráneas a corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo con la investigación realizada por Döll et al., (2014) se registró el promedio de agotamiento subterráneo (*Groundwater depletion*, en inglés) en 32 países durante dos periodos diferentes; el primero de cuatro décadas (1960-2000) y el segundo de nueve años (2000-2009), se consideraron diversas variables como el total del volumen almacenado inicial en el subsuelo, la cantidad de agua subterránea extraída y la disminución de los flujos de agua subterránea base.

La Tabla 3 indica dicho promedio con algunos de los países referentes de este estudio.

TABLA 3. NIVELES DE AGOTAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNDO EN KM³ (1960-2000 Y 2000-2009).

PAÍS	Agotamiento subterráneo	Agotamiento subterráneo
	1960-2000 Km ³ / Año	2000-2009 Km ³ / Año
China	2.42	6.27
Libia	0.98	2.33
México	2.02	3.21
España	0.51	1.17
Siria	0.79	1.92
Emiratos Árabes Unidos	0.21	0.99
Estados Unidos de América	10.66	23.47
Yemen	0.37	0.90
Otros países	0.17	0.25
Global	56	113

Fuente: Elaboración propia con datos de: Döll et al., (2014).

Con estos parámetros es posible inferir en una tendencia preocupante que aqueja a muchas regiones del mundo, se puede observar un incremento en los valores asociados a la extracción registrados para casi todos los países y que indica una disminución acelerada en las cantidades estimadas de agua subterránea, tal como los autores sugieren, si se observa con detenimiento, la tasa de disminución de países como México, Estados Unidos o China asciende rápidamente, el caso mexicano muestra una rápida velocidad de disminución del nivel de agua, de 2.02 a 3.21 Km³/ año.

En síntesis, a pesar de la existencia de volúmenes significativos de agua subterránea –sobre todo la considerada como moderna por los hidrogeólogos de 50 años de antigüedad-, el incremento de la velocidad en su déficit, exigen la aplicación de regulaciones más estrictas, esquemas de gestión eficientes inspirados en lo que Robins y Fergusson (2014) sostienen como una “sociedad gobernada” caracterizada por la distribución equitativa del agua subterránea y, en consecuencia un volumen abundante de agua.

2.1.2 El agua subterránea en México

Varias regiones del mundo presentan una clara presión sobre los volúmenes de agua disponibles, algunas zonas de Europa, el norte de África y Medio Oriente, ya padecen una brecha con tendencia negativa entre la demanda necesaria y la oferta disponible de agua; México también padece de este fenómeno en algunas cuencas del norte o del centro del país (Martínez-Austria et al., 2019).

Sin embargo, es conveniente repensar las distintas dimensiones territoriales que puede abordar la inadecuada gestión del agua subterránea, aunque existe una perspectiva global con tendencia clara a su progresiva disminución, podríamos apuntar que uno de sus problemas alude a la falta de información hidrogeológica, la definición del funcionamiento del agua y la organización espacial-territorial de sus límites territoriales, tanto en términos de una dinámica natural como social. De esta manera, en su control y gestión se cruzan múltiples actores e intereses los cuales pueden estar posicionados en una o muchas jerarquías, desde el ámbito

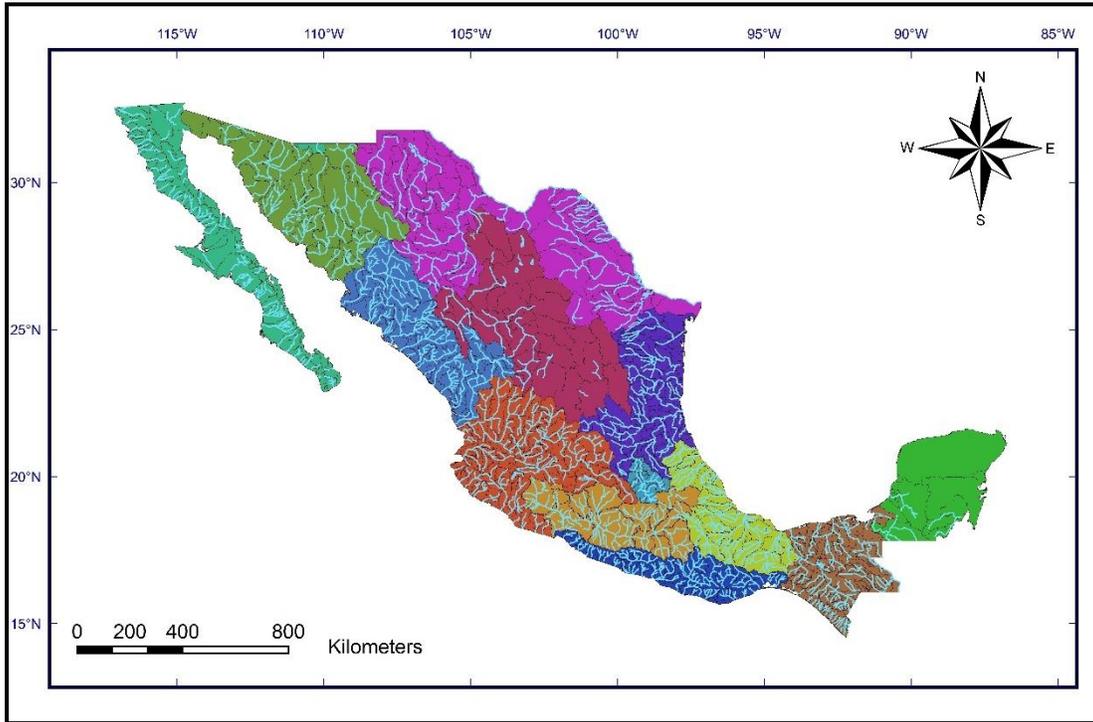
gubernamental, institucional o jurídico, se trata de organismos que operan en escalas políticas locales, municipales, estatales, nacionales e incluso internacionales, de igual forma, el sector privado y la sociedad se desenvuelven, desarrollan y crean redes para acceder al agua en condiciones desiguales dentro de la dinámica de estas escalas políticas, pero su alcance e influencia generan estructuras de dominio desiguales, como menciona el geógrafo Neil Smith (2002) cuando indica la necesidad de abordar las problemáticas sociales desde un enfoque de *estructura geográfica de interacciones sociales*. En este último, los componentes de condición étnica, económica, género, capacidad organizativa, etc., intervienen en la construcción de diversas escalas, su planteamiento sugiere una perspectiva para definir mejores estrategias de gestión -en este caso pensamos en el agua subterránea-, debiendo tener presente todas las conexiones que surgen de las interacciones sociales y que permiten un mayor entendimiento sobre los límites de la escala, en oposición a cualquier escala geográfica tradicional –como sinónimo de la cartesiana-.

Problemas como la rápida urbanización, el cambio de uso de suelo, la degradación ecosistémica o la ausencia o debilidad de los marcos regulatorios para el aprovechamiento del agua, ocasionan la depleción del agua subterránea y superficial. En ese sentido, la necesidad de poseer información de naturaleza hidrogeológica que caracteriza el movimiento del agua en el subsuelo, las zonas de recarga o infiltración, las zonas de tránsito y de su descarga en la superficie y los océanos, el tiempo de residencia, entre otros, podrá evidenciar que el ciclo hidrológico no reconoce fronteras político-administrativas de cualquier escala, así, el problema refiere a la inexistente armonía entre los límites de la naturaleza (agua) y la imposición de los límites político-administrativos creados para la organización espacial del agua en jurisdicciones arbitrarias como los *acuíferos administrativos*, como bien detallaremos a continuación.

Por su configuración orográfica y climática, México cuenta con una amplia red hidrográfica dividida en aguas superficiales y aguas subterráneas. Al año 2017, se tienen establecidas 757 cuencas hidrológicas como podemos observar en la Figura 5 correspondiendo con los afluentes superficiales más importantes y

subcuencas en el país. A su vez, la autoridad federal, es decir, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), dividió el territorio nacional en 653 acuíferos administrativos (Figura 7). Desde esa división, la CONAGUA señala que tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas, se registran indicios claros de un desequilibrio entre el volumen disponible que se utiliza y la capacidad natural que tienen los cauces superficiales y subterráneos para regenerarse (Numeragua, 2018). Para facilitar el control y manejo de las diferentes *aguas producidas* en nuestro país, la CONAGUA, órgano técnico y administrativo del Poder Ejecutivo Federal, encargado de la gestión de las aguas federales en México, dividió en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA) el territorio nacional, las cuales también coinciden con las cuencas más grandes como la de los ríos Lerma-Chapala, Bravo, Mezcala-Balsas, entre otras (Figura 6).

FIGURA 5. CUENCAS HIDROLÓGICAS DE ACUERDO CON CONAGUA.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2022).

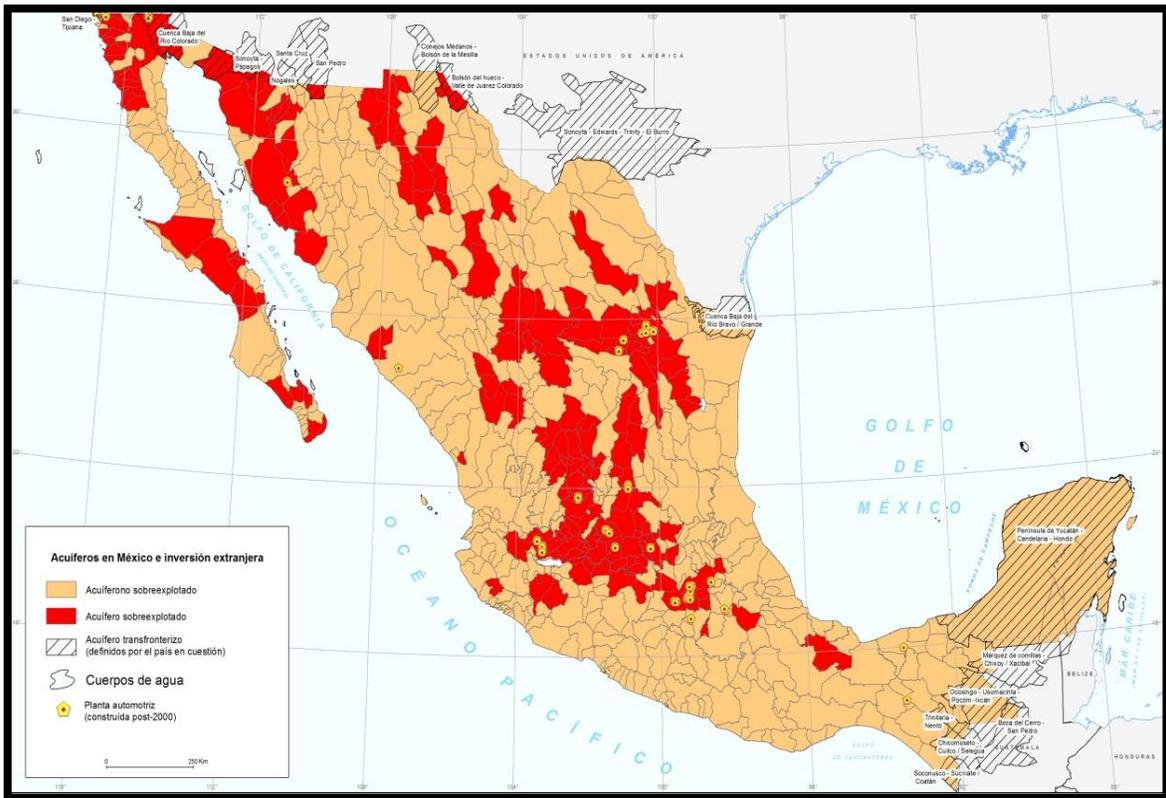
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE LAS REGIONES HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVAS EN MÉXICO, SEGÚN CONAGUA.



Fuente: Recuperado de CONAGUA (2014).

Por su parte, las aguas subterráneas tienen un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico del país, gracias a las características propias de su naturaleza, la extracción de los pozos puede realizarse en cualquier momento del año y la infiltración a través de las rocas ayuda a preservar la calidad del agua (CONAGUA, 2018). Para la administración y gestión del agua subterránea, se delimitaron 653 acuíferos en todo el territorio, de los cuales, la autoridad concluye que 448 se encuentran en condiciones aptas para su aprovechamiento, mientras que 105 de estos se encuentran en condiciones de sobreexplotación. Al respecto, en investigaciones previas realizadas desde la Geografía (Carrillo-Rivera et al., 2016) y (Talledos et al, 2020), se encontró que en un número importante de estos acuíferos se habían otorgado, previamente, un importante número de derechos de agua (concesiones) para diferentes giros productivos, lo que supone un cuestionamiento a la efectividad de la gestión del agua subterránea en México en términos del cuidado del equilibrio ambiental. En la Figura 6, en primera instancia, se muestran los 653 *acuíferos administrativos* en México que poseen esta condición porque así se les considera en el marco jurídico nacional del agua, entre otros la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en su artículo 3° define al acuífero como *cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso y aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo*. En esta definición destaca la incertidumbre existente para establecer los límites convencionales de los acuíferos, lo cual supone que éstos pasan a ser un acto de conveniencia para quién esté a cargo de establecerlos.

FIGURA 7. ACUÍFEROS ADMINISTRATIVOS EN MÉXICO E INVERSIÓN EXTRANJERA (2016).



FUENTE: RECUPERADO DE CARRILLO-RIVERA ET AL., (2016).

Otro factor a destacar en estos acuíferos administrativos es que su definición es confusa. Si bien inicia definiendo una formación geológica, de inmediato se impone el hecho social al delimitarlos geográficamente por un acto político, prevaleciendo un recorte territorial o poligonal de una sola cara, es decir, la superficial, porque tampoco se consideran las tres dimensiones de un *referente geológico particular real* en su totalidad como el grosor y la profundidad. Se puede afirmar entonces que esta definición ha sembrado confusión en los interesados del estudio del agua al conceptualizar o sugerir una visión de acuífero administrativo como sinónimo de “agua en reserva”, estática, inmóvil, en espera de ser alumbrada y aprovechada en diferentes usos económicos, como si de una especie de minería se tratara.

Precisamente, en el análisis efectuado por Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera (2023), se señala que la contribución de Theis (1935), incorporó en la hidrogeología una visión de los acuíferos como “productores de agua” o, mejor

dicho, “estratos geológicos capaces de producir agua en un pozo”. A partir de estas afirmaciones, se sugirió introducir en esa ciencia nuevos parámetros para clasificar a los acuíferos considerando sus principales elementos –edad, extensión, espesor, materiales, e indicar la respuesta hidráulica, que es la capacidad de “producir” agua para los pozos. He aquí, posiblemente, el fundamento de la visión de los acuíferos como sinónimo de reservorios de agua y de rentabilidad.

En ese sentido, la propuesta de Hatch-Kuri y Carrillo Rivera (2021) con relación a las implicaciones políticas de los conceptos científicos de “acuífero transfronterizo” y “agua subterránea transfronteriza”, parte de la fundamentación de las diferencias entre el significado de acuífero y agua subterránea, tratando de distanciarse de una definición propiamente político-administrativa o para fines convencionales –como es el caso mexicano- y plantear así, una definición mucho más acorde con las evidencias generadas por la hidrogeología moderna, a saber:

- Agua subterránea: se refiere al agua que ocupa el espacio poroso o fracturado de los sedimentos y rocas en el subsuelo, producto de la infiltración del agua de lluvia (que depende de las condiciones del clima y vegetación en la superficie), a través del suelo; considerando también el agua que asciende a la superficie alimentando arroyos, ríos, ecosistemas, manantiales, y humedales.
- Acuífero: es el medio geológico en el que se mueve el agua subterránea y cuyas propiedades (porosidad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica –permeabilidad) favorecen el volumen almacenado y el movimiento del agua subterránea.

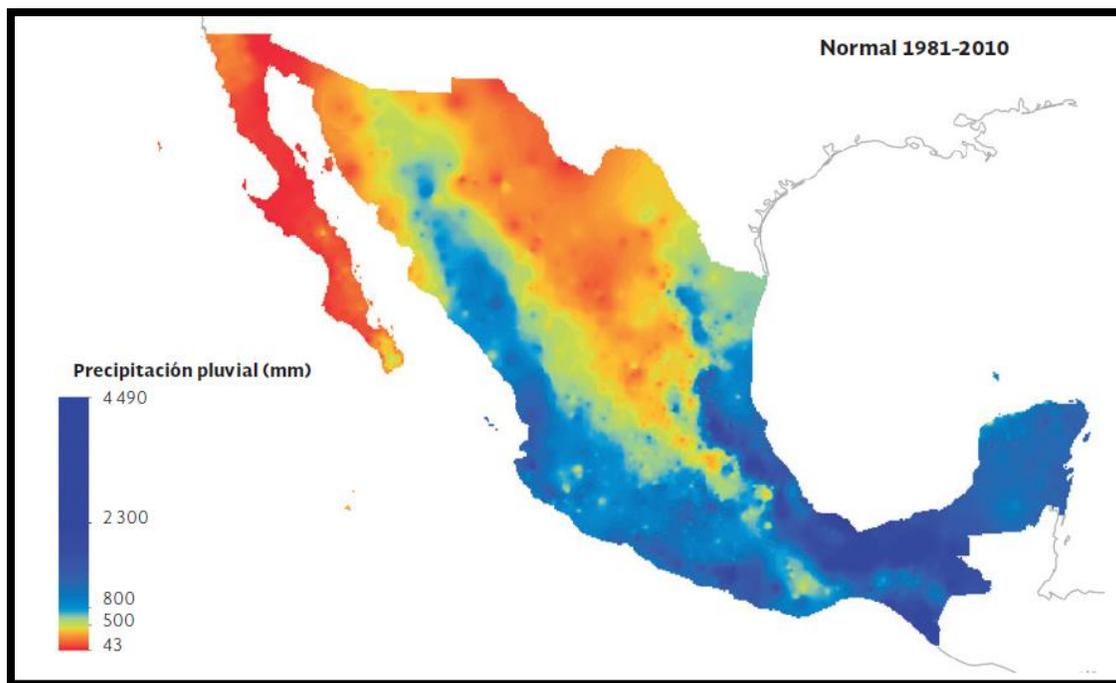
La fundamentación de esta propuesta conceptual está fincada, como se mencionó en el Capítulo 1, en el espacio donde se fundamentó la crítica a las limitaciones del conocimiento del ciclo hidrológico, en la visión de los sistemas de flujo gravitacionales de agua subterránea. Por ello y sin afán de repetir el marco teórico propuesto por J. Tóth (1999), si el agua subterránea constituye un sistema dinámico, de flujo local, intermedio y regional, cuando se hace una transposición de escalas

físicas y sociales -la administrativa y regulatoria-, la cartografía producida por el Estado no refleja entonces la verdadera naturaleza del agua subterránea, ni la dimensión del problema, sino que pone en duda la supuesta eficacia de la gobernabilidad del agua.

En esa tesitura y en el mismo espíritu crítico de esta investigación, se debe hacer notar que cuando se habla de la movilidad y circulación del agua –en términos del ciclo hidrológico-, únicamente se considera el agua que proviene de la precipitación y que alimenta el “reservorio hídrico” del subsuelo. Este elemento no es constante, porque depende de la extrema variabilidad meteorológica anual que distingue al territorio nacional, (regiones áridas o tropicales o de la altiplanicie), De acuerdo con datos de la CONAGUA (2018), nuestro país recibe aproximadamente 1,449,471 millones de m³ de agua anuales en precipitación, de esta cantidad, un 72.1 % regresa a la atmósfera por efectos de evaporación y la porción restante, se distribuye entre las aguas superficiales y la recarga de los acuíferos, considerando también los volúmenes de entrada y de salida¹² se estima alrededor de 45,158,500 m³/a disponibles para el aprovechamiento. Esta cantidad no se distribuye de manera homogénea en el territorio nacional, las lluvias ocurren con mayor intensidad durante los meses de verano, asimismo, las regiones del sur y sureste del país concentran niveles de precipitación mucho mayores que el norte del país como se observa en la Figura 8, no obstante, la densidad de la población es menor.

¹² Desde esa perspectiva de escala nacional, la CONAGUA considera que los flujos de entrada de aguas superficiales al territorio nacional constituyen el volumen de agua que ingresa a través de las cuencas transfronterizas con los países limítrofes. Mientras que el flujo de salida corresponde a la cantidad que debe ser entregada a los Estados Unidos con base en el Tratado Internacional de Aguas de 1944 y que asciende a 432 Mm²/a.

FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE PRECIPITACIÓN EN EL PAÍS (1981-2010).



Fuente: Recuperado de CONAGUA (2018).

Algunos especialistas estiman que la zona norte-centro del país concentra el 77 % de toda la población y sólo recibe 28 % del total de precipitación anual, también en esta zona se concentra el 92 % del riego nacional¹³ (Becerra Pérez et al., 2006). A este respecto, debe subrayarse un sesgo usual que permea en la enseñanza de la hidrogeografía y que consiste en un planteamiento esencialista. Cuando se aborda el problema del abastecimiento hídrico en México, sus deficiencias y luego las asociadas al problema de la “escasez hídrica”, se parte del hecho de que el volumen total del agua que se precipita en un período determinado (1 año) sobre el territorio nacional, corresponde al mismo volumen que estará disponible y, en consecuencia, abastecerá a todos los usuarios que la demandan durante el año siguiente. En términos hidrogeológicos esto es incorrecto, porque como sostiene J. Tóth (1999),

¹³ Sobre un mayor acercamiento al análisis del riego en México leer: Altamirano Aguilar, A., et al., (2017). *Clasificación y evaluación de los distritos de riego en México con base en indicadores de desempeño*. Tecnología y ciencias del agua, 8(4), páginas 79-99.

la velocidad con la que se infiltra el agua en el suelo y, posteriormente, en el acuífero es de mm/a o cm/a, dependiendo el material edáfico o geológico, así toda agua que se extrae posee un tiempo de residencia de muchos años atrás, siendo exclusivamente correcta la visión del agua superficial que se almacena en las presas y que dependen de los patrones de precipitación anuales.

Es más, se exagera esta visión con la idea de que el norte árido, seco del país, es además el más productivo en términos de contribución a la riqueza nacional, mientras que el sur y sureste donde abundan las precipitaciones y el agua superficial es sinónimo de pobreza. Ciertamente, esta visión descansa únicamente en otro esencialismo que significa pensar que el agua superficial es la única que abastece el país, ensombreciendo el peso político y económico del agua subterránea.

2.1.3 Los acuíferos administrativos mexicanos

Como se pudo observar en el anterior acápite, los acuíferos administrativos en México son de naturaleza eminentemente política y administrativa. La crítica realizada por la hidrogeología sugiere que soslayan elementos imprescindibles de un referente geológico particular como la visión en 3D y la determinación y evaluación de los sistemas gravitacionales de flujo del agua subterránea empero, es necesario observar, además, un elemento geográfico adicional, considerando que esta investigación busca demostrar que los límites siempre son políticos. ¿Cuáles fueron los criterios con los que se dividió el territorio nacional en 653 acuíferos?, ¿desde cuándo se dividió de esa manera el territorio para gestionar el agua subterránea y cuáles fueron sus propósitos principales? Son algunas de las interrogantes que se abren en esta discusión.¹⁴

¹⁴ En el contexto de una reunión pública convocada por miembros de la Asociación Geohidrológica Mexicana en 2018 en el Museo de Geología de la UNAM, el ponente magistral, Ing. Rubén Chávez Guillén, refirió al tema de los acuíferos “fronterizos” y “transfronterizos”, comentando una experiencia de cuando fungió como Gerente de Aguas Subterráneas en la CONAGUA, donde un acuífero administrativo tuvo que ser dividido en dos, a través de un Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), para evitar un conflicto y dotar de derechos de agua a una compañía minera en la península de Baja California. Esta anécdota dejó en evidencia que los acuíferos en México, sus límites son políticos y no geológicos.

Para responder dichas interrogantes el trabajo de Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera (2023) es clave porque fundamenta, en términos geográficos el origen de estos acuíferos administrativos en México el cual se sostiene por medio de la concatenación de tres elementos:

1. El marco jurídico del agua subterránea y sus modificaciones en el siglo pasado.
2. La aplicación de los principios ambientales (conservación y equilibrio del agua).
3. La instrumentación de los polígonos del agua subterránea (de polígono irregular a acuífero administrativo).

En lo que refiere al marco jurídico, se indica que la apropiación y el acceso al agua subterránea estuvieron, históricamente, ligados a la propiedad privada de la tierra, debido a actividades como la minería, en las que se garantizaban los derechos de agua proveniente de las galerías filtrantes para el dueño de la concesión minera. Más tarde, con la Constitución de 1917, el párrafo quinto del artículo 27, garantiza el acceso al agua mediante la figura del “libre alumbramiento”, pero agrega una condicionante en la que el titular del Poder Ejecutivo Federal podrá declarar el agua subterránea de “utilidad pública” (expropiación) cuando así convenga a sus intereses, y a partir de ello, establecer alguno de los tres tipos de ordenamientos legales para su acceso: **zona de veda, zona reglamentada y zona de reserva.**

Bajo el modelo de sustitución de importaciones (1930-1960) el Gobierno Federal ejecutó una política de centralización y control político del agua (Aboites, 2009). En el primer lustro del siglo pasado, el agua subterránea coadyuvó al crecimiento y desarrollo nacional gracias a la introducción de la bomba y la electrificación del país, la política de irrigación y el crecimiento de las principales ciudades fueron facilitadas por la perforación y extracción de agua en cantidades insospechadas. Esto obligó, posteriormente, a la expedición de la *Ley de Aguas de Propiedad Nacional* (1934 y 1936) que reconocía que los manantiales hasta antes de 1929 eran privados. Además, la *Ley de Riegos* (1946) declaró de utilidad pública

todas las obras relacionadas con la exploración y aprovechamiento del agua subterránea (Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera, 2023).

Considerando la Ley de aguas de 1947, el Poder Ejecutivo Federal hizo efectivo por primera vez, la declaratoria de utilidad pública, publicando tal ordenamiento en el Diario Oficial de la Federación (DOF), con la finalidad de controlar el aprovechamiento del agua subterránea en territorio nacional; estos Decretos han respetado los derechos creados, previamente, bajo la figura del libre alumbramiento. Al respecto, el análisis y revisión de los ordenamientos legales expedidos en materia de agua subterránea en México, efectuado por Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera (2023), concluye que 20 presidentes de la república de 1948 a 2018, expidieron 105 decretos legales en materia de agua subterránea (Tabla 4).

TABLA 4. NÚMERO DE DECRETOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EMITIDOS POR LOS EXPRESIDENTES DE MÉXICO ENTRE 1948-2018.

Presidentes de México	Período	Decretos	Polígonos irregulares
Miguel Alemán Valdés	1946-1952	10	11
Adolfo Ruiz Cortines	1952-1958	19	89
Adolfo López Mateos	1958-1964	17	42
Gustavo Díaz Ordaz	1964-1970	12	52
Luis Echeverría Álvarez	1970-1976	20	63
José López Portillo y Pacheco	1976-1982	17	43
Miguel de la Madrid Hurtado	1982-1988	8	19
Enrique Peña Nieto	2012-2018	2	332

FUENTE: RECUPERADO DE HATCH-KURI, SCHMIDT Y CARRILLO-RIVERA (2023).

Notar que el expresidente Luis Echeverría Álvarez (1970-1976), expidió el mayor número de decretos, un total de 20, pero si consideramos el alcance espacial la magnitud territorial que afectaban las disposiciones, con solo 19 decretos el expresidente Adolfo Ruíz Cortines (1952-1958) afectó 89 “polígonos irregulares” en el territorio nacional. La naciente política de agua subterránea, si se considera este enfoque espacial de control del agua, el concepto “polígono irregular” refiere a la determinación de poligonales territoriales que tenían por objetivo **vedar o prohibir la perforación y aprovechamiento de aguas subterráneas**, Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera (2023) consideran que uno de sus objetivos ha sido combatir los efectos e implicaciones del “libre alumbramiento”.

Asimismo, de 1948 a 1972, los presidentes justificaron la expedición de los ordenamientos de decretos de veda para expropiar la infraestructura relacionada con los pozos a través de la utilidad pública, pero en 1972, el primer decreto expedido justificó estas acciones señalando que eran para “la conservación y protección del balance hídrico del agua en los acuíferos”. Conviene recordar, que el concepto acuífero aún no estaba definido en la ley, el concepto dominante era “aguas del subsuelo” pero se aludía con ambos a una noción imprecisa de agua subterránea. La falta de certeza respecto a los límites fronterizos de las poligonales irregulares de los “acuíferos” reflejan la adhesión mexicana a los acuerdos internacionales asumidos en encuentros como la Conferencia Internacional de Estocolmo de 1972, donde se acordó instaurar políticas de protección al ambiente, incluyendo al agua.

En este trabajo, la determinación de cada uno de estos “polígonos irregulares”, se expresa por medio de coordenadas geográficas que describen su dimensión y límites territoriales. Este concepto, entonces, antecede al vigente actual en la Ley, es decir, el de acuífero “administrativo” en la LAN y tanto el primero como este último, tienen en común que son visiones que omiten y reducen la dimensión del conocimiento científico en agua subterránea, haciendo evidente que el concepto y objetivo persigue fines políticos-administrativos.

2.2 Los acuíferos y el agua subterránea en el Estado de México: límites confusos

Considerando los hallazgos del trabajo de Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera (2023), que coadyuvó a la comprensión espacial del concepto “acuífero” en el territorio nacional para gestionar el agua subterránea y que inició con la conformación del concepto “polígono irregular”, se replicó el trabajo ejecutado por estos autores para identificar de qué manera el estado mexicano, controló después de 1947 el alumbramiento y los derechos de agua subterránea en el territorio mexiquense.

Para ello, se llevó a cabo una investigación en el Diario Oficial de la Federación y consultar los diferentes Decretos y Acuerdos emitidos y publicados en materia de gestión del agua subterránea emitidos por el Poder Ejecutivo Federal entre 1947 y 2018 con afectación directa en el Estado de México con la finalidad de determinar qué tipo de ordenamientos legales se expidieron y que expresión geográfica tuvieron, considerando el concepto “polígono irregular” en un inicio y, posteriormente, el concepto vigente “acuífero”. En la siguiente tabla (Tabla 5) podemos observar los resultados obtenidos de acuerdo con lo que describen estos decretos y que exponen claramente una justificación orientada al problema de los manejos descontrolados de perforaciones y pozos e incrementos excesivos en el volumen de extracción afectando los aprovechamientos existentes.

En el primer decreto (22 de diciembre de 1949) se establece “peligro de agotamiento” ocasionado por la construcción de los túneles de Tequixquiac que representaron magnas obras hidráulicas durante inicios del siglo pasado, tanto éste como los siguientes decretos mencionan el trabajo por conservar los niveles idóneos de las aguas subterráneas a fin de no alterar los aprovechamientos estipulados que mantienen las condiciones económicas y sociales de la población, no obstante las declaraciones oficiales también establecen que mediante la solicitud pertinente, análisis previos y el permiso por parte del ejecutivo federal a través de las secretarías facultadas es posible obtener licencias para ejecutar obras de alumbramiento anulando dichos decretos.

En conjunto, cabe recalcar que las delimitaciones poligonales son inexactas y se determinan por fronteras municipales o sitios naturales como cerros y ríos.

TABLA 5. DECRETOS DE VEDA EN LA ENTIDAD MEXIQUENSE ENTRE 1948 – 2018.

Instrumento Jurídico	Nombramiento oficial	Fecha	Delimitación territorial
Veda	Decreto por el que se establece por tiempo indefinido en la región inmediata a la población de Zumpango veda para la construcción de alumbramientos de aguas subterráneas sea mediante norias o pozos profundos.	22 de Diciembre de 1949	Polígono irregular cercano a la localidad de Zumpango, Estado de México.
Veda	Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona conocida como Cuenca o Valle de México	19 de Agosto de 1954	Polígono irregular asentado sobre la Cuenca o Valle de México
Veda	Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona conocida como Valle de Toluca en el Estado de México.	23 de Septiembre de 1965	Varios municipios adyacentes a la zona antes descrita ¹⁵ .
Veda	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la zona del Bajo Balsas estableciéndose veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona.	27 de Junio de 1975	Municipios de San Felipe del Valle, Villa Victoria, Villa de Allende y Donato Guerra.
Veda	Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la superficie comprendida dentro de los límites geopolíticos del Estado de México que no quedaron incluidos en las vedas impuestas mediante decretos presidenciales de 7 de diciembre de 1949, 21 de julio de 1954, 10 de agosto de 1965, 14 de abril de 1975 y Acuerdo presidencial de 11 de julio de 1970.	10 de Julio de 1978	No especificado.

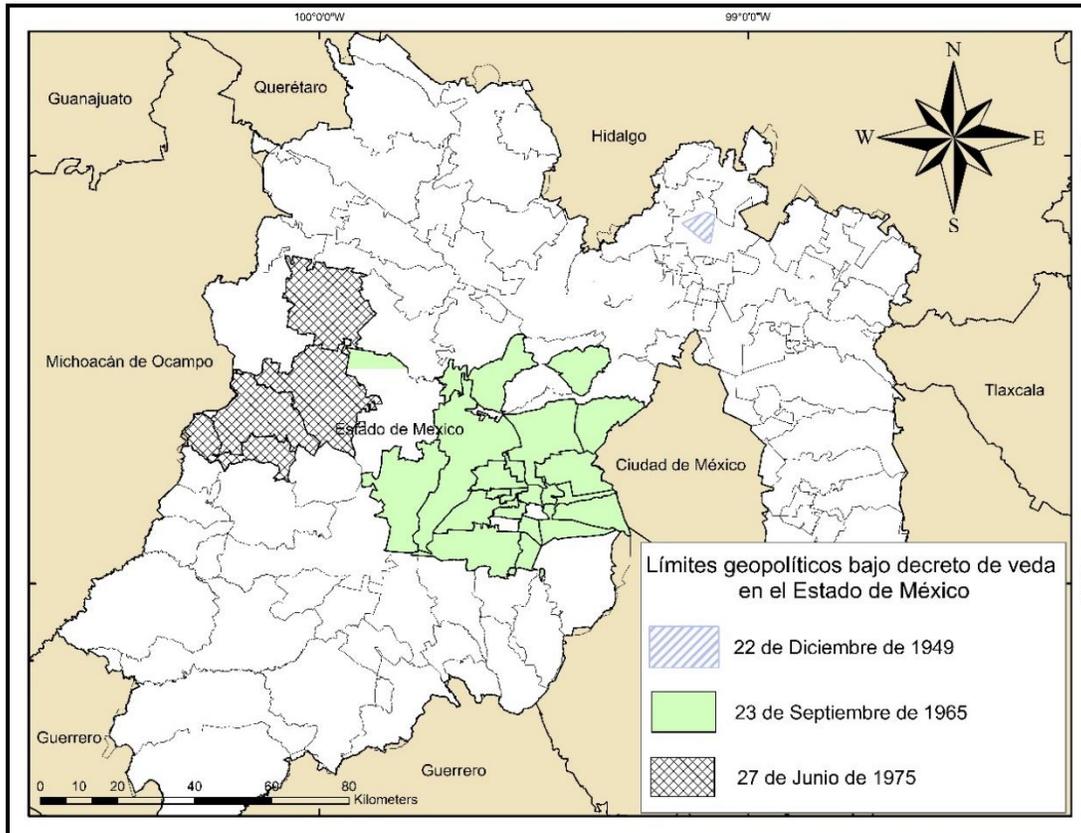
Fuente: Elaboración propia con datos del Diario Oficial de la Federación.

La siguiente figura (Figura 9) ejemplifica de forma espacial, los polígonos indicados por dichos decretos, la delimitación no responde a un sentido hidrogeológico, sino

¹⁵ Los municipios que expide el polígono son: Almoloya de Juárez, Temoaya, Jilotzingo, Toluca, Lerma, Ocoyoacac, San Mateo Atenco, Metepec, Zinacantepec, Calimaya, Mexicalcingo, Chapultepec, Capulhuac, Xalatlaco, Atizapán, Almoloya del Rio, San Antonio la Isla, Rayón, Texcalyacac, Tianguistenco, Tenango del Valle, Joquicingo y parte de los municipios de Iturbide, Santa Ana Jilotzingo, Xonacatlán, Naucalpan y Huixquilucan (estos últimos no especifican bajo que límites o porciones quedan vedados).

que se impone sobre cuestiones geopolíticas asociadas a límites municipales sin especificar sobre dichas decisiones.

FIGURA 9. ZONAS VEDADAS EN LA ENTIDAD MEXIQUENSE ENTRE 1948-2018.

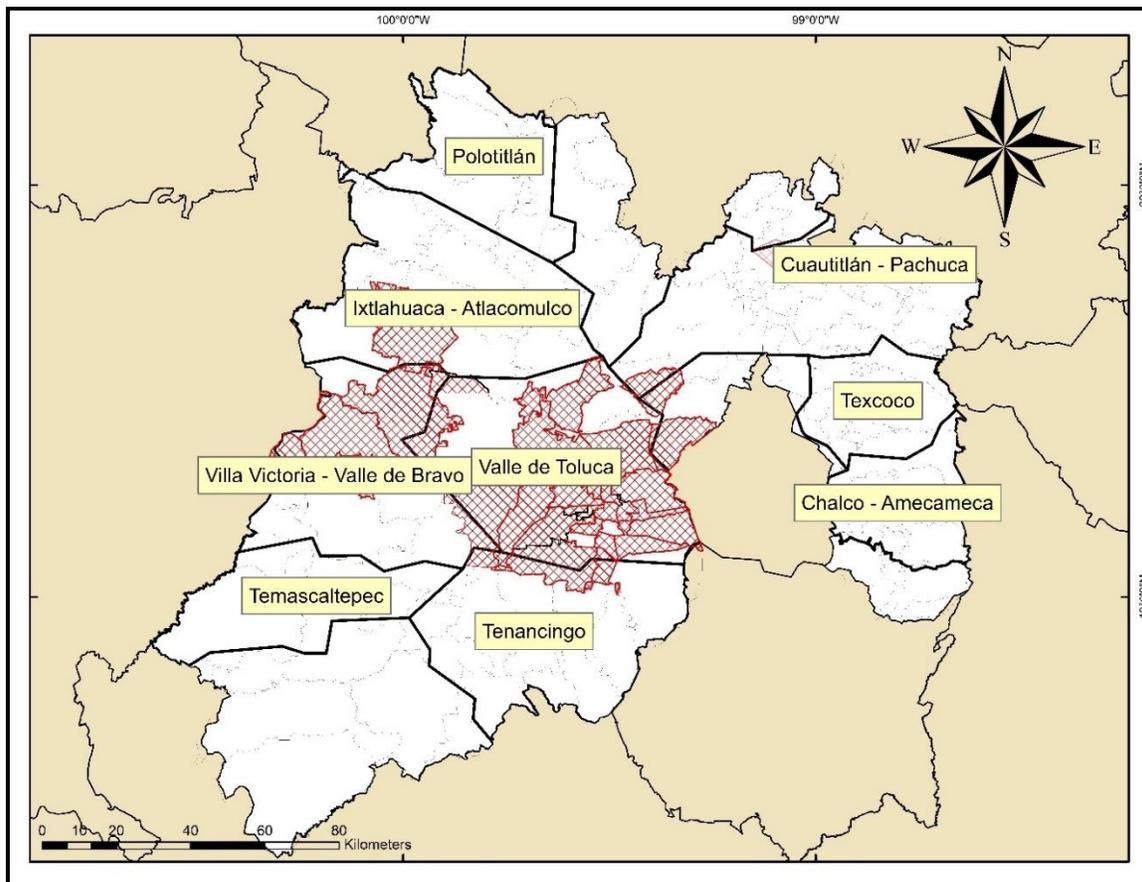


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del *Diario Oficial de la Federación*.

Los datos recabados abren la incógnita sobre la exactitud de las porciones declaradas como zonas de veda para obras de alumbramiento, pues no se determinaron bajo ningún patrón de estudio hidrogeológico, sino que posiblemente se establecieron en los municipios adyacentes sobre cuencas geográficas, lo que afirmaría la visión escasa que ha imperado sobre el dinamismo de las aguas subterráneas desde su concepción en las legislaciones para regular su aprovechamiento, incluso, el decreto publicado el 10 de Julio de 1978 no detalla las porciones o polígonos que serán declarados bajo veda, únicamente explica que se

trata de las “superficies” en la entidad mexiquense que no se incluyen en los acuerdos previos con el fin de preservar y conservar los *acuíferos* y su capacidad explotable evitando incrementar el agotamiento y las afectaciones a los aprovechamientos existentes, omitiendo cualquier otra referencia sobre las zonas que se adhieren a este ordenamiento. A continuación (Figura 10) podemos notar la equivalencia de las porciones vedadas con la delimitación política actual de los *acuíferos* administrativos.

FIGURA 10. ACTUALES ACUÍFEROS ADMINISTRATIVOS DEL ESTADO DE MÉXICO Y ZONAS DE VEDA MEDIANTE DECRETO 1948-2018.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del *Diario Oficial de la Federación*.

Las condiciones y características que se exponen en los decretos muestran una insuficiente justificación del proceso para prohibir obras de alumbramiento pues se

basan únicamente en elementos ambientales de protección pero es evidente la falta de comprensión del modelo de los flujos de agua subterránea además de las cuestiones sociales y económicas que intervienen también en la creación de programas de manejo de aguas subterráneas, notar que uno de los decretos se estableció orden de veda tomando como referencia los municipios circundantes al Valle de Toluca, lo que en la actualidad conforma el acuífero administrativo del mismo nombre (Clave 1501) pero su regulación y delimitación parece más definida por aspectos políticos pues la capital del Estado de México representa uno de los flujos demográficos e industriales más cercanos a la Ciudad de México.

2.3 Control territorial y otros límites heurísticos para comprender el agua subterránea

Otra forma de comprender, desde las ciencias sociales, los procesos que han desembocado en la gestión y administración del agua subterránea en el Estado de México, es adentrándose en los distintos procesos espaciotemporales del siglo pasado que han conformado la política nacional hídrica, toda vez que los usos, las exigencias sociales, económicas y políticas, las innovaciones y los planes de desarrollo han sido continuamente transformados (Domínguez, 2019). Un componente del análisis clave en la configuración de la gestión del agua subterránea en el Estado de México, se puede encontrar en las decisiones y medidas adoptadas para dotar de agua a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Precisamente, autores como Arsenio González (2016) proponen un enfoque heurístico para comprender las decisiones políticas, la dotación de agua y la relación entre la Ciudad de México y el Estado de México considerando el rol protagónico del agua, a través del concepto *Región Hidropolitana*.

En la región centro del país, las primeras conexiones materializadas en la relación agua-sociedad, se remontan a la cultura azteca. Asentada sobre un islote y rodeada por el gran Lago de Texcoco, se vislumbraba el inicio de una planeación hidráulica para facilitar el transporte, en su caso, controlar las crecidas y proteger así la capital del imperio mexicana. Durante temporadas de lluvia, el agua fue también

el motor principal para las actividades como el comercio, al fortalecer la agricultura, lo que encaminó posteriormente al progreso y auge de la cultura prehispánica.

Una auténtica civilización hídrica como la define en su obra, Peña (2018), fue, más tarde, transformada radicalmente a través de la desecación del sistema lacustre durante la colonia novohispana, fenómeno que intentó demostrar el dominio europeo y que alteró por completo la antigua relación agua-sociedad en el centro del país. Hoy en día, la Zona Metropolitana del Valle de México concentra el 32 % del PIB nacional, además de continuar siendo la sede de los poderes federales (Peña, 2018). La infraestructura que se produjo dentro del territorio mexiquense durante el siglo pasado para dotar de agua a sus ciudadanos, no puede ser entendida sin esbozar la estrecha conexión en múltiples niveles que existe desde sus orígenes con la capital del país.

Las obras iniciales, durante el periodo colonial, consistieron en túneles para desocupar las aguas de la cuenca del Valle de México y desplazarlas a otros cuerpos de agua superficiales tanto en el norte de la capital novohispana, como en el sur, esto retardó la frecuencia con la que se expandía el territorio central y así fue durante gran parte de la colonia y el México independiente. No obstante, a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, se registró un acelerado crecimiento demográfico y la consecuente urbanización a través de vías de comunicación, fábricas y zonas industriales, espacios de vivienda, etc., obligaron a expandir la ZMVM, y producir nuevos espacios fuera de los límites políticos de la capital del país.

Para A. González (2016) la articulación hidráulica no está pensada bajo estos componentes espacio-temporales, sino que conforman una propia red en la que distintos organismos locales, municipales, estatales y federales, junto con la participación de actores sociales (usuarios, empresas privadas, agricultores, etc.) y sus múltiples actividades económicas intervienen, en menor y mayor grado en las decisiones relativas al uso, extracción, suministro y tratamiento del agua. Esto se refleja en la compleja infraestructura hidráulica que existe interconectada en el territorio del Estado de México como en la Ciudad de México y cuyas jurisdicciones no están claramente definidas. A raíz del aumento poblacional en la capital, fue necesario una mayor cobertura de agua para satisfacer la alta demanda de agua en

toda la ZMVM, la cual fue cubierta por medio de los trasvases Lerma¹⁶ y Cutzamala¹⁷, generando así nuevas estructuras hidrosociales a nivel de subcuenca.

La creencia perpetuada por la cartografía oficial en torno al término de la infraestructura hidráulica en la zona metropolitana del Valle de México origina un sentido de homogeneidad en cuanto a la extensa red que conforman las obras de abastecimiento, depósito y expulsión de aguas residuales, presas, bombas, plantas tratadoras, vasos reguladores, túneles, acueductos, etc., colocándolas en un plano bidimensional que da la idea subjetiva de que estos rasgos (puntos, líneas y polígonos) se extienden y ubican geoespacialmente sin ninguna correlación (González, 2016). Entonces la recuperación de un modelo como la *Región Hidropolitana* que vaya más allá de observar sistemas hidráulicos independientes abre el camino hacia el camino sustentable de las aguas subterráneas, al poder comprender de forma correcta su dinamismo por el ciclo hidrológico así como la magnitud de las redes e interconexiones políticas, económicas y sociales que continuamente modifican su gestión. González (2016) aborda una perspectiva de escala regional, territorios de gran escala donde convergen las cuencas y subcuencas hidrológicas pero enfocándose principalmente en las carencias institucionales, las relaciones de actores y de poder frente al manejo de la infraestructura hídrica. El autor Jaime Peña¹⁸ (2011) refiere el término ciudad-cuenca para entender las problemáticas de grandes urbes como Monterrey,

¹⁶ La gran obra de infraestructura hidráulica nace en las aguas de la cuenca del Alto Lerma (Almoloya del Río, Estado de México) atraviesa varios municipios y manantiales como Chapultepec, Lerma, Ocoyoacac, Toluca, etc., corre por medio del túnel de Atarasquillo-Dos Ríos para descender hacia la presa Antonio Alzate, donde se trasvasa en varios caudales hacia un gran depósito en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, conocido como el Cárcamo de Dolores, aunque a grandes rasgos la historia de esta magna construcción hídrica se ha desenvuelto desde el auge de la Gran Tenochtitlán, el proyecto con el que finalmente se aprueba el aprovechamiento de las aguas del río Lerma para el abastecimiento de la Ciudad de México fue aprobado en 1941 (Torres Bernardino, 2014; González, 2016).

¹⁷ La construcción del proyecto Cutzamala se remonta a 1976 ante el aumento de la demanda hídrica de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) siendo un complejo de tuberías, presas y conductos que se interconectan al Sistema Lerma, se alimenta de las aguas del río Cutzamala, una afluente del Río Balsas a la altura de la presa Tuxpan en el estado de Michoacán, continúa y se almacena en tanques ubicados en Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Chilesdo, presa Villa Victoria, y tanque Pericos, donde es enviada por efecto de gravedad atravesando el túnel Analco-San José para finalmente interconectarse con el ramal norte del Sistema Lerma que la recibe en los depósitos de la segunda sección del Bosque de Chapultepec (CONAGUA, 2005).

¹⁸ (Peña, 2011, citado por González, 2016).

Guadalajara o la ZMVM y la conexión hidráulica que tienen con una o varias cuencas hidrológicas de donde captan el agua; Gary Weatherford¹⁹ (1990) por su parte acuña el término *Hydrocommons* para explicar los múltiples vínculos de las comunidades (instituciones, sociedad, ecosistemas) que sin importar su espacialidad geográfica pueden compartir una sola fuente de abastecimiento siendo la infraestructura lo que une a dichos sectores de distintos territorios bajo un mismo mecanismo de suministro.

De esta forma, la conceptualización de una “región hidropolitana” englobaría de forma adecuada los múltiples procesos alrededor de la gobernanza de las aguas producidas en una escala tan compleja como lo es la Ciudad de México y las entidades de donde su hegemonía política le ha permitido extraer fuentes de abastecimiento (González, 2016). La esencia del entendimiento de una escala “hidropolitana” radica en la visualización de una extensa espacialidad política y geográfica pero focalizada en la existencia de múltiples realidades sociales, económicas y culturales que inciden diariamente en la gestión del agua y donde los actores institucionales y agentes privados centralizan la toma de decisiones, la infraestructura y la apropiación, en contraparte los usuarios locales que también modifican estas realidades son sinónimo de resistencia y sustentabilidad. Aludiendo este concepto, la creación de un esquema de gobernanza en regiones como la zona metropolitana debe maximizar los esfuerzos por una coordinación multisectorial y local, además de atender las diversas conexiones de las comunidades con sus fuentes de agua, pues cada una de las fuentes como ríos, manantiales, aguas subterráneas, en combinación con la infraestructura para acceder a dichas fuentes genera distintas problemáticas, desafíos y formas de identidad.

Para este autor, los retos sobre gobernanza y gestión del agua se concentran mayoritariamente en el enfoque multilateral que rodea las políticas hídricas actuales en sitios como el Valle de México, sobre todo aquellos desafíos que conllevan la reordenación de la infraestructura hidráulica que esté apegada más a una visión integral de las cuencas principales y la circulación subterránea, en lugar de las redes

¹⁹ (Weatherford, 1990, citado por González, 2016).

político-administrativas que actualmente rigen el movimiento del agua por la zona metropolitana.

De acuerdo con González (2016), la estructura hidráulica operante puede definirse entonces bajo tres dimensiones espaciales y multiescalares del agua que pueden ser vistas como una compleja red de actores, instituciones y regulaciones, tipificada de la siguiente manera:

- “Burocrática”, representada por locales, como el sistema de drenaje, el alcantarillado, subcuencas secundarias, y que son gestionadas por los gobiernos locales, generalmente los municipios mexiquenses conurbados a la Ciudad de México.
- “Infraestructura Metropolitana”, que dota de servicios de agua a municipios del Estado de México y también delegaciones –hoy Alcaldías- de la capital. Ambos gobiernos (Estado de México y CDMX), respectivamente convergen en el funcionamiento sobre estas obras.
- “Infraestructura *hidropolitana*”, que integra construcciones a escala regional, atravesando varias zonas del Valle de México y su coordinación puede estar sujeta a los sistemas de agua de la Ciudad de México y del Estado de México o directamente por los organismos federales como la CONAGUA. Debido a la magnitud de estas obras y las grandes distancias que recorren túneles, ductos y trasvases por zonas rurales y urbanas, es notable observar diferencias en aspectos económicos y sociales entre cada territorio.

Las obras hidráulicas que funcionan como túneles de drenaje para expulsar las aguas del Valle de México fueron construidas a lo largo de varios años y se extienden hasta llegar a cuencas vecinas en el Estado de México, estas cuatro salidas artificiales son: El Gran Canal de Desagüe, el Túnel Emisor Oriente, Emisor Poniente, y Emisor Central. Por otra parte, para aliviar la creciente demanda de agua de la capital, durante la década de los años 50 comenzó a operar la primera gran infraestructura para importar agua desde la cuenca del Alto Lerma, configurándose lo que hoy se conoce como el Sistema Lerma, que gracias a los

ductos y túneles se extrae agua de los acuíferos del Valle de Toluca e Ixtlahuaca, Estado de México.

En 1982, se inauguró el Sistema Cutzamala, que se alimenta de la cuenca Cutzamala ubicada a más de 100 km de la capital y pertenece a la región hidrológica del Balsas, en resumen, la configuración hídrica que suministra de agua al Valle y la zona metropolitana se obtiene de otros caudales y sistemas de flujo de agua subterránea situados en otras entidades, incluyendo en mayor medida al Estado de México. Para algunos, la articulación de esta red hidráulica manifiesta disparidades sociales y vulnera considerablemente la garantía para suministrar de agua al Estado de México, además de diversos efectos negativos como la contaminación ambiental, el agotamiento del agua subterránea, afectando el acceso para pobladores de localidades, municipios y estados vecinos. La Figura 11 muestra la dimensión espacial que articularía la propuesta heurística de la región hidropolitana de A. González (2016), observar la magnitud de las distancias y su conexión con las cuencas, el Estado de México es cubierto casi en su totalidad por este tipo de intersecciones hidráulicas.

FIGURA 11. ALCANCE GEOGRÁFICO DE LA REGIÓN HIDROPOLITANA.



Fuente: Obtenido de Perló y González (2016, p. 50).

2.3.1 La producción del agua subterránea en el EDOMEX: conflictos institucionales

Un aspecto clave para comprender la operación del sistema Lerma-Cutzamala es que gran parte de su caudal proviene de la extracción del agua subterránea, su bombeo y su posterior alojamiento en el sistema de presas ubicadas en el territorio mexiquense y su envío a través del sistema en conductos. Hasta inicios del presente siglo, el arreglo institucional que había estado permitiendo dotar de agua a la Ciudad de México, se alteró por una disputa entre ambas entidades federativas, manifestando el papel estratégico del agua subterránea bombeada en territorio mexiquense.

De acuerdo con González (2016), la percepción de parte del Gobierno del Estado de México referente al problema que ocasionaba el aprovechamiento de su agua subterránea para trasvasarla a la capital del país y la nula atención federal para reforzar la infraestructura hidráulica derivó en el año 2004 en un conflicto político. El entonces gobernador mexiquense, Arturo Montiel, abanderado por el Partido Revolucionario Institucional (PRI), reconocido mediáticamente por su rivalidad con el mandatario de la Ciudad de México, Andrés Manuel López Obrador, militante de la oposición (Partido de la Revolución Democrático, “PRD”), demandó al Gobierno Federal y pidió una compensación económica por el uso de las aguas del Sistema Lerma, solicitando que fueran las autoridades federales quienes se hicieran responsables de los Sistemas Lerma y Chiconautla, e invertir en obras de recuperación de los acuíferos sobreexplotados de Lerma e Ixtlahuaca.

Para sostener la demanda, el gobierno mexiquense presentó dos decretos de veda realizados a mediados del siglo pasado, precisamente durante el auge de la producción de la infraestructura hidráulica en el país (Tabla 6), para demostrar una apropiación asimétrica e irregular de las aguas subterráneas del Estado de México por parte del gobierno capitalino, que huelga decir, era una dependencia más del Gobierno Federal (Departamento del Distrito Federal), nombrado por la figura de un Regente que designaba el Presidente de la República en turno.

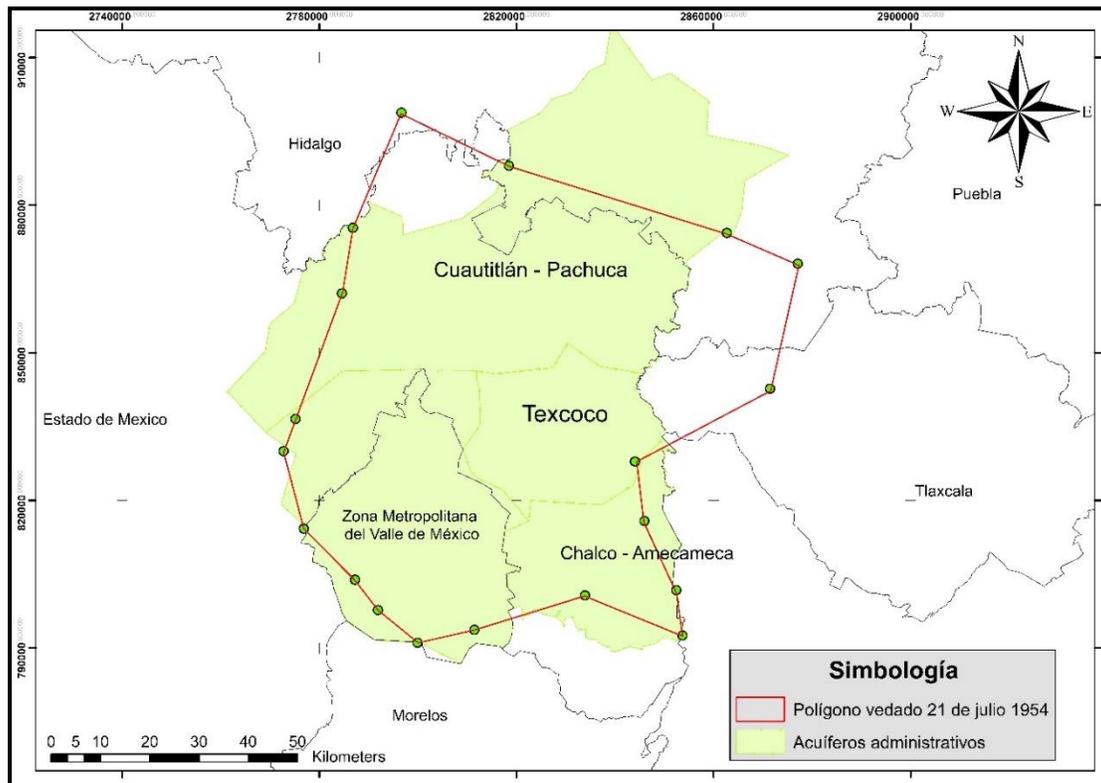
TABLA 6. DECRETOS DE VEDA PRESIDENCIALES EN CONFLICTOS A INICIOS DEL S. XX.

Tipo	Alcance Jurídico	Área geográfica	Expedición	Vigencia
Decreto	Veda	Aguas subterráneas del Valle de México	11-Jul-1954	Indefinido
Decreto	Veda	Aguas subterráneas del Valle de Toluca	23-Sep-1965	Indefinido

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE GONZÁLEZ (2016).

Como observamos en los acápites anteriores, el decreto de veda que realizó el gobierno federal con fecha del 10 de agosto de 1965 afectó las obras de alumbramiento para los municipios aledaños a la región del Valle de Toluca, lo que hoy en día se traduce como el acuífero administrativo homónimo con clave 1501, el mandatario ejecutivo fue Gustavo Díaz Ordaz. Las aguas subterráneas de la cuenca del Valle de México por su parte fueron ordenadas bajo decreto de veda por el mandatario Adolfo Ruiz Cortines argumentando un acelerado crecimiento demográfico e industrial que llevó a la sobreexplotación de los pozos y reservas del subsuelo, lo que desencadenó un desequilibrio hidrogeológico y hundimientos en el terreno. Los acuíferos administrativos que hoy en día se ven afectados se muestran en la siguiente figura (Figura 12). Cabe mencionar que el mismo decreto estipula que existen “reservas subterráneas” más allá de los límites del Valle que funcionarían como reservorios para el futuro abastecimiento de la Ciudad de México.

Figura 12. Zona de Veda mediante decreto de 11 de agosto de 1954 y actuales acuíferos administrativos.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Diario Oficial de la Federación.

Aunque la delimitación del polígono no es precisa (ya que no se enuncian las coordenadas geográficas sino que en su lugar se describen los sistemas montañosos, cerros y localidades por donde debe continuar la línea divisoria) los acuíferos afectados materializados bajo la actual administración son: Chalco-Amecameca (clave 1506), Texcoco (clave 1507) Cuautitlán-Pachuca (clave 1508) del Estado de México y el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México (clave 901), la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) (convertida en la actualidad en la CONAGUA) es la única dependencia que puede anular este decreto, con estricta orden del Presidente de la República en turno, para extraer aguas, siempre y cuando no sea rebasada la disponibilidad media anual de los acuíferos en vulnerabilidad.

En su conjunto, durante el conflicto se presentaron los siguientes acuerdos entre los gobiernos locales. El primero fue el **Convenio de aprovechamiento del acuífero del Valle de Lerma**²⁰, en el que la SRH autorizó el 14 de Diciembre de 1966, el otorgamiento temporal al Departamento del Distrito Federal (DDF), de un caudal de agua subterránea del Valle de Lerma (EDOMEX) de 5 m³/s para abastecer de agua potable a la capital del país. En contraprestación, el DDF se comprometió, entre otros, al mantenimiento y la operación de las obras hidráulicas para extracción y bombeo del agua. Asimismo, se acordó una compensación económica al Estado de México, por las facilidades otorgadas de extracción y aprovechamiento de “sus aguas subterráneas”,²¹ mantener los niveles de extracción sin poner en riesgo el uso para las zonas urbanas e industriales del Estado, y proveer de financiamiento para las obras encaminadas a desecar las lagunas del Rio Lerma.

Posteriormente, se firmó un segundo **Convenio adicional de ampliación del sistema de captación**²², para ampliar el volumen mínimo de aprovechamiento de agua subterránea, agregando 5 m³/s adicionales a lo pactado en un inicio. Los compromisos anteriores se mantuvieron vigentes, la SRH siguió enfocada en verificar que los volúmenes de extracción garantizaran el desarrollo de las zonas urbanas e industriales. En 1969, se firmó un **Segundo convenio adicional de ampliación norte del sistema de captación** para aumentar el volumen de extracción, debido a que la demanda para suministrar de agua a la población no podía satisfacerse. Con estas acciones el DDF acrecentó su deuda con el Gobierno mexiquense, por ello en el año de 1970 se acordó un **Convenio de finiquito de la deuda del DDF**²³, en el cual se concedió una modificación a las cláusulas

²⁰ Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 16 de Diciembre de 1966 y autorizado por el entonces Presidente de la República Gustavo Díaz Ordaz, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Secretaría de Agricultura y Ganadería, y el Departamento del Distrito Federal.

²¹ El entrecomillado es nuestro, toda vez que el concepto no existe, el agua subterránea es un bien nacional, la soberanía, gestión y administración recae en la Federación.

²² Publicado en el Diario oficial de la Federación el día 20 de Diciembre de 1968 y celebrado por el Presidente de la República Gustavo Díaz Ordaz, con la intervención del Secretario de Gobernación Luís Echeverría Álvarez, el Gobernador constitucional del Estado de México Juan Fernández Albarrán y los titulares de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Secretaría de Agricultura y Ganadería y el Departamento del Distrito Federal.

²³ Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 2 de noviembre de 1970 y celebrado por el Presidente de la República Gustavo Díaz Ordaz, el Gobernador constitucional del Estado de México

previamente establecidas y elevar los pagos compensatorios por parte del DDF por los años anteriores de extracción.

A finales del siglo pasado, con la modernización regulatoria e institucional que sufrió el sector hídrico, la CONAGUA autorizó la expedición de un **Título de concesión de aguas nacionales para el DDF** con fecha del 4 de marzo de 1996, amparando un volumen de 309,052,800 m³/a de agua proveniente del Sistema Cutzamala, pero también concedió el aprovechamiento de un volumen mayor de 780,516,000 m³/año de agua subterránea, integrando también el Sistema Chiconautla²⁴. Este último apartado es de suma relevancia, pues con la entrada en vigor de la Ley de Aguas Nacionales en 1992, el control a nivel nacional de las aguas recayó totalmente en el Ejecutivo Federal, a través de la CONAGUA, mediante este título de concesión se adjudicó la responsabilidad y administración de las aguas subterráneas del Estado de México, decretando medidas para su mejor operación y funcionamiento a través del Departamento del Distrito Federal.

En resumen, la demanda interpuesta por el Estado de México menciona factores primordiales para lo que podría considerarse una latente tensión política por el agua disputada con el Gobierno de la Ciudad de México, (antes Distrito Federal) Un conflicto que inició desde la desecación de las lagunas del sistema lagunar en el período novohispano, agravado por la creciente expansión metropolitana. Con la entrada, en 1992 del modelo neoliberal, se acordó el uso estratégico del agua como elemento de valor para el desarrollo comercial de las sociedades, De acuerdo con González (2016) los aspectos más relevantes de la demanda entre los gobiernos de Montiel Rojas y López Obrador, son los siguientes:

Carlos Hank González y los titulares de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Secretaría de Agricultura y Ganadería y el Departamento del Distrito Federal.

²⁴ El Sistema Chiconautla representa una batería de 41 pozos operados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) que obtiene su caudal del Acuífero Cuautitlán-Pachuca y a lo largo de 32 km suministra el volumen a los municipios de Ecatepec, Tecámac, Acolman en el Estado de México, y Gustavo A. Madero en la Ciudad de México (CONAGUA, 2007b; citado por Escolero et al., 2016).

- A) El convenio de finiquito saldó económicamente la deuda de la Ciudad de México, no obstante, en la práctica se continuaron explotando las aguas del Sistema Lerma sin efectos regulatorios ni plazo temporal delimitado.
- B) La misma CONAGUA reportó un déficit para los acuíferos administrativos, todos ubicados en la zona conurbada de la Ciudad de México (Tabla 7).

TABLA 7. PORCENTAJE DE SOBREEXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LOS ACUÍFEROS COMPARTIDOS DE LA ZMVM.

Acuífero Administrativo	Clave	Porcentaje de Sobreexplotación ²⁵
Valle de Toluca	1501	25 %
Ixtlahuaca-Atlahcomulco	1502	75 %
Chalco-Amecameca	1506	70 %
Texcoco	1507	860 %
Cuautitlán-Pachuca	1508	140 %

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN CONAGUA, 2020.

Las pruebas que sustentan la reducción del volumen en los acuíferos se expusieron con la desaparición de varios manantiales y lagunas en el Estado de México, además de agrietamiento y zonas de hundimiento en los municipios aledaños a los sistemas del Valle de Toluca y Lerma. La demanda que inició en el año 2004 finalizó cuatro años más tarde a partir de acuerdos que suspendieron los convenios pasados citados arriba. Sin embargo, el problema de raíz continúa debido a la falta de una articulación hidráulica que considere todos los aspectos fundamentales que orbitan en torno a la gestión de aguas subterráneas. Asimismo, los sistemas de Lerma y Cutzamala siguen trayendo agua de sus zonas de captación hacia la Ciudad de México, colocando en posición de desabasto y vulnerabilidad al Estado de México, debido a factores geográficos, políticos, económicos y sociales, esto

²⁵ Estado del acuífero en el momento que su volumen de extracción, supera la capacidad de recarga de este mismo (CONAGUA, 2018).

indica que compartir infraestructura que permite el bombeo de agua subterránea, puede derivar en conflictos entre actores locales, gobiernos y usuarios, un ejemplo sobre este argumento lo comparte el autor Arsenio González (2016) cuando en septiembre del año 2003 las comunidades originarias del pueblo Mazahua se vieron gravemente afectadas por el desbordamiento de la presa de Villa Victoria, perteneciente al Sistema Cutzamala, causando daños en sus hectáreas de cultivo, lo que desencadenó una serie de manifestaciones, movimientos de resistencia y sobre todo una visibilización mediática nacional e internacional sobre el despojo de las tierras y los recursos encabezada por los dirigentes políticos “en pro” de la urbanización y el “desarrollo”. El caso de los campesinos mazahuas en el Estado de México evidenció también la extrema separación que existe entre los sectores rurales o locales con los organismos encargados de tomar decisiones frente al manejo de la infraestructura hidráulica. Finalmente, tras un año de conflictos y acciones defensivas, se realizaron las primeras negociaciones que no alcanzaron acuerdos comunes; provocando un primer acto de simbolismo y trascendencia entre los discursos indígenas: las mujeres del frente mazahua se trasladaron a la Ciudad de México y realizaron marchas y protestas en algunas vialidades más importantes de la capital tornándose un evento de gran interés para los medios periodísticos de la época al reflejar el compromiso colectivo y la lucha indígena de las mujeres por recuperar las fuentes de vida que se les arrebataron a su pueblo. Es también una constancia de las carencias alrededor de las estrategias políticas en la regulación de los recursos y el fallido nivel de respuesta los actores institucionales cuando esferas históricamente oprimidas sufren los estragos ocasionados por la industria y sus pronunciamientos ni siquiera son tomados en cuenta (González, 2016).

2.3.2 Gestión del agua subterránea, gestión de conflictos

Por decreto y con base en el Artículo 27 de la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, se otorgó al Poder Ejecutivo Federal el control total de las aguas nacionales incluyendo ríos, lagos, aguas marinas internas, caudales que desemboquen hacia el mar o fluyan entre estados de manera permanente. En el

caso de las aguas subterráneas, se establecieron otros criterios, se adjudicaron al propietario del suelo en donde fuera localizada esta, siempre y cuando el aprovechamiento de dichos pozos no afectara o pusiera en riesgo los intereses nacionales, además se promovió la obtención de derechos y concesiones para extraer agua por parte de la sociedad (Rolland y Vega Cárdenas, 2010). La falta de estudios y la limitada exploración que se tenía en aquella época sobre el dinamismo de las aguas subterráneas provocó que durante el Gobierno del Presidente Lázaro Cárdenas (1936-1942), se fortaleciera mediante recursos tecnológicos el estudio de los mantos acuíferos en el País (Aboites, 1998; citado por Rolland y Vega Cárdenas, 2010).

Las problemáticas originadas por el abastecimiento de agua ante el crecimiento de las primeras grandes ciudades en el país, además de los intentos por lograr una gestión hídrica eficiente llevaron a modificar el artículo 27²⁶, en su lugar, las aguas subterráneas pasaron a clasificarse como aguas nacionales y por tanto, dominio absoluto de la Federación para su utilización, regulación e incluso decisión para determinar zonas de veda si se requiere la conservación de aguas subterráneas que salvaguarden su disponibilidad y así ampliar la cobertura óptima para la agricultura, la industria y la población sin que se presentara un riesgo de alcances negativos.

De manera vinculante, la *Ley de Aguas de Propiedad Nacional* promulgada el 7 de agosto de 1929 ejecutaba mediante decreto la preferencia de aprovechamiento sobre las aguas nacionales, en donde debía ser prioritario el uso doméstico, tratando de no afectar cualquier otra concesión (Martínez-Austria y Vargas, 2017).

Asimismo, las reformas a la legislación sobre gestión del agua también autorizaron las *asignaciones* por parte del Poder Ejecutivo Federal, que son un volumen autorizado por el gobierno federal para satisfacer las necesidades básicas que requiere cada población siempre y cuando recaiga en los ayuntamientos municipales su administración (Martínez-Austria y Vargas, 2017). Estas medidas

²⁶ Modificación al artículo 27 y 123 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, que entró en vigor en el año de 1932 (Rolland y Vega Cárdenas, 2010).

otorgaron mayor control a los municipios garantizando cantidades de agua disponibles para dotar de agua potable (incluyendo aguas subterráneas) anteponiendo el valor humano del agua antes que un bien económico, estas políticas se mantuvieron vigentes hasta 1992.

En el caso de las aguas subterráneas, el poder ejecutivo se reserva la facultad de declarar zonas libres de alumbramiento y zonas vedadas donde se registre un descenso en el volumen disponible, estas iniciativas facilitaron un aumento en la compra de títulos y concesiones en gran parte para el sector agrícola e industrial debido a que no están obligados a pagar por los derechos de agua a menos que el volumen de extracción exceda la cantidad de agua concesionada (Martínez-Austria y Vargas, 2017), mediante la creación del *Registro Público de Derechos del Agua (REPD)* se pretende crear mayor transparencia a los aspectos jurídicos de propiedad sobre el agua y transmisión de derechos, sin embargo se han originado situaciones de inequidad en dinámicas como la agricultura de riego, un sector que concentra la mayoría de las concesiones otorgadas por la federación y además gozan de tarifas preferenciales por el derecho del uso de agua, dejando vulnerables a otras esferas sociales que no pueden costear los precios de extracción o infraestructura. Actualmente, la Ley de Aguas Nacionales sigue vigente y la CONAGUA a través de las dependencias municipales o estatales, en cooperación con diversos organismos como los Consejos de Cuenca Hidrológica son los encargados de emitir las políticas públicas que protejan el acceso igualitario al agua.

El concepto Agua Subterránea se expone aun con muchas dificultades en la legislación hídrica de México, debe observarse como un elemento estratégico que no reconoce de fronteras administrativas y se mueve continuamente por el subsuelo, lo que obliga un mayor entendimiento de parte de los consejos técnicos para la toma de decisiones y su manejo correcto, las evidencias muestran que la falta de distribución para la sociedad radica más en una inequitativa distribución de las aguas, fomentada por políticas que no han tomado en cuenta la importancia del conocimiento sistémico real, cálculos previsorios que generen información pertinente sobre el suministro adecuado a todos los sectores, o incluso verificar los

patrones de abastecimiento que provocan brechas de desigualdad, la mayor parte de la distribución es absorbida por las iniciativas privadas, provocando estados de vulnerabilidad para los usuarios locales del agua, fenómeno que como se ha mencionado en esta investigación puede dar origen a conflictos territoriales.

De acuerdo con Hatch Kuri (2017) el caso de México para la administración de aguas subterráneas debe centrarse en varias dimensiones, una de estas es el *sobreconcesionamiento*, otorgar muchas cantidades de extracción sin un monitoreo eficiente, sin una evaluación y sin un registro de los volúmenes disponibles es una práctica habitual como el Estado de México y puede ser el preámbulo para incrementar aún más el déficit entre oferta y demanda que predomina en esta región, México no tiene un marco que detenga el fácil acceso de empresas privadas a las concesiones, y éstos, se sirven de prácticas apropiativas que destinan mayores volúmenes de los recursos disponibles para sus industrias.

Otro factor que ha impedido consolidar una gestión del agua ideal es la participación concreta de organismos civiles, la ausencia de colectivos y comunidades asociadas ha influido en el abuso de grandes elites que se apropian del recurso líquido, es indispensable desarrollar dinámicas que involucren un mayor peso de la ciudadanía local en la información, evaluación y toma de decisiones respecto al uso y suministro de las aguas, la interacción en foros ciudadanos y la participación continua de todos los usuarios locales puede sugerir un mayor control sobre los acuerdos que se realicen en torno a la gestión hídrica.

Capítulo 3. Seguridad hídrica y gestión del agua subterránea en el Estado de México

3.1 El agua subterránea ¿visible o no visible?

En el capítulo anterior se han planteado algunos problemas puntuales respecto a la concepción científica del concepto acuífero, el concepto agua subterránea y la forma en cómo el Estado mexicano ha hecho frente a los efectos del libre alumbramiento considerando las figuras legales de la veda, la zona de reserva y la zona reglamentada en el territorio nacional. De hecho, vale la pena resaltar que la efectividad de las vedas se demostró en la creación de límites geográficos a partir de la demanda de agua que permitió acuerdos políticos entre entidades como la Ciudad de México y el Estado de México.

La profunda articulación hidráulica entre el Estado de México y la capital del país, la Ciudad de México, ha producido una presión enorme sobre la demanda de agua, en la que precisamente, el agua subterránea es un actor estratégico. Así, conviene recordar que el año 2022 fue declarado el año del agua subterránea, “Haciendo visible lo invisible” de acuerdo con el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO. Por lo anterior, valdría la pena cuestionar qué tanto esta agua sigue siendo no visible para muchos, a pesar de su carácter estratégico capaz de fundamentar arreglos espaciales o territoriales determinados.

Los procesos de control, apropiación y distribución del agua subterránea se han constituido en términos históricos y culturales desde siglos atrás, por ejemplo, en las culturas ancestrales se forjaron relaciones espirituales entre la sociedad y las fuentes brotantes de agua como los manantiales, veneros, ojos de agua, etc.

En un inicio, la interpretación del agua fue en un sentido religioso, místico, como fuente de vida que permitía la prosperidad de las comunidades no solo por su condición inherente para la supervivencia humana, sino por la creencia inquebrantable de su manifestación en forma de manantiales, oasis, veneros, etc., poseía características curativas y sagradas²⁷. A la fecha, esta interpretación ha perdurado en regiones y comunidades rurales que se abastecen de dichas fuentes, desarrollando técnicas de autosuficiencia, abastecimiento y conservación del agua

²⁷ Este argumento va encaminado con el modelo propuesto por Budds y Linton (2013) donde se observa una conexión espiritual y cultural entre las pequeñas comunidades y las fuentes de agua de su entorno.

y la naturaleza, al mismo tiempo son estas son las comunidades que mayor marginación y exclusión social padecen.

Por el contrario, la producción moderna del agua se originó, al menos hace 150 años, un ejemplo es la creciente producción agroalimentaria que impuso la diversificación de nuevos métodos para abastecerse de agua sin importar las barreras geográficas, políticas o ecológicas (Walsh, 2022).

Desde mediados del siglo XIX, algunos pioneros en ingeniería de hidráulica de pozos fomentaron el uso y reproducción de la industria de extracción de agua por bombeo a gran escala como el método de perforación de pozos por percusión, originando más adelante, un aumento desmedido de perforadoras y motores para abastecer todo el sector agrícola. Este fenómeno supuso una transformación radical del paisaje e incidió en la formación y producción de territorios de manera diferenciada, pues mientras hubiera capitales para la adquisición de la infraestructura necesaria para bombear y extraer agua, se “aseguraba” el acceso al agua, en detrimento de sectores vulnerables que no contaban con los medios necesarios para realizar las extracciones.

Un elemento estratégico en este caso es el conocimiento hidrogeológico, así los hallazgos sobre la estructura geomorfológica y el dinamismo de flujos del agua subterránea siempre ha sido un tema poco conocido, considerado un misterio del que ahora se le suele llamar como la “disponibilidad” del agua. De manera contradictoria, la infraestructura para el bombeo facilita en grandes proporciones la “oferta” de agua, lo que ha derivado en apariencia, en la disponibilidad de volumen “fijo y constante” para la producción agrícola, el desarrollo industrial y el crecimiento urbano desmedido.

Especialistas como Casey Walsh (2022) proponen tres aspectos construidos socialmente a efectos de comprender la crisis de seguridad hídrica actual. El primero es la “heterogeneidad”, refiere a los modos de interpretación milenaria en el que se ha dotado de propiedades curativas a las aguas del subsuelo. Este hecho fue reforzado por la idea de que las aguas albergadas durante miles de años en manantiales gozan de apariencia, sabor y sensaciones particulares al contrario que las aguas superficiales, las cuales pueden ser fácilmente contaminadas, por lo que

no representan el mismo valor espiritual que las primeras. Esta creencia se replica en esta era industrial con diversas propagandas, sobre todo de empresas refresqueras que, utilizando el discurso de la singularidad del agua subterránea, la han transformado en mercancía, recuérdese por ejemplo en México, el caso del agua mineral *“Peñafiel”* o el curativo *“Sidral Mundet”*.

El segundo aspecto que describe Walsh (2022) es el de la “ubicuidad”. Como hemos analizado en capítulos anteriores, las aguas se distribuyen por el subsuelo de manera tridimensional, desde flujos locales, intermedios hasta regionales, infiltrándose gracias a la porosidad de las rocas e interconectando una red de dimensiones verticales y horizontales (Toth, 1999). No obstante, su acceso en escala industrial está reservado para los sectores que disponen de maquinaria e infraestructura hidráulica necesaria para excavar pozos, marginando a quienes no disponen de estos recursos. Esto ha propiciado una dinámica monopólica donde los grupos que cuentan con capital e influencias políticas son capaces de privar del derecho al agua a las comunidades marginadas, así no se trata de una cuestión de disponibilidad hídrica metros abajo, sino de una distribución que se controla desde la superficie por aquellos usuarios con capacidad de extracción (Zwarteveen et al., 2017, citado por Walsh, 2022).

El tercer elemento es la visibilidad o “invisibilidad” del agua subterránea. Aunque la hidrogeología ha aportado información novedosa, parece que la misma ha sido acaparada por ciertas entidades políticas, privadas o académicas, haciendo de ello un “conocimiento élite” que permite establecer reglas de acceso, suministro, generando inercias entre los sectores que intervienen en la recopilación de datos y se benefician del acceso privilegiado al agua subterránea. Esto contraviene toda propuesta de crear modelos de democratización para su gestión, libre de cualquier tipo de acaparamiento de derechos.

Estos tres aspectos, de acuerdo con el citado autor, han afianzado regímenes de administración hidráulica desiguales y están orientados por la demanda global de agua. En el caso mexicano, el agotamiento del agua subterránea comenzó al momento del desarrollo postrevolucionario. La reforma agraria del presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940) cambió el paradigma sobre la tenencia de la tierra

destinando, así como sus sucesores, porciones e insumos para que ejidatarios, comunidades y propietarios privados hicieran trabajar la tierra en vías del desarrollo social y económico de México (Wolfe, 2014).

La estrategia de reparto agrario elevó los intereses políticos por regular a nivel federal las extracciones de aguas subterráneas que, hasta entonces habían permanecido reglamentadas solo por el Código Civil de 1884 y 1932. Sin embargo, el conocimiento en materia hidrogeológica subterránea era un campo poco explorado por ingenieros mexicanos y su interpretación en estos Códigos administrativos también estaba sesgado.

Para antes de la revisión al artículo 27 de la constitución mexicana, la Ley de Aguas de Propiedad Nacional de 1934 distinguía entre aguas privadas y aguas nacionales, brindando absoluta libertad a los dueños de pozos para extraer el volumen que desearan sin ninguna restricción siempre y cuando no afectaran los recursos contemplados para la federación. Las modificaciones de los años 40 al artículo 27, estipularon una integración de aguas superficiales y subterráneas como ámbito del poder ejecutivo para su regulación, eliminando así la privatización del agua, de forma similar, podían realizarse actividades de extracción por parte de entes privados toda vez que no se afectaran los “intereses públicos” de la nación, asimismo, si se presentaba el caso, la autoridad federal podía intervenir en la reglamentación de los pozos y declarar zonas de veda (Wolfe, 2014).

Paradójicamente, los mismos decretos que autorizaron la existencia de zonas restringidas -vedas-, para la explotación de agua subterránea también fomentaron su aprovechamiento desmesurado bajo una narrativa del desarrollo industrial, ajustada al discurso del modelo desarrollista mexicano. Estos procesos continuaron en la primera mitad del siglo XX mientras llegaba al país infraestructura extranjera capaz de exportar mayores volúmenes de agua. En este periodo diversas empresas incitaron al aumento masivo de bombas motorizadas y taladros capaces de abastecer con más intensidad y principalmente a las zonas áridas, semiáridas de México, tal es el caso de la Comarca Lagunera, situada en los estados de Coahuila y Durango, emblema de la industrialización temprana del país. Autores como Wolfe (2014), indican que debido a la importación de bombas, el desarrollo

de infraestructura asociada al tendido eléctrico y la presencia de máquinas que facilitaron la perforación, desde 1930 la Comarca Lagunera enfrentó un “sobrebombeo” que provocó la reducción de fuentes de abastecimiento subterráneo, a pesar de las advertencias por hidrogeólogos de esta época acerca de los riesgos de la sobreexplotación de acuíferos se continuó recurriendo a este modelo motivados por el poco conocimiento de los flujos subterráneos y por la proliferación irracional de pozos que representaban, y representan una herramienta estratégica para el sector político y privado en la gestión del agua, posiblemente, precisamente, por las tres características descritas por Walsh (2022).

En suma, se aprecia que la información que priva sobre el acceso y gestión del agua subterránea en el Estado de México, es decir, la información relacionada con los acuíferos administrativos, la demanda de agua y la política de derechos de agua, así como la participación ciudadana que existe en términos del modelo institucionalizado, revelan su heterogeneidad, ubicuidad e invisibilidad. De esta manera, a pesar de no ser visible físicamente esta agua en términos de lo que ha impuesto la producción de las aguas modernas (Linton, 2010), su importancia se materializa en su producción cuando se junta el capital, la infraestructura y la fuerza de trabajo necesaria para alumbrarla a través de obras hidráulicas como los pozos (Hatch-Kuri, 2021).

3.2 Población del Estado de México.

En la actualidad, el Estado de México constituye un polo estratégico de atracción de inversiones por su cercanía con la capital del país y por la conurbación histórica que se ha configurado con la Zona Metropolitana del Valle de México. Actividades económicas relacionadas, principalmente, con la industria y el sector servicios ha propiciado que la presencia de infraestructura relacionada con el aprovechamiento del agua, favorezca la creación de nuevos espacios habitables, corredores industriales, y como observamos en el capítulo anterior, es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la capital del país, generando

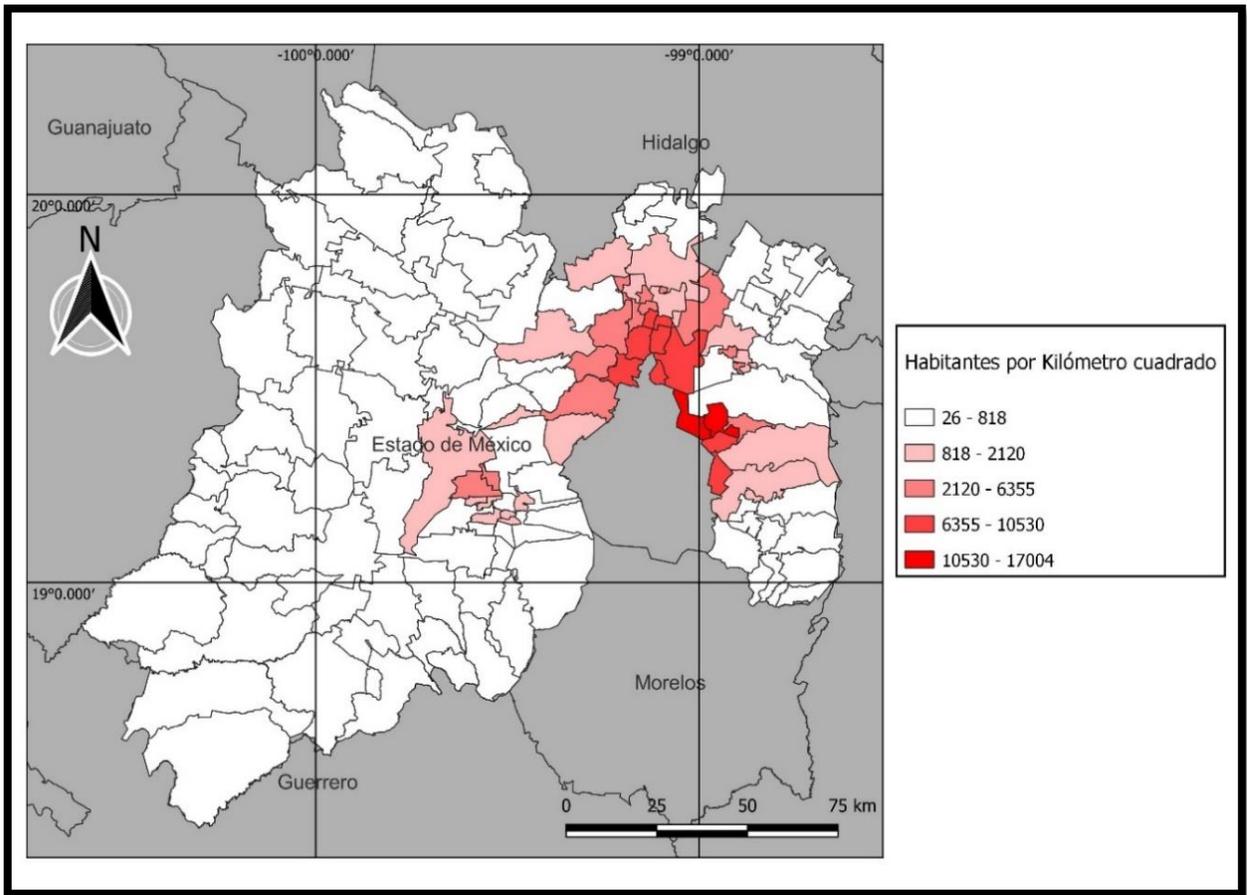
progresivamente un déficit en la disponibilidad anual de los acuíferos administrativos de la entidad mexiquense.

Datos del INEGI²⁸ indican que un total de 16,992,418 habitantes residen en el Estado de México, colocándose como el estado con mayor número de habitantes del país y con una población análoga a países latinoamericanos como Guatemala y Chile. Aunque la división política estatal posee 125 municipios la distribución poblacional es irregular (Figura 13), los espacios con mayor concentración de habitantes se encuentran en las áreas limítrofes con la Ciudad de México, 30 municipios (Tabla 8) localizados en la conurbación noroeste, norte y noreste con la Ciudad de México agrupan aproximadamente al 63 % de todos los habitantes²⁹ de la entidad mexiquense, en segundo lugar de concentración de densidad de habitantes está la capital del estado: Toluca y su zona conurbada (Tabla 9) representan el 14 % de su población total.

²⁸ Censo de población y vivienda, INEGI, 2020.

²⁹ Estimación con datos del Consejo Estatal de Población; INEGI, 2020.

FIGURA 13. MAPA DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN EN EL ESTADO DE MÉXICO (2020).



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Consejo Estatal de Población, 2020

TABLA 8. NÚMERO DE HABITANTES POR MUNICIPIO EN LA ZONA CONURBADA DEL VALLE DE MÉXICO

Clave municipal	Municipio	Número de Habitantes
002	Acolman	171,507
013	Atizapán de Zaragoza	523,674
020	Coacalco de Berriozábal	293,444.00
024	Cuautitlán	178,847
025	Chalco	400,057
031	Chimalhuacán	705,193
033	Ecatepec de Morelos	1,645,352
037	Huixquilucan	284,965
039	Ixtapaluca	542,211
057	Naucalpan de Juárez	834,434
058	Nezahualcóyotl	1,077,208
060	Nicolás Romero	430,601
070	La Paz	304,088
081	Tecámac	547,503
099	Texcoco	277,562
104	Tlalnepantla de Baz	672,202
109	Tultitlán	516,341
120	Zumpango	280,455
121	Cuautitlán Izcalli	555,163
122	Valle de Chalco Solidaridad	391,731
	Total	10,632,538
Porcentaje respecto al total de habitantes		63 %

Fuente: Elaboración propia con datos del Consejo Estatal de Población; INEGI,2020.

TABLA 9. NÚMERO DE HABITANTES POR MUNICIPIO EN LA ZONA CAPITAL DEL ESTADO DE MÉXICO

Clave municipal	Municipio	Número de Habitantes
005	Almoloya de Juárez	174,587
042	Ixtlahuaca	160,139
051	Lerma	170,327
054	Metepec	242,307
074	San Felipe del Progreso	144,924
087	Temoaya	105,766
088	Tenancingo	104,677
106	Toluca	910,608
114	Villa Victoria	108,196
118	Zinacantepec	203,872
	Total	2,325,403
	Porcentaje respecto al total de la población	14 %

Fuente: Elaboración propia con datos del Consejo Estatal de Población; INEGI,2020.

En contraste, en los municipios mexiquenses situados en la región identificada también como parte de la Tierra Caliente al sur de la entidad colindando con los estados de Michoacán y Guerrero, es evidente una densidad mucho menor en términos de la zona situada en la altiplanicie, en su conjunto estas localidades apenas sobrepasan el 1 % del total poblacional del Estado de México (Tabla 10).

TABLA 10. POBLACIÓN POR MUNICIPIO MEXIQUENSE EN LA REGIÓN TIERRA CALIENTE.

Clave municipal	Municipio	Número de Habitantes
008	Amatepec	25,244
077	San Simón de Guerrero	6,692
080	Sultepec	24,145
082	Tejupilco	79,282
097	Texcaltitlán	18,482
105	Tlatlaya	31,762
107	Tonatico	12,912
116	Zacazonapan	5,109
117	Zacualpan	13,522
	Total	217,150
Porcentaje respecto al total de la población estatal		1%

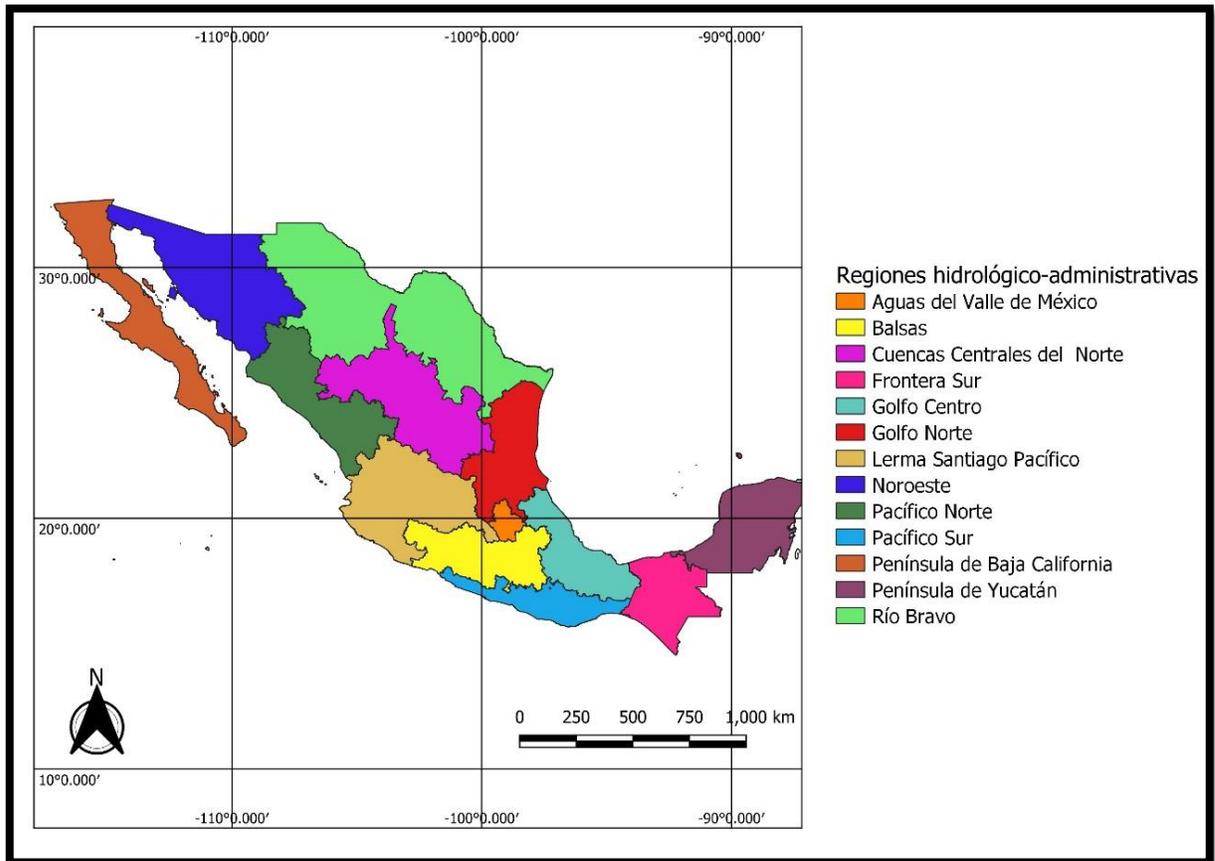
Fuente: Elaboración propia con datos del Consejo Estatal de Población; INEGI,2020.

Considerando la información anterior, únicamente desde el punto de vista demográfico, sugiere como se planteó en el capítulo previo, que la mayor demanda de agua subterránea se ha concentrado principalmente en dos núcleos estratégicos en los últimos 50 años, siendo la Zona Metropolitana del Valle de México conformada por la Ciudad de México y 20 municipios limítrofes los que engloban un aumento radical en su población. Por esa razón, es comprensible que la demanda de mantenimiento y ampliación de la infraestructura hidráulica existente entre ambos territorios, Estado de México y la Ciudad de México, constituya en el futuro próximo y de largo plazo, uno de los temas centrales de toda política para la gestión de la conurbación y el desarrollo y crecimiento económico del centro del país. En efecto, aunque se espera que se continúe manteniendo una visión estática y abstracta del agua subterránea, porque su extracción para su producción como agua potable, dependerá cada vez más, del mantenimiento de las baterías de pozos y de un adecuado suministro eléctrico; dicho de otro modo, un territorio mucho más tecnificado en el que se incorpora esta agua estratégicamente para el crecimiento demográfico y económico.

3.3 Problemas en la organización político-administrativa del agua subterránea en el Estado de México.

La CONAGUA es la entidad responsable de la gestión y administración del agua en México y depende de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), coordina acciones con múltiples instituciones federales, estatales y municipales que coadyuvan en la ampliación, mantenimiento y operación de la infraestructura que sirva para suministrar de agua a los concesionarios y los asignatarios. Es la institución que representa al Titular del Ejecutivo Federal en la tutela de un bien nacional, en este caso el agua, por ello dota de agua a los diferentes usuarios que la demandan y está facultada para la recaudación fiscal de derechos de agua por concepto de aprovechamiento de aguas nacionales. Para los fines mencionado y adecuar la administración, se dividió el territorio nacional en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) (Figura 14), considerando la delimitación física y la extensión superficial de las principales cuencas hidrográficas del país. Se debe hacer notar que estas delimitaciones geográficas se adhieren a elementos geomorfológicos como los parteaguas de los principales sistemas montañosos del país, resultado cuencas como la Lerma-Chapala, Río Bravo o, una cuestionable como aquella que se delimitó para la Península de Yucatán, donde la hidrografía principal está oculta debido a la naturaleza del acuífero kárstico, siendo las corrientes superficiales mínimas.

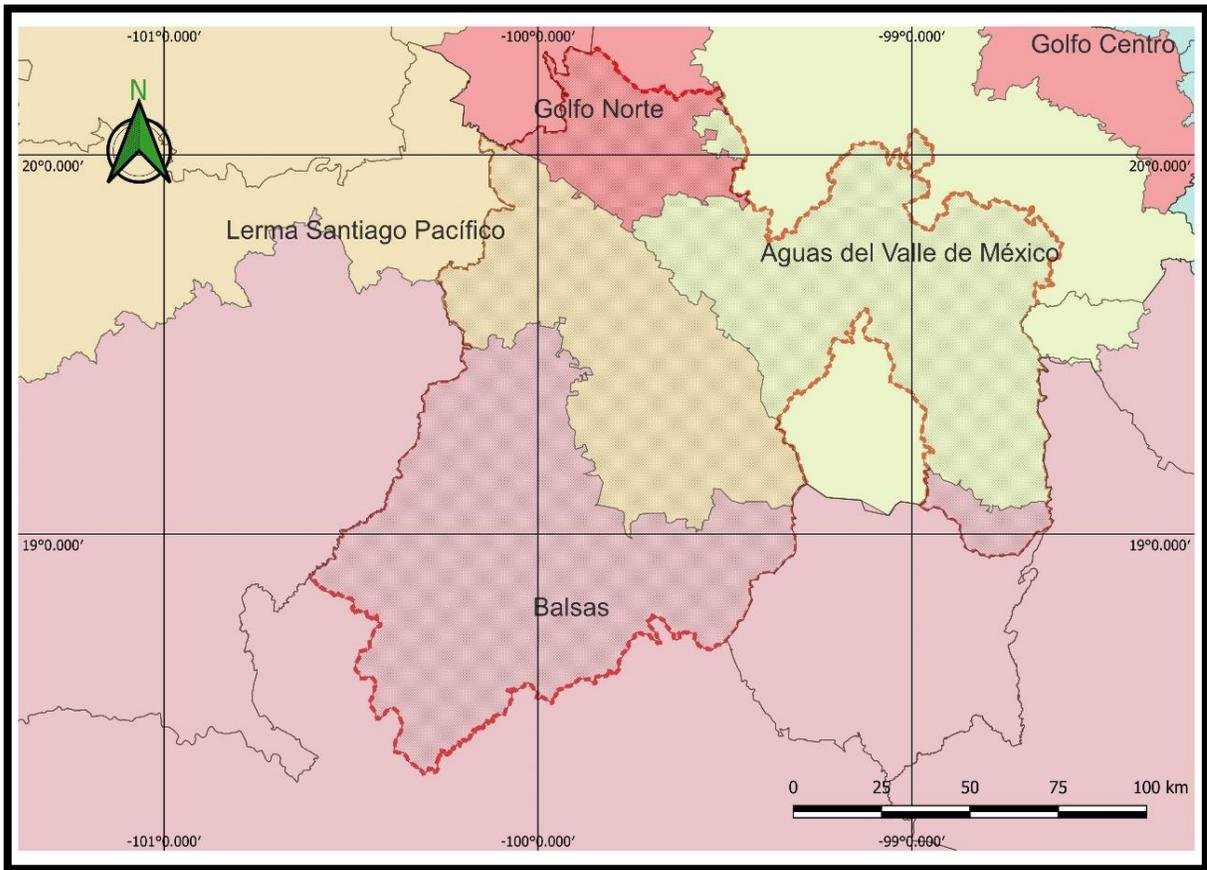
FIGURA 14. REGIONES HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVAS EN MÉXICO, SEGÚN CONAGUA.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

Si se coloca y empalma la cartografía relativa a los polígonos de los recortes jurisdiccionales del país con fines político-administrativos y las de la RHA, se aprecia que el territorio del Estado de México coincide con cuatro RHA, es decir la del Golfo Norte, Aguas del Valle de México, Lerma-Santiago-Pacífico y Balsas, como se aprecia en la Figura 15.

FIGURA 15. RHA COINCIDENTES EN TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

Debe quedar claro que la división de las RHA que coincide con el territorio del Estado de México tiene propósitos de administración del agua, es decir, para el proceso de la transferencia a terceros -los usuarios en calidad de concesionarios y asignatarios-, de volúmenes de agua por parte de la CONAGUA. El volumen de agua transferido es superficial y proviene de los ríos localizados tanto en las microcuencas (escala 1:20,000), las subcuencas (1:100,000) y las cuencas principales (1:250,000) que existen en el territorio mexiquense. En su caso, también estas mismas corrientes de agua cuando no están concesionadas para su aprovechamiento, son depósito de descargas de aguas residuales legales e ilegales. Notar entonces que las RHA con mayor importancia en el Estado de México son la que comparte con la Ciudad de México -Aguas del Valle de México-, y la Lerma-Santiago-Pacífico donde se ubican precisamente los dos núcleos

demográficos mencionados anteriormente y que en su conjunto, constituyen alrededor del 76 % de la población de toda la entidad mexiquense.

Como la gestión y administración del agua en México es un asunto que concierne a la federación por su carácter constitucional de *bien nacional*, esta se ejerce a partir de un enfoque fragmentado, por una parte las aguas superficiales y, por otra, las aguas subterráneas, así se observa una delimitación diferenciada para recorte geográfico de las cuencas hidrográficas y del agua subterránea en el Estado de México. En el capítulo anterior se explicó la manera en cómo evolucionaron algunas de estas delimitaciones administrativas para manejo, gestión y administración de aguas nacionales del subsuelo a través de una explicación de carácter no exhaustiva, pero que partió del análisis de trabajos previos para tratar de comprender el origen y evolución histórica de las actuales delimitaciones convencionales y superficiales de estos polígonos que aluden de manera estática al agua subterránea. En la actualidad, se observa que dentro del territorio del Estado de México convergen más de nueve acuíferos administrativos, el resto se extiende hacia entidades federativas como Hidalgo, Morelos y Guerrero (Figura 16).

Si consideramos únicamente aquello que indica la CONAGUA en su Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), se aprecia que son nueve unidades acuíferas administrativas existentes en el territorio mexiquense y que se encuentran empalmadas de manera heterogénea con las RHA (véase Tabla 11). Notar que las RHA de Aguas del Valle de México y del Balsas son en las que se encuentran coincidiendo seis acuíferos administrativos. Asimismo, hay que recordar que estas unidades no son recortes geográficos que aludan con exactitud a la circulación general del ciclo hidrológico por el territorio nacional, sino son recortes o poligonales que aluden a la administración de los derechos de aguas nacionales superficiales y subterráneos.

FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ACUÍFEROS ADMINISTRATIVOS EN EL ESTADO DE MÉXICO 2022.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DEL SINA DE LA CONAGUA (2022).

TABLA 11. UNIDADES DE GESTIÓN DE DERECHOS DE AGUA EN EL ESTADO DE MÉXICO.

Región Hidrológico-Administrativa (RHA)	Acuíferos Administrativos
XIII. Aguas del Valle de México	<ul style="list-style-type: none"> • Chalco-Amecameca (1506) • Texcoco (1507) • Cuautitlán-Pachuca (1508)
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	<ul style="list-style-type: none"> • Valle de Toluca (1501) • Ixtlahuaca-Atlacomulco (1502)
IV. Balsas	<ul style="list-style-type: none"> • Tenancingo (1504) • Villa Victoria-Valle de Bravo (1505) • Temascaltepec (1509)
IX. Golfo norte	<ul style="list-style-type: none"> • Polotitlán (1503)

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DEL SINA DE LA CONAGUA (2022).

Se aprecia que en el territorio mexiquense coinciden seis acuíferos administrativos adicionales, sumando un total de 15 acuíferos, sin embargo, estos últimos serían de naturaleza “interestatal”, si bien este concepto no se reconoce en la Ley de Aguas Nacionales, tampoco se les puede denominar como “transfronterizos”, a pesar de que cruzan los límites fronterizos de las entidades federativas con las que colinda el Estado de México, ese nombre parece reservado exclusivamente al tratamiento de las unidades acuíferas de carácter geológico que son atravesadas por fronteras internacionales (Hatch-Kuri & Carrillo-Rivera, 2023).

Estos acuíferos, que se denominan en este trabajo como “interestatales”, atraviesan los límites de las entidades federativas, en el caso del Estado de México se evidencian porque pertenecen a la jurisdicción de otras entidades limítrofes como Guerrero, Hidalgo y Morelos, pero se extiende completa o parcialmente hacia algunos municipios del Estado de México, incluso, se observa que el acuífero administrativo de la Ciudad de México se extiende en dirección norte hacia el territorio mexiquense; la CONAGUA considera a estos acuíferos como parte de otras entidades federativas (véase Tabla 12).

TABLA 12. ACUÍFEROS ADMINISTRATIVOS INTERESTATALES.

Clave	Nombre del acuífero	Entidad	Localización geográfica	Municipios mexiquenses que intercepta
0901	Zona Metropolitana de la Ciudad de México	Ciudad de México	Totalidad de la Ciudad de México y municipios mexiquenses al noroeste-norte de la capital.	Parcialmente: Ecatepec de Morelos, Jilotzingo, Atizapán de Zaragoza; Casi en su totalidad: Huixquilucan, Naucalpan, Tlalnepantla de Baz.
1208	Altamirano-Cutzamala	Guerrero	Límites del Estado de México con la zona noroeste de Guerrero, entre paralelos 17°31'40" – 18°56'58" latitud norte y meridianos 99°49'35"-100°47'37" longitud oeste.	Parcialmente: Tejupilco, Amatepec, Sultepec, Tlatlaya, Texcaltitlán, San Simón de Guerrero, Zacualpan y Almoloya de Alquisiras.
1209	Arcelia	Guerrero	Límites del Estado de México con la zona noroeste de Guerrero, entre paralelos 18°10'55"- 18°45'07" latitud norte y meridianos 99°47'03"- 100°31'25" longitud oeste.	Parcialmente: Tlatlaya, Sultepec, Amatepec y Zacualpan.

Clave	Nombre del acuífero	Entidad	Localización geográfica	Municipios mexiquenses que intercepta
1310	Valle del Mezquital	Hidalgo	Límites del Estado de México con la zona sureste de Hidalgo, entre paralelos 19°36'-20°22' latitud norte y meridianos 98°56'- 99°38' longitud oeste.	Totalmente: Apaxco, Soyaniquilpan; Parcialmente: Chapa de Mota, Hueypoxtla, Jilotepec, Tequixquiác, Villa del Carbón; pequeñas porciones de Jiquipilco, Morelos y Zumpango.
1316	Tepeji del Río	Hidalgo	Límites del Estado de México con la zona suroeste de Hidalgo entre paralelos 19°34'- 19°58' latitud norte y meridianos 99°18'- 99°32' longitud oeste.	Parcialmente: Villa del Carbón, Tepetzotlán, Nicolás Romero y una pequeña porción de Jiquipilco.
1702	Cuautla-Yautepec	Morelos	Límites del Estado de México con la zona norte, noreste de Morelos entre paralelos 18°30'- 19°00' latitud norte y meridianos 99°10'- 98°45' longitud oeste.	Totalmente: Atlautla, Ozumba, Tepetlixpa, Ecatzingo; Parcialmente: Juchitepec.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE LA CONAGUA (2020).

En síntesis, el presente hallazgo sugiere que en el Estado de México existen dos tipos de acuíferos administrativos, aquellos que se encuentran propiamente dentro del territorio mexiquense y los que son de carácter “interestatal”, concepto propuesto por nosotros en este trabajo. Aunque la información que ofrece la institución oficial -CONAGUA-, tiene como objetivo transparentar datos y ser un medio que auxilie en la resolución de conflictos entre usuarios, no estipula de manera precisa la situación

de los municipios y porciones geográficas que se encuentran bajo dicho carácter interestatal, por un lado, la documentación técnica de la CONAGUA menciona que los municipios mexiquenses o porciones que se incluyen dentro de otros acuíferos estatales (de las entidades de Hidalgo, Guerrero, Morelos y Ciudad de México) quedan bajo jurisdicción territorial de las direcciones y gobiernos locales respectivamente al encontrarse dentro de sus acuíferos administrativos, sin embargo, los municipios mexiquenses que aparecen inscritos dentro de estos polígonos están previamente determinados por los ordenamientos de veda que hemos investigado en capítulos anteriores y por lo tanto quedan sujetos a las disposiciones incluidas en los acuerdos generales y decretos oficiales de la CONAGUA, siendo estos últimos la institución autorizada para regular su aprovechamiento o emitir instrumentos jurídicos que anulen el decreto de veda. A este respecto, la misma documentación oficial no emite mayor análisis sobre la situación de las localidades y porciones acuíferas interestatales, un hecho que como hemos mencionado, ante la ambigüedad de poderes y control jurisdiccional puede generar una inoperancia en cuanto a diagnóstico y resolución de conflictos.

Debe quedar claro que este recorte del territorio en forma de acuíferos administrativos obedece a la gestión de los derechos de agua y nada tiene que ver con recortes estrictamente geológicos, así cabría formular las siguientes interrogantes ¿qué relación tienen estos acuíferos de carácter administrativo con aquellos que son de origen o naturaleza geológica?, ¿los límites de estos acuíferos geológicos coinciden con los límites de los acuíferos administrativos?, ¿la definición de los acuíferos administrativos ha considerado evidencia de carácter hidrogeológica, es decir, los sistemas de flujo de agua subterránea y de qué manera influyó esto para su delimitación?

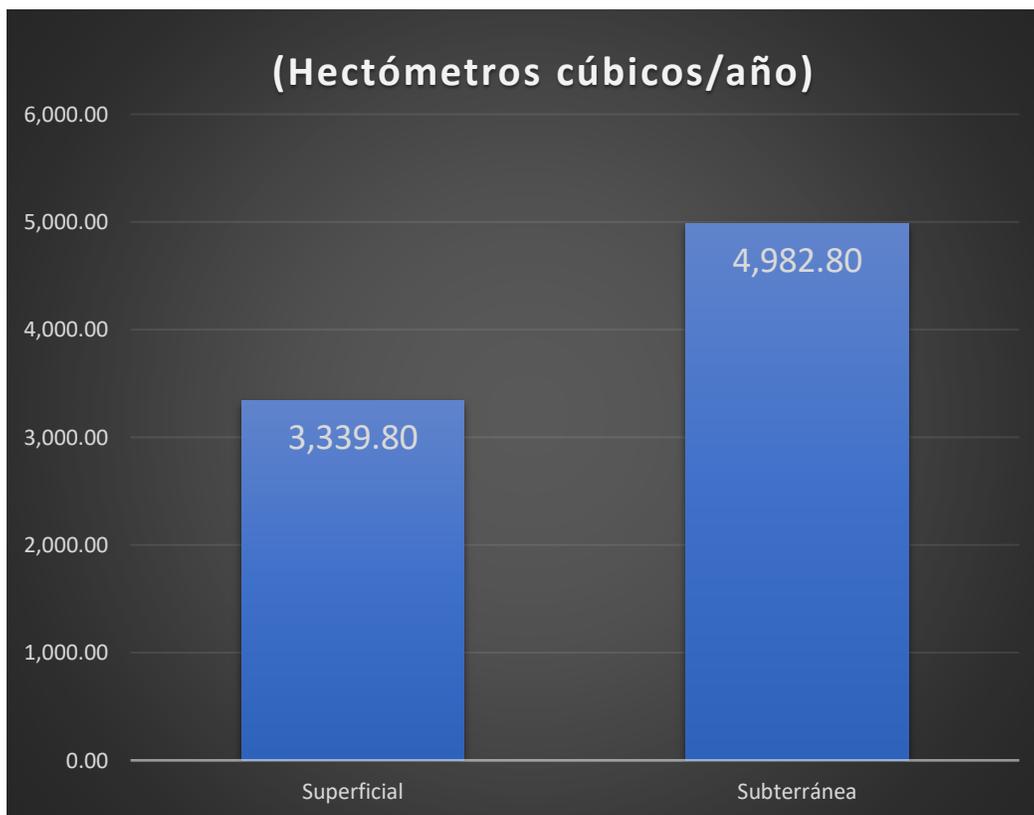
Sin duda, las anteriores interrogantes difícilmente podrán ser respondidas en la presente investigación debido a los objetivos planteados al principio y quedan abiertas para responder en futuras investigaciones. En este sentido, se debe resaltar que la presencia de los acuíferos administrativos en el Estado de México evidencia, una vez más una falta de coherencia entre los límites biofísicos del agua o del ciclo hidrológico y aquellos que pueden considerarse como los jurisdiccionales

y que refieren a las entidades federativas. Si bien el agua subterránea es de propiedad federal y su aprovechamiento produce para ciertos usuarios el cobro de derechos fiscales, las explicaciones geográficas propuestas aquí, no deben confundir al lector con la creación de “aguas estatales”, porque este concepto no existe en la Constitución Política de nuestro país y tampoco en las leyes secundarias como las estatales. De ahí que la denominación de estos acuíferos compartidos con otras entidades federativas como “interestatales”, es un asunto totalmente cuestionable, pero lo que sí es cierto es que se abre una posibilidad más para desarrollar un amplio debate en el futuro sobre la existencia y el objetivo de estos polígonos diseñados para la administración de las aguas federales y su relación con la competencia de los gobiernos estatales en el tema.

3.3.1 Disponibilidad de agua subterránea en y para el Estado de México.

De acuerdo con el marco legal vigente, es el Presidente de la República quien tutela los bienes de la nación como las aguas nacionales, por ello es quien tiene las facultades de otorgar la transferencia del dominio de los derechos de agua a terceros a través de la figura de las concesiones de agua, aunque también existe la figura de las asignaciones, que es agua destinada para los sistemas de agua potable y de saneamiento. Los volúmenes de agua que se transfieren los usuarios a través de ambas figuras legales se registran en el REPDA (Registro Público de Derechos del Agua). En primera instancia, la captación del agua se realiza a partir de dos fuentes principales: la superficial que corresponde a la obtenida por cuencas hidrológicas, corrientes y cuerpos de agua; y la subterránea que se obtiene a través de infraestructura especializada para extraer agua de los reservorios en el subsuelo, en el caso del Estado de México podemos apreciar que el agua subterránea representa la fuente predominante -60 % del total de aprovechamiento- en la entidad. El agua superficial representa la fuente menos utilizada con el 40 % de aprovechamiento (véase Gráfico 4).

GRÁFICO 4. VOLUMEN DE EXTRACCIÓN CONCESIONADO EN EL ESTADO DE MÉXICO POR TIPO DE FUENTE.



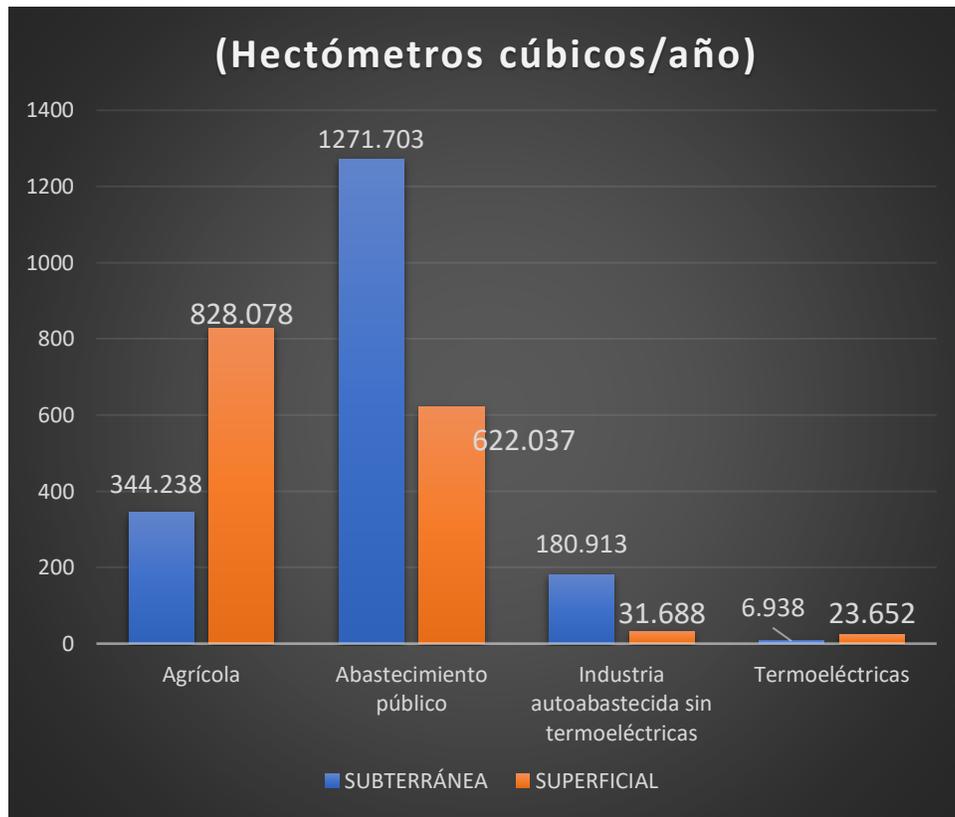
Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA³⁰.

Para facilitar los fines o áreas de producción del agua en la nación se han clasificado cinco grupos principales, cuatro de estos grupos corresponden a *Usos Consuntivos* y un grupo a *Usos No Consuntivos* (CONAGUA, 2011).

Mediante la clasificación del REPDA, los usos consuntivos se conforman por cuatro grupos, el sector agrícola; el abastecimiento público-urbano que incluye los sistemas de suministro de agua potable para la población urbana, -en menor medida la rural, como se verá un ejemplo más adelante-; industria autoabastecida siendo ejemplos el sector minero, la construcción, la industria manufacturera, etc.; y las termoeléctricas, las plantas industriales carboeléctricas, de turbogas, combustión interna, etc. (Gráfico 5).

³⁰ Información actualizada al día 31 de marzo de 2022.

GRÁFICO 5. VOLUMEN CONCESIONADO EN EL ESTADO DE MÉXICO POR USOS CONSUNTIVOS.



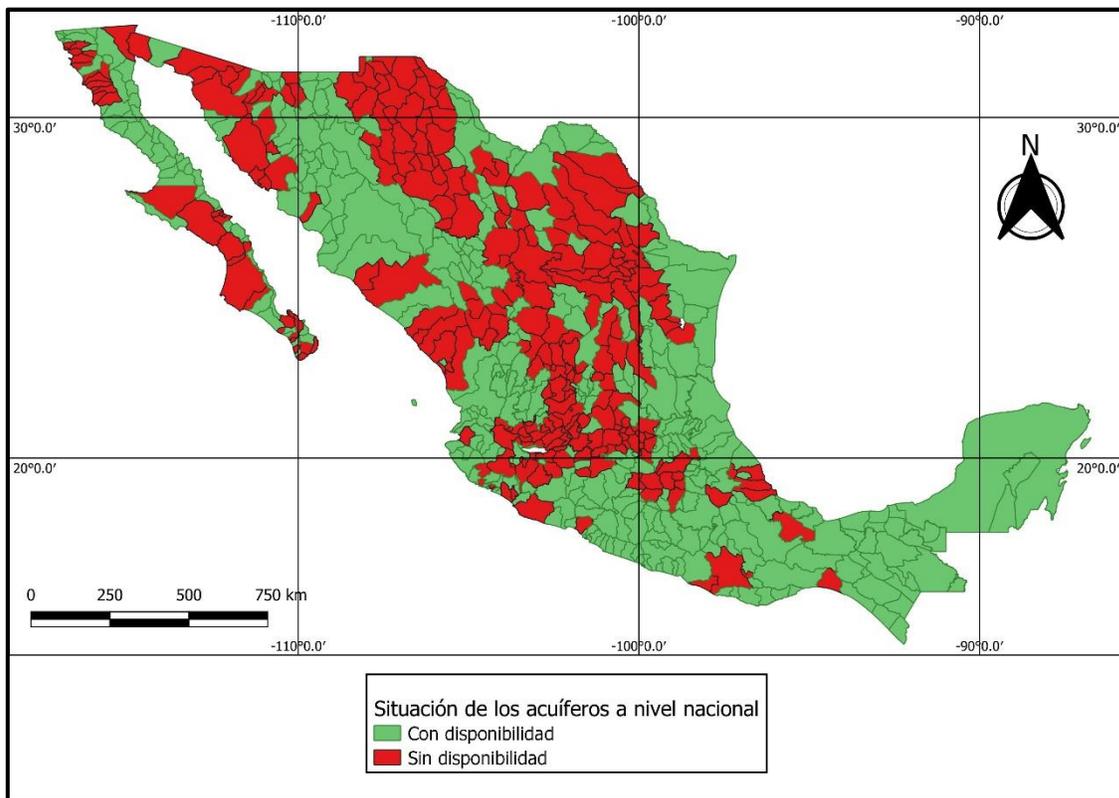
Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA.

De acuerdo con estos datos, para el caso del Estado de México, hay dos usos consuntivos en donde la fuente prioritaria de aprovechamiento es el agua subterránea, el uso para abastecimiento público obtiene el 67 % de sus aportes (1,271.7 Hm³/año) desde las fuentes subterráneas -representada en la gráfica con la columna azul- frente a un 33 % que obtiene por caudales superficiales (622 Hm³/año) -representada en la gráfica con la columna naranja-. De igual forma se encuentra la industria autoabastecida, con un 85 % del volumen total obtenido mediante fuentes subterráneas (180.9 Hm³/año) y el resto obtenido por vía superficial. Cabe resaltar que en términos del volumen destinado tanto para el abastecimiento público como la industria, el porcentaje de agua recibido por vía subterránea se encuentra altamente elevado en comparativa con la fuente superficial, lo que sugiere un grado de presión mayor que se ejerce sobre la

disponibilidad de los acuíferos, esto también se puede completar con la gran concentración demográfica que existe principalmente en dos focos del Estado de México y que hemos analizado con anterioridad.

Asimismo, el déficit entre la extracción de aguas subterráneas y el volumen de recarga ha mantenido un aumento preocupante, la tasa negativa se concentra en la atención de los centros urbanos que concentran gran población, zonas metropolitanas interconectadas social y económicamente como lo es la Zona Metropolitana del Valle de México (Figura 17).

FIGURA 17. DISPONIBILIDAD DE ACUÍFEROS EN EL PAÍS.

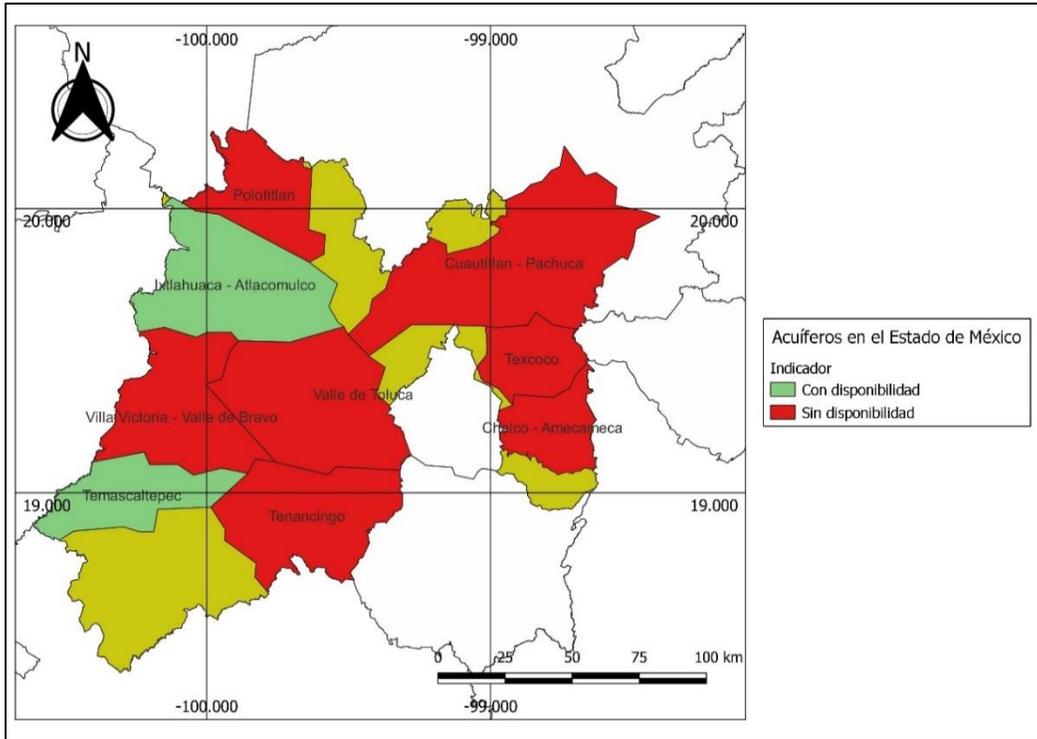


Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

Las grandes ciudades del territorio mexicano, y las zonas con mayor crecimiento poblacional se ubican en regiones centro y norte del país, mostrando una cobertura de agua subterránea débil que no logra satisfacer la demanda en estos puntos. Un número considerable de municipios del Estado de México, por su conurbación,

conforman una megalópolis junto con la capital del país, lo que constituye una situación de mayor demanda de agua, con base en datos técnicos de la CONAGUA. Conforme lo establecido en decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación, con fecha 19 de agosto de 1954 “Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona conocida como cuenca o Valle de México”; 23 de septiembre de 1965 “Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona conocida como Valle de Toluca del Estado de México” y 10 de julio de 1978 “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la superficie comprendida dentro de los límites geopolíticos en el Estado de México que no quedaron en las vedas impuestas mediante decretos presidenciales” quedan comprendidos la totalidad de los nueve acuíferos de la entidad como zona de veda, en conjunto, con la actualización de la disponibilidad media anual de los acuíferos publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 17 de septiembre de 2020 de los nueve acuíferos administrativos que pertenecen completamente a la jurisdicción de la entidad, siete se determinaron en calidad de “*sobreexplotación*” como se observa en la Figura 18. Estos acuíferos se encuentran sin disponibilidad de volúmenes de agua subterránea a efectos de entregar o expedir nuevos títulos de concesión, aquí cabe aclarar que, estamos haciendo referencia a volúmenes de agua de carácter administrativo, no necesariamente representan o significan volúmenes de agua reales en el territorio y que están circulando en el ciclo hidrológico.

Figura 18. Situación de la disponibilidad en el Estado de México.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

En la Tabla 13 se aprecia el detalle de los datos que la CONAGUA publica acerca de estos polígonos administrativos, es decir, la estimación de la descarga de agua natural y comprometida, su recarga media anual y la determinación media anual. Los valores en rojo indican el acuífero administrativo que se encuentra en condición deficitaria de agua.

Tabla 13. Disponibilidad media anual por acuífero del Estado de México.

Acuífero	Clave	Descarga natural comprometida (DNC) Hm ³ /año	Recarga media anual (R) Hm ³ /año	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) Hm ³ /año	Disponibilidad media anual (DMA) Hm ³ /año
Valle de Toluca	1501	53.6	336.8	393.5	- 110.3
Ixtlahuaca-Atlacomulco	1502	18	119	96.3	4.7
Polotitlán	1503	36.2	47.6	13	- 1.6
Tenancingo	1504	112.9	128.3	19.2	- 3.8
Villa Victoria-Valle de Bravo	1505	331.5	334.9	4.8	- 1.4
Chalco-Amecameca	1506	0	74	99.4	- 25.4
Texcoco	1507	10.4	145.1	245.7	- 111
Cuautitlán-Pachuca	1508	0	356.7	545.3	- 188.6
Temascaltepec	1509	94.6	100.8	2.1	4.1

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

La determinación de la Disponibilidad Media Anual (DMA) es una atribución y obligación de la CONAGUA para identificar los volúmenes de agua reales en cada uno de los 653 acuíferos administrativos nacionales. Este procedimiento se basa en el contenido de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, instrumento por el cual se detallan los elementos para la estimación del volumen de agua físicamente disponible hacia los fines de uso ecológico y de concesionamiento. La metodología empleada de acuerdo con la citada norma es la siguiente:

$$DMA = R - DNC - VEAS$$

DMA = Disponibilidad media anual

R = Recarga

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

El criterio de Recarga (R) es la suma de los volúmenes que ingresan a un acuífero de forma natural o inducida durante un año, la Descarga natural comprometida (DNC) es el volumen del caudal hídrico de los manantiales o afluentes que proviene de depósitos subterráneos y que se cuantifican como concesiones superficiales, incluye también la tasa necesaria para conservar el equilibrio ecosistémico. Por último, el Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) es el criterio que incluye la suma anual de los volúmenes concesionados mediante títulos ante el REPDA, al aplicar los valores con la metodología prevista por la CONAGUA, la cifra resultante es el volumen de almacenamiento “libre” de un acuífero y su capacidad para mantenerse en condiciones estables para la gestión hídrica, si presenta un volumen negativo, entonces sugiere un déficit que no puede compensar la pérdida de aguas subterráneas afectando la reserva íntegra para los usuarios, no obstante, aquí observamos un proceso que respalda el enfoque administrativo fragmentario que ha permeado en la distribución y gestión de las aguas subterráneas, la metodología propuesta por la CONAGUA parece centralizada por un sector especializado más hacia el estudio hidrogeológico -sesgado- del agua, en conformidad con Carrillo-Rivera et al. (2016) los criterios establecidos por la institución oficial, además de orientarse bajo un diagnóstico rigurosamente hidráulico -no interdisciplinar- también están adheridos a un conjunto de directrices que sostienen al agua subterránea como un componente estático del subsuelo, menospreciando muchas variantes como la nula comprensión de su dinamismo y

movimiento tridimensional³¹ por las rocas, un aspecto que repercute directamente en las cuantificaciones técnicas que se realizan más adelante, por ejemplo, las estimaciones de recarga media anual (suma de entradas al acuífero) se contabilizan en un intervalo de un año con los valores de precipitación que ocurren en ese lapso, pero la consideración técnica omite rasgos fundamentales como la variación de las lluvias (días, meses, periodos con menor o mayor precipitación) o fenómenos adversos (fenómeno de El Niño y la Niña cuya prolongación temporal es incierta) que inciden en el comportamiento del ciclo hidrológico, estas variables y su cambio en el tiempo, influyen en el movimiento de los flujos de agua subterránea, en la conductividad hidráulica, el coeficiente de almacenamiento y el intercambio que existe con otros sistemas como el material edáfico o la evapotranspiración y aunque si bien, se han realizado en el caso de algunos acuíferos, falta determinarlos para la totalidad de los acuíferos administrativos sin abrir paso a la ausencia de estos datos.

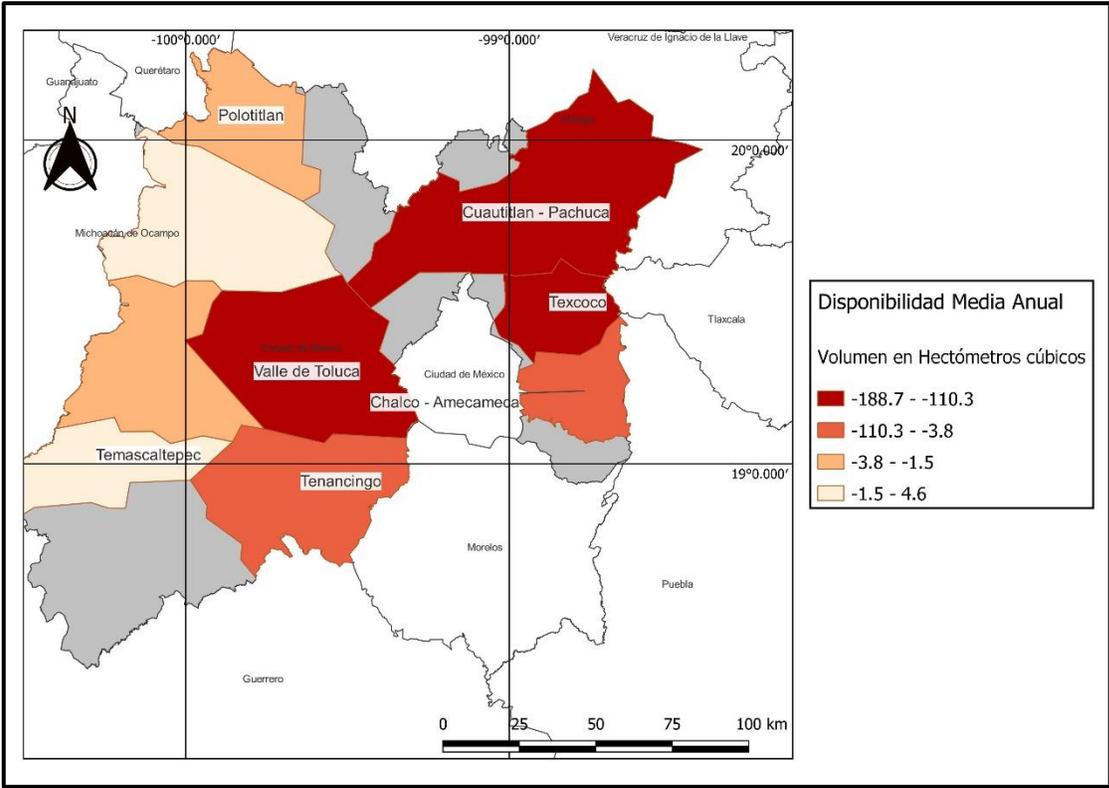
Del mismo modo, el diseño del cálculo ha excluido por completo la presencia de las actividades humanas como agentes transformadores del equilibrio ecosistémico, los asentamientos humanos tienen implicación en el cambio de uso de suelo, la degradación de la cobertura vegetal por la expansión urbana (y que tiene relación con la apropiación mercantil de las tierras y la acaparación de recursos) la contaminación ambiental perpetuada por actividades humanas, el poder político y privado del agua (corrupción y concesiones que no se contabilizan), cifras que difícilmente aparecen en los dictámenes técnicos y que son utilizados para fines comerciales como en los que la autora Nadine Reis (2014) llama *Mercado del agua*.

Sin duda, la posición del ser humano tiene afectaciones directas en las múltiples fases del ciclo hidrológico y al día de hoy, su figura no se contempla en los manejos de entrada y salida de aguas subterráneas y por ende, en el cálculo de la disponibilidad media anual (Carrillo-Rivera et al., 2016).

³¹ Sistema de Flujos de Agua subterránea (Toth, 1999).

Si consideramos los lineamientos anteriores que establece la CONAGUA entonces observamos que los acuíferos de Valle de Toluca, Cuautitlán-Pachuca y Texcoco muestran una disponibilidad negativa alarmante, (coincidiendo con los núcleos de mayor actividad industrial y demográfica que describimos en capítulos anteriores) el déficit de estos tres acuíferos es de $-409.9 \text{ Hm}^3/\text{año}$; los acuíferos de Polotitlán, Valle Victoria-Valle de Bravo, Tenancingo y Chalco-Amecameca que se ubican en regiones con menor densidad de población y que no representan los principales focos industriales y sociales de la entidad también tienen una tasa deficitaria en disponibilidad pero la sumatoria de sus valores es de $-32.2 \text{ Hm}^3/\text{año}$, una cifra significativamente menor a la que representan los núcleos mencionados en primer lugar; Por último, el acuífero de Ixtlahuaca-Atzacmulco y Temascaltepec tienen índices favorables pero la DMA en estos dos acuíferos es pobre ($8.8 \text{ Hm}^3/\text{año}$) (Figura 19).

Figura 19. DMA por Acuífero en el Estado de México.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

En síntesis, el valor global de los nueve acuíferos es de – 442.1 Hm³/año, una suma deficitaria preocupante pero que, si se analiza con mayor análisis, podría tener su resolución en los volúmenes que suministran los acuíferos interestatales (Tabla 14).

Tabla 14. Disponibilidad media anual en los acuíferos interestatales del Estado de México.

Acuífero	Clave	Descarga natural comprometida (DNC) Hm ³ /año	Recarga media anual (R) Hm ³ /año	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) Hm ³ /año	Disponibilidad media anual (DMA) Hm ³ /año
Altamirano-Cutzamala	1208	40.8	85.8	12.9	32.1
Arcelia	1209	19.2	31.9	2.5	10.2
Valle del Mezquital	1310	293	515	184.4	37.6
Tepeji del Río	1316	35.2	46.3	15.6	- 4.5
Cuautla-Yautepec	1702	256	348.6	93.1	- 0.5

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

Por constituirse como el acuífero administrativo que forma parte de la exponencial ZMVM con mayor déficit en disponibilidad media, el acuífero de “Zona Metropolitana de la Ciudad de México” no aparece en la tabla previa.

Aunque bien, se presentan dos casos de acuíferos con tasas negativas (Tepeji del Río y Cuautla-Yautepec), la suma global de estos acuíferos es de 74.9 Hm³/año, un volumen suficiente y de sobra para proveer por lo menos a los acuíferos que no representan el foco de atención estratégica de la entidad (Polotitlán, Valle Victoria-Valle de Bravo, Tenancingo y Chalco-Amecameca),

sugiriendo entonces que puede ser factible obtener de acuíferos administrativos localizados al margen la dotación necesaria para cubrir la alta demanda destinada para los usuarios mexiquenses.

Este argumento incluso reforzaría la teoría de este trabajo sobre el dinamismo de las aguas subterráneas por el subsuelo, la evidencia es que existe y hay disponibilidad de agua suficiente pero la actual división administrativa de los acuíferos esta principal e históricamente sujeta por los núcleos de industrialización y poblaciones con crecimiento acelerado, por lo que resulta aparente creer en una tasa negativa de agua subterránea cuando en realidad hay agua subterránea pero ésta se mantiene en continuo movimiento -local, o regionalmente- y no reconoce de fronteras políticas, de hecho podríamos indicar que existen cantidades suficientes para suministrar a la entidad (la CONAGUA mismo lo menciona, que un acuífero presente pérdida de disponibilidad no significa que no se siga extrayendo agua, sino que simplemente se corre el riesgo alto de disminuir la capacidad estable del acuífero) pero la restricción del polígono administrativo brinda una idea limitada sobre la escala espacial de donde se puede obtener el líquido, esto acompañado de gestiones mal formuladas ha derivado en la popularidad de una “escasez” subterránea.

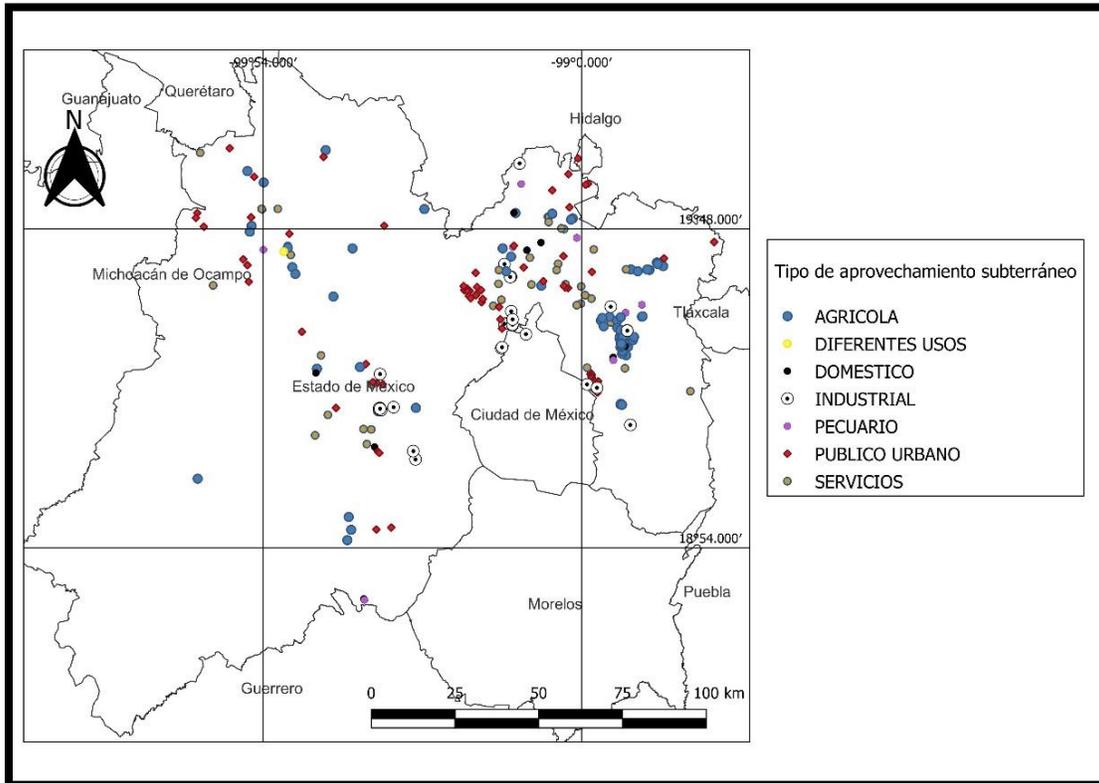
3.3.2 La distribución del agua subterránea en el Estado de México

Así como se han presentado los volúmenes de agua subterránea en calidad de deficitarios y aquellos acuíferos que *ex profeso* hemos denominado “interestatales” y que estarían constituyendo la fuente de abastecimiento actual y las reservas futuras de agua de la entidad mexiquense, también es necesario identificar de qué manera se distribuye actualmente entre los diversos usuarios la demanda de agua subterránea.

La figura a continuación presenta una característica particular, para su elaboración se realizó una solicitud dirigida a la máxima institución del agua en el país: CONAGUA, quienes a través del ejercicio constitucional de acceso a la transparencia otorgaron información geoespacial relacionada con la localización de

los aprovechamientos en el Estado de México, el resultado se muestra a continuación (Figura 20).

Figura 20. Localización de aprovechamientos en el Estado de México.



Fuente: Elaboración propia con datos directos de CONAGUA, 2022.

Para valorar a detalle la información expuesta tenemos la ubicación de 240 pozos distribuida en los límites al norte de la Ciudad de México, municipios y regiones que compactan con la mayor densidad poblacional y actividad industrial que referimos en capítulos anteriores, en la siguiente gráfica (Gráfico 6) se puede apreciar la diferenciación en volúmenes concesionados por tipo de aprovechamiento.

Gráfico 6. Volumen de concesión por tipo de aprovechamiento.



Fuente: Elaboración propia³².

En primer lugar, con aproximadamente el 65 % del total de concesiones se encuentran las del tipo “público-urbano”, seguido por el sector “servicios” y “agrícola” que juntos agrupan aproximadamente el 30 % de las concesiones registradas por tipo de aprovechamiento que nos proporcionó la institución oficial (Tabla 15).

³² Con datos recabados en CONAGUA vía transparencia a través del portal: <http://www.plataformadetransparencia.org.mx/> Recuperado en agosto 2022.

Tabla 15. Volumen de extracción por tipo de aprovechamiento en Hm³/año.

Tipo de Uso	Volumen (Hm ³ /año)	Porcentaje respecto al total
Agrícola	17.9	15 %
Diferentes usos	0.01	0 %
Doméstico	0.2	0 %
Industrial	5.7	5 %
Pecuario	0.6	0 %
Público-Urbano	77.7	65 %
Servicios	18.1	15 %
Total	120.21	100 %

Fuente: Elaboración propia con datos directos de CONAGUA, 2022.

Sin embargo, en el proceso de análisis de datos fue posible descubrir importantes irregularidades, la tabla de atributos correspondiente a la información georreferenciada de los pozos (Figura 20) muestra un excedente de 372 aprovechamientos que no incluyen coordenadas geográficas o se encuentran evidentemente en ubicaciones erróneas fuera de la república mexicana. Las imágenes siguientes son una referencia directa de la anomalía identificada.

FID	Shape *	LONDEC	LATDEC	OC	TITULO	NUMAPRO	
0	Point	0	0	13	13MEX100315/26HMSG97	1	ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE
1	Point	0	0	13	13MEX100323/26HMSG97	1	MUNICIPIO DE TEPOTZOTLÁN
2	Point	0	0	13	13MEX100335/26HMSG97	1	MUNICIPIO DE ZUMPANGO DE OCAMPO
3	Point	0	0	13	13MEX100351/26HMSG98	1	MUNICIPIO DE TENANGO DEL AIRE
4	Point	0	0	13	13MEX100352/26HMSG98	1	MUNICIPIO DE OTUMBA
5	Point	0	0	13	13MEX100353/26HMSG98	1	MUNICIPIO DE AXAPUSCÓ
6	Point	-0.832222	19.677222	13	13MEX102890/26MGR97	1	ANA BERTHA JIMENEZ GONZALEZ
7	Point	0	0	13	13MEX100325/26HMSG98	1	MUNICIPIO DE ACOLMAN DE NEZAHUALCÓYOTL
8	Point	0	0	13	13MEX100324/26HMSG97	1	MUNICIPIO DE SAN MARTÍN DE LAS PIRÁMIDES
9	Point	0	0	13	13MEX100314/26HMSG98	1	ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE
10	Point	0	0	13	13MEX100338/26HMSG97	1	MUNICIPIO DE TEMAMATLA
11	Point	0	0	13	13MEX100318/26HMSG97	1	ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE
12	Point	0	0	13	13MEX100328/26HMSG97	1	ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE
13	Point	0	0	13	13MEX100341/26HMSG98	1	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS DE
14	Point	0	0	13	13MEX100348/26HMSG98	1	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS DE
15	Point	0	0	13	13MEX100346/26HMSG98	1	MUNICIPIO DE CUAUTITLÁN
16	Point	0	0	13	13MEX100347/26HMSG98	1	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO PARA LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS DE

FID	Shape *	LONDEC	LATDEC	OC	TITULO	NUMAPRO	
334	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	315	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
335	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	316	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
336	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	317	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
337	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	318	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
338	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	319	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
339	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	320	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
340	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	321	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
341	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	322	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
342	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	323	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
343	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	324	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
344	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	325	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
345	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	326	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
346	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	327	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
347	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	328	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
348	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	329	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
349	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	330	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
350	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	331	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
351	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	332	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
352	Point	0	0	13	13MEX104263/26HSGR99	333	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
353	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	1	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
354	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	2	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
355	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	3	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
356	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	4	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
357	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	5	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
358	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	6	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
359	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	7	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
360	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	8	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
361	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	9	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
362	Point	0	0	13	13MEX105378/26HSGR99	10	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
363	Point	0	0	13	13MEX100319/26HMSG98	1	ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO
364	Point	0	0	13	13MEX102319/26FMDA09	1	GAS DE TEXCOCO, S. A. DE C. V.
365	Point	0	0	8	08MEX103550/12AMDL11	1	UNIDAD DE RIEGO POZO 2 EJIDO SANTA M
366	Point	0	0	13	13MEX100343/26HMSG97	1	MUNICIPIO DE TULTEPEC
367	Point	-99.572222	16.151111	8	08MEX100131/12AMDL15	1	VALLE SAN SEBASTIAN, S. DE R. L.
368	Point	0	0	13	13MEX100339/26HMSG97	1	MUNICIPIO DE NOPALTEPEC
369	Point	-99.573611	16.153333	8	08MEX160086/12AMDL18	1	SAN DIEGO RAYON, S. DE R. L.
370	Point	-99.567778	16.152222	8	08MEX160086/12AMDL18	2	SAN DIEGO RAYON, S. DE R. L.
371	Point	-93.579722	19.305833	8	08MEX102244/12FMDL14	1	TIA ROSA S.A DE C.V

Resultando en 372 aprovechamientos que no disponen de una geolocalización y que representan aproximadamente 606.1 Hm³/año, una cantidad importante que aparece sin visualización gráfica y conlleva a una reflexión sobre la veracidad y exactitud con la que toda la demás información es manejada en una institución a nivel federal que administra los bienes nacionales.

Asimismo, en el mismo proceso de análisis e interpretación se pudo detectar asimetrías entre las mediciones mostradas por CONAGUA, vía transparencia y los datos encontrados en la plataforma del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). De acuerdo con los primeros, el total del volumen concesionado (más el volumen de los aprovechamientos detectados que no cuentan con geolocalización) es de 726.3 hectómetros cúbicos, el volumen de concesiones inscritas en la

plataforma del REPDA³³ presenta un total de 2 721 hectómetros cúbicos, una diferencia mayor al doble, lo que podría indicar una desactualización en los datos presentados por CONAGUA, o nuevamente abre la incógnita hacia el origen de inconsistencias en las bases geospaciales y estadísticas que se manejan dentro del mismo organismo cuando en teoría el margen de error entre ambas fuentes de información debería ser mínimo. Además de estos datos expuestos, es significativo y debe resaltarse que aquellos pozos situados en el Estado de México y que se encuentran bajo el poder y operación de un título de asignación para dotar y suministrar de agua a la Ciudad de México y cuya operación es responsabilidad del del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), no se encuentran en el REPDA y son datos restringidos al público.

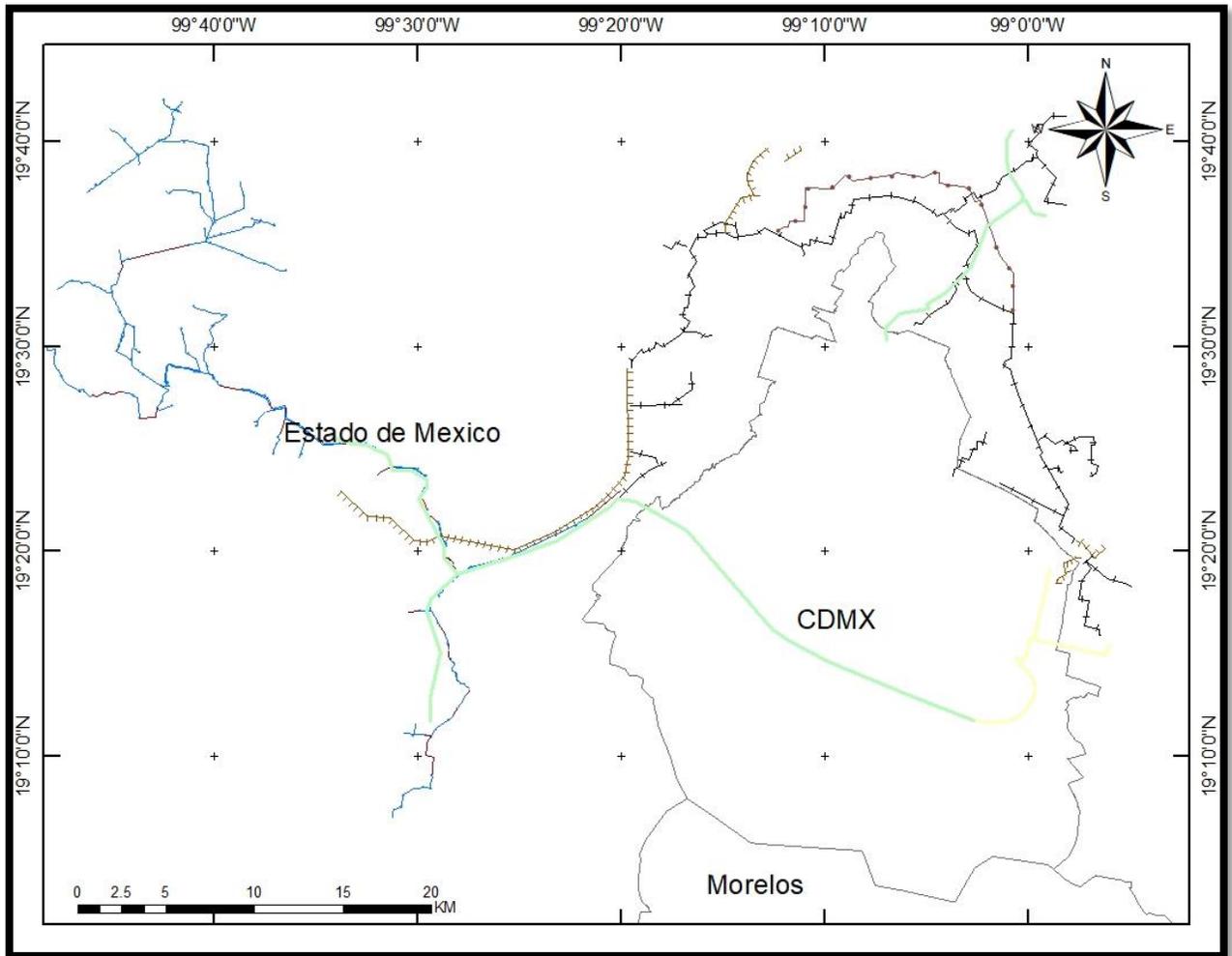
Como se mencionó anteriormente, la expansión y el crecimiento demográfico de la Ciudad de México durante el siglo XX, obligó al desarrollo de proyectos hidráulicos para obtener agua y frenar el problema de desabasto a los habitantes de la capital federal, la estrategia consistió en el desarrollo de infraestructura que extrae a la fecha el agua de un sistema de manantiales y extracción de agua subterránea en una nutrida batería de pozos situados a los márgenes de la cuenca del Alto Lerma (Bastida Muñoz, 2017). Los decretos presidenciales que favorecieron el desarrollo de las obras hidráulicas asociadas al *Sistema Lerma*, es decir el sistema de acueductos, pozos, canales y túneles condujeron el agua subterránea a la capital -esto Walsh (2022) lo entiende como el esfuerzo de tratar de unificar un conjunto de agua(s) heterogéneas en una sola, un flujo combinado que técnicamente produce “un agua”-, únicamente la infraestructura citada del Sistema Lerma posee 368 pozos³⁴ administrados y operados por el SACMEX (Figura 21) Estos son flujos de agua que se exportan del Estado de México hacia la Ciudad de México, así tenemos una entidad “productora” de agua para la capital de la nación, situación que a la postre ha conducido a la merma deficitaria actual que presentan los nueve acuíferos descritos anteriormente.

³³ Con fecha de corte al 31 de mayo del año 2022.

³⁴ De acuerdo con Bastida Muñoz (2017).

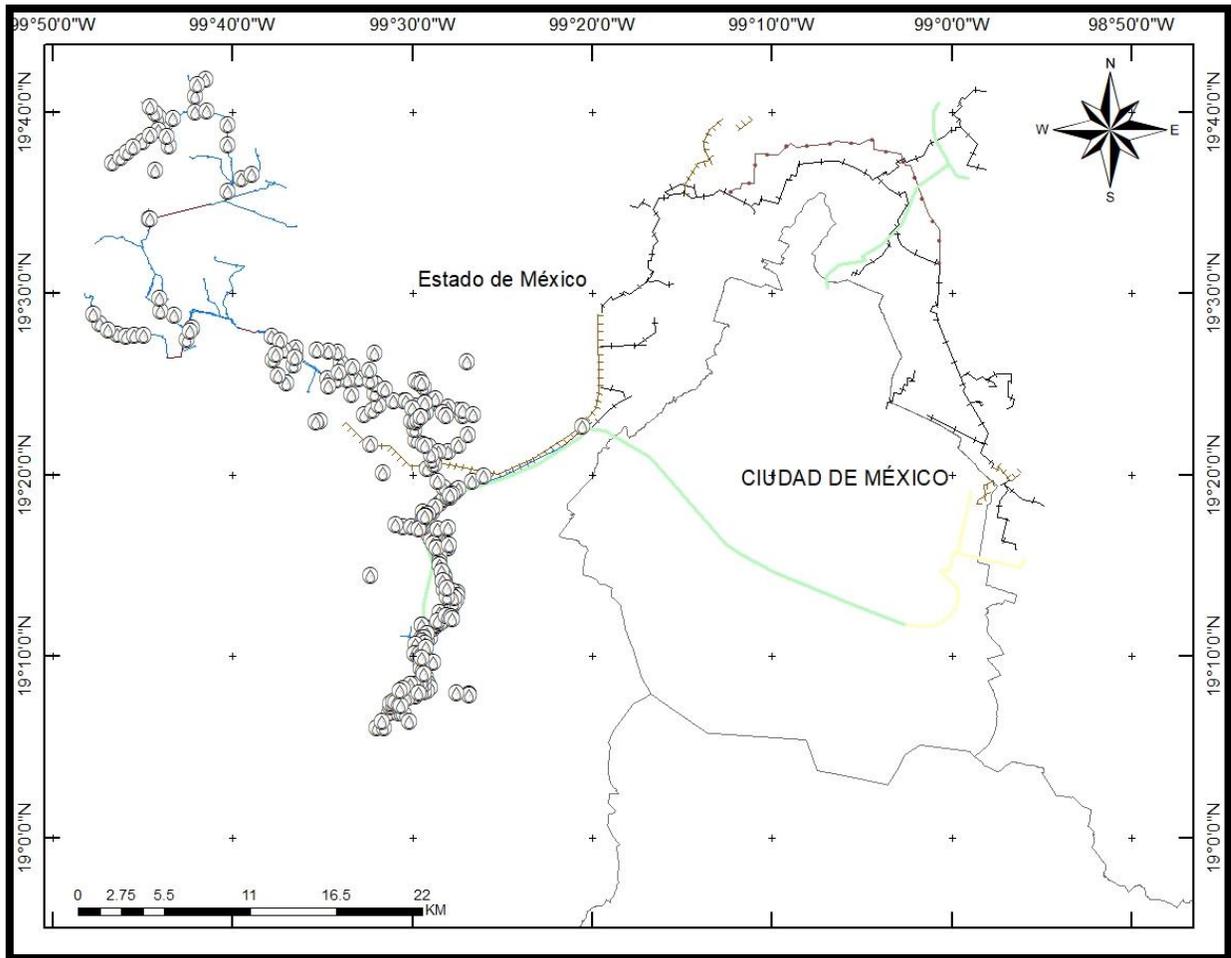
Sobre la franja oeste de la Ciudad de México podemos observar la región del Alto Lerma, por donde corre el circuito de trasvase que suministra agua potable para la Ciudad de México. En la Figura 22 se localiza la batería de pozos pertenecientes al Sistema Lerma que se emplean para extraer de los acuíferos administrativos del “Valle de Toluca” e “Ixtlahuaca-Atlacomulco” el agua subterránea que posteriormente es enviada a la capital de la república.

Figura 21. Red de agua potable del Sistema Lerma.



Fuente: Elaboración propia con datos del SACMEX.

FIGURA 22. CANALES DE SUMINISTRO DEL SISTEMA LERMA CON POZOS IDENTIFICADOS.



Fuente: Elaboración propia con datos del SACMEX.

Se concluye con la elaboración de esta información cartográfica que es evidente una divergencia preocupante entre las diversas fuentes de información en posesión de los organismos operadores y la CONAGUA. La información que arrojó la plataforma del REPDA no fue concordante con los datos de geolocalización de aprovechamientos subterráneos obtenidos en la CONAGUA vía transparencia, aun tomando en cuenta la falta de exactitud de los aprovechamientos existe falta de registros de valores gráficos, datos y estadísticas que fomenten transparencia en la información necesaria para una adecuada gestión del agua. Esto sugiere una completa carencia de mecanismos geospaciales con el que se toman las decisiones, así podemos plantear la siguiente incógnita, si 270 pozos que aquí se

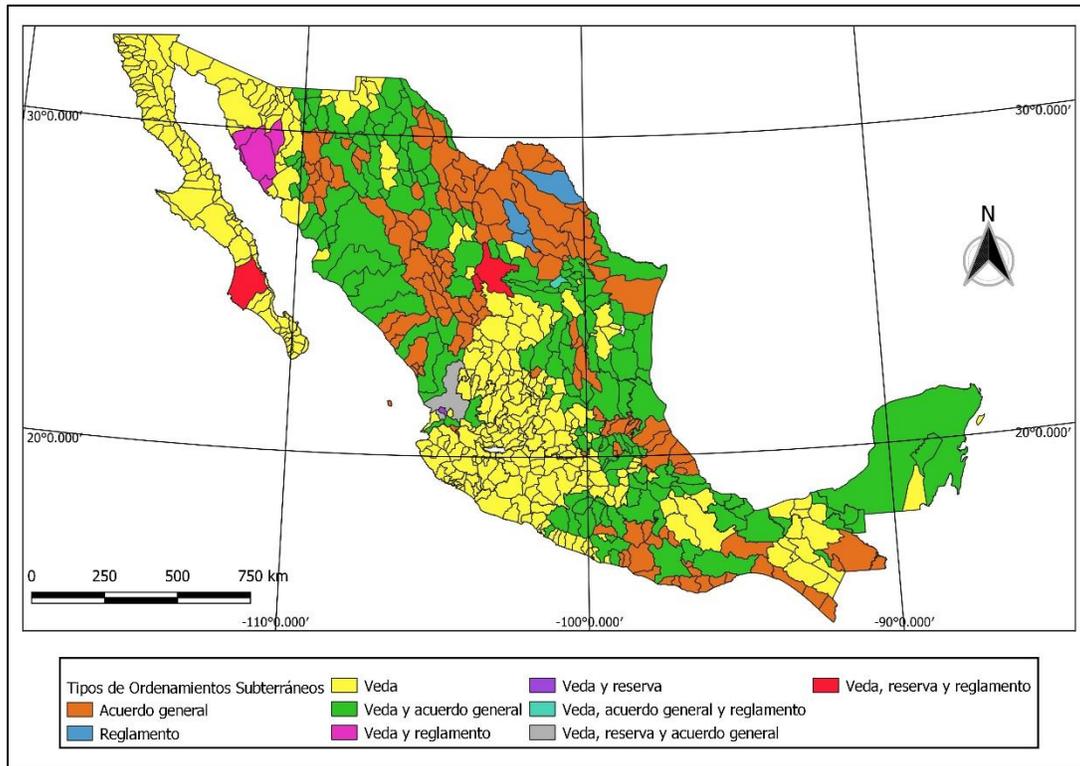
presentaron registran un volumen de extracción de 574 hectómetros cúbicos, ¿Qué capacidad de bombeo puede generar la batería de 368 pozos del Sistema Lerma y que nutre de agua a la Ciudad de México? Dicho de otro modo, así como planteamos anteriormente cuál sería el volumen hipotético de extracción de agua de los acuíferos “interestatales” que el Estado de México comparte con los estados de Hidalgo, Morelos y Guerrero, aquí se estaría planteando para una investigación futura, determinar el volumen de la salida de los flujos de agua de territorio mexiquense hacía la Ciudad de México.

3.4 La efectividad de las vedas y la incipiente participación de los usuarios en la conservación del agua subterránea.

Por mandato constitucional y de acuerdo con aquello que está contemplado en la Ley de Aguas Nacionales (LAN), se faculta al Poder Ejecutivo Federal el establecimiento de ordenamientos legales como un instrumento cuyo fin es el de regular o suspender la extracción del agua subterránea, siempre que se vean afectados los intereses públicos (expropiación) cuando así convenga a sus intereses, y a partir de ello, establecer alguno de los tres tipos de ordenamientos legales para su acceso: zona de veda, zona reglamentada y zona de reserva. A la fecha, los asuntos legales relacionados con el aprovechamiento del agua subterránea, siempre y cuando hayan sido originados bajo la figura del libre alumbramiento, son regulados por el Código Civil, lo que vivifica la doctrina de la propiedad absoluta en México (Hatch-Kuri, Schmidt y Carrillo-Rivera, 2023).

Con fundamento en estudios técnicos, sociales, ambientales y económicos, el decreto de vedas, reservas o reglamentos, la CONAGUA determina suspender el libre alumbramiento en diversas porciones territoriales y posteriormente acuíferos administrativos del país (Figura 23).

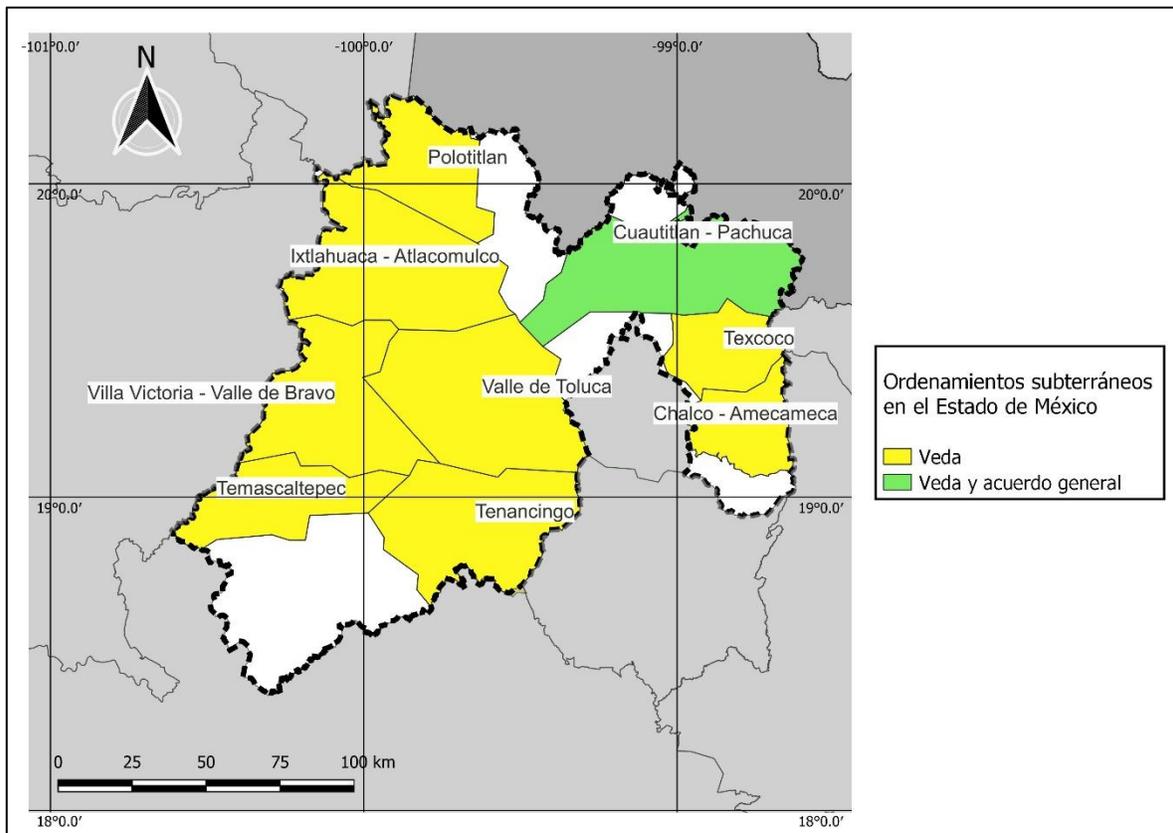
FIGURA 23. ORDENAMIENTOS LEGALES EN MÉXICO.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020

En la Figura 24 se muestran los acuerdos legales que existen en el Estado de México para regular la extracción de aguas subterráneas.

FIGURA 24. ORDENAMIENTOS LEGALES EN EL ESTADO DE MÉXICO.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA, 2020.

Se debe hacer notar que de los nueve acuíferos de la entidad, ocho están reglamentados bajo la figura del decreto de Veda, únicamente el acuífero de Cuautitlán-Pachuca (1508) se encuentra bajo decreto de Veda y Acuerdo general.

Estos decretos estipulan la prohibición de nuevos títulos de aprovechamiento de aguas subterráneas por tiempo indefinido, adicional a los que ya se han establecido anteriormente, con la finalidad de resarcir el daño ecológico y evitar la disminución de las reservas subterráneas para no afectar el suministro de los usuarios.

En teoría, el establecimiento o decreto de la veda, significa que la autoridad federal, en este caso la CONAGUA, no puede expedir más títulos de concesión, ni permitir el alumbramiento de nuevos pozos. Sin embargo, el aumento demográfico del Estado de México y la Ciudad de México, así como el establecimiento de nuevos

corredores industriales en el primero, elevan la demanda de agua por lo que el volumen disponible ya no logra satisfacer a todos los usuarios, situación que cuestiona la efectividad de las vedas, pues desde 1972, el discurso que impera para justificar estos decretos ha sido “la conservación y protección del balance hídrico del agua en los acuíferos”.

En esa tesitura, la Ley de Aguas Nacionales vigente contempla la inserción de los Consejos de Cuenca como órganos de integración mixta para facilitar la coordinación entre la entidad oficial -CONAGUA-, los organismos de cuenca, las direcciones y dependencias locales o estatales y las asociaciones civiles o representantes de usuarios del agua cuya tarea es la de promover el dialogo, auxiliar en los planes de gestión hídrica para las cuencas hidrológicas que se encuentran en su jurisdicción, promover junto con las diversas entidades la participación ciudadana e institucional, desarrollar infraestructura y regular las inversiones en materia hídrica, formular planes y estrategias continuas en beneficio del equilibrio ambiental, económico, lograr alianzas cooperativas con las instituciones involucradas todo en aras de lograr toma de decisiones mucho más horizontales para el sector hídrico³⁵. En el Estado de México existen tres Consejos de Cuenca que corresponden a las Regiones Hidrológico Administrativas principales que coinciden con el territorio mexiquense, a saber: ³⁶:

- Consejo de Cuenca Río Balsas
- Consejo de Cuenca Lerma Chapala
- Consejo de Cuenca Valle de México

Dentro de estos Consejos, en el seno de sus Asambleas, la LAN determina también la formación de organismos auxiliares como los Consejos Técnicos de Aguas subterráneas (COTAS) que si bien no están facultados legalmente como figuras de autoridad, representan organizaciones civiles encargadas de coadyuvar al mejoramiento de la gestión hídrica, su preservación, resolución de problemas por

³⁵ Ley de Aguas Nacionales vigente y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de Diciembre de 1992.

³⁶ CONAGUA, 2019.

incidencias de suministro o gestión del agua, así como el control y vigilancia de los acuerdos y programas que ejecuten los consejos de cuenca y demás organismos involucrados, cabe recalcar, que la creación de estos consejos técnicos están encaminados también hacia la creación de espacios de dialogo entre actores institucionales y sociedad en general para fortalecer mecanismos de gestión pues las actividades que se les atribuye son a nivel de un solo acuífero administrativo.

En la información disponible para el Estado de México, se encontró que únicamente existen conformados dos COTAS, cuando la Ley de Aguas Nacionales, en los artículos 13 Bis del capítulo IV, artículo 14 y 14 Bis del capítulo V enuncia la conformación, el desarrollo, la promoción y la creación de grupos organizativos que auxilien a los consejos de cuenca y cuya finalidad sea la gestión hídrica a nivel de acuífero, es decir un COTAS por cada acuífero administrativo en la entidad más aquellos que corresponde a los cinco acuíferos “interestatales” (sin contar el acuífero interestatal perteneciente a la Ciudad de México). Los COTAS instalados en la actualidad son:

- Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero del Valle de Toluca, A.C., instalado el 30 de junio de 2003.
- Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero Cuautitlán-Pachuca, instalada el 24 de noviembre de 2006.

En una escala local, quienes habitan espacios comunitarios como los pueblos originarios generan procesos de identidad social y cultural que valorizan los componentes físicos y ecológicos de su entorno, son ellos quienes cuentan con los mecanismos para transformar los modos de vida y reajustar las conexiones agua-sociedad a escalas políticas en donde las acciones se mantienen sin respuesta.

Los pueblos originarios representan la resistencia ideológica, política, social y ecológica y la recuperación de sus territorios. Es mediante sus procesos de identidad basados en la protección, la participación igualitaria y la sustentabilidad que se deben forjar los nuevos paradigmas aplicados al control y cuidado de nuestros recursos naturales. Si el recurso hídrico se sigue pensando como

mercancía (desde su administración) sin considerarla primordialmente un bien común al que toda la población tiene derecho y sobre todo los colectivos marginados entonces los riesgos por conflictos territoriales son muy altos.

Como menciona Bastida Muñoz (2010) en México, las comunidades conservan modelos de preservación y arraigo hacia su espacio local, lo que sugeriría otorgar mayor presencia jurídica al momento de diseñar estrategias para el cuidado del agua a mayores escalas pero esto no es posible debido a que son colocados en un segundo plano, en el caso de las aguas subterráneas, la Federación y los organismos de cuenca siguen siendo los actores hegemónicos del control hídrico, de hecho los modelos políticos de participación ciudadana son un tema reciente³⁷ pero aunque en la teoría los objetivos de los comités a nivel cuenca son la integración entre actores institucionales y el diálogo equitativo con las comunidades en materia de decisiones sobre los usos del agua, en la realidad estas figuras políticas no han cumplido con la inserción entre los distintos sectores de la población siendo los grupos comunitarios quienes cuentan con mayor empirismo en la relación agua-sociedad.

De acuerdo con el artículo 27 de la constitución las autoridades federales tienen el control del agua a nivel nacional, para responder a las demandas estatales y municipales sobre la creciente “escasez” de agua se implementaron los decretos presidenciales de veda pero a raíz de las evidentes lagunas en su ejecución es fundamental recurrir a nuevas estructuras de participación socio-institucional. El acuífero del Valle de Toluca ejemplifica la complejidad y los desafíos en el establecimiento de estrategias mejor aplicadas al contexto local y municipal en torno al manejo hídrico. Se deben analizar las experiencias brindadas por el COTAS del acuífero del Valle de Toluca ya que se han expuesto arbitrariedades al momento de celebrarse las mesas de tomas de decisión, esto debido a que las autoridades estatales han declinado décadas atrás por imponer un mercado del agua concesionando mayores volúmenes al sector privado disminuyendo la capacidad de dotar de agua a los usuarios de comunidades y municipios ribereños, en

³⁷ El COTAS del Valle de Toluca comenzó a operar legalmente el 3 de febrero del año 2004.

consecuencia de estos sucesos, surgieron graves procesos culturales como la pérdida de tradiciones, costumbres y el desplazamiento de la sociedad.

La Asamblea de Bienes Comunales (Bastida Muñoz, 2010) demanda entre sus propuestas la anulación del trasvase de agua Lerma-Ciudad de México pues entre las cantidades que son enviadas a la capital, el volumen de las concesiones y la falta de infraestructura para el tratamiento de aguas se vulneran los derechos de usuarios locales y municipales en su acceso al agua. Las insuficientes acciones de parte de organismos estatales pueden desencadenar una serie de tensiones sociales y disputas violentas por recuperar el control del agua como ya ha ocurrido en repetidas ocasiones. Los pobladores del Alto Lerma han realizado protestas a los servicios del agua del Estado de México y de la capital para exigir el suministro de agua potable en cantidad, calidad y tiempo, lo que, con base en experiencias compartidas también dio resultado a diversas dinámicas organizativas en el terreno local.

Mediante la reapropiación local diversas organizaciones asentadas en las pequeñas localidades de la cuenca del Alto Lerma³⁸ han ofrecido actos de resistencia y lucha como protesta por los abusos de privatización del agua y la invisibilidad que les han impuesto el gobierno, entre sus estrategias de reapropiación del agua debemos observar los siguientes puntos: es importante una difusión en todas las áreas de integración social en torno al estado en que se encuentran sus cuerpos de agua a nivel físico, a nivel cultural, económico y político para concientizar sobre modos de vida sustentable con los recursos hídricos.

Es vital abrir foros de debate con todos los agentes involucrados, los niveles de gobierno, el sector privado, usuarios en general y principalmente, brindar voz a las comunidades que han sufrido despojos a su recurso líquido y muestran los primeros pasos para defenderse.

Los planes de reforestación, construcción de infraestructura en tratamiento de agua, control de tarifas, son medidas sensatas para promover la sostenibilidad hidro-ecológica, no obstante se debe priorizar la eliminación de la relación neoliberal

³⁸ Fundación de Comunidades del Alto Lerma (FUCAL), "Ameyalco, hacia un nuevo horizonte", el Consejo Regional de Pueblos del Alto Lerma, entre otros.

del agua y el mercado, el concesionamiento de nuevos pozos para corredores industriales y conjuntos habitacionales que retribuye económicamente a ciertas esferas privadas y gubernamentales.

De acuerdo con Bastida Muñoz (2010), la aplicación de los COTAS debería formular la integración y el papel político de las comunidades locales como órganos fundamentales en la coordinación y el manejo de las aguas al ser quienes de primera mano padecen las problemáticas de despojo y promueven proyectos idóneos para la reapropiación y preservación del agua, no solo para ellos, sino para todos los usuarios pues están conscientes de las diferentes realidades que hay en el territorio.

Por último, emprender entre los distintos actores involucrados, una misión a futuro, repensar los modelos de gestión hídrica como estrategias permanentes, organizaciones, investigaciones y cooperación entre todos los sectores donde el objetivo más importante sea la cultura y el respeto por la naturaleza, así como la enorme importancia de la unión del trabajo y los esfuerzos conjuntos de la sociedad.

Por lo tanto, es primordial mayor interés en la conformación de COTAS para cada uno de los acuíferos administrativos de la región mexiquense, sólo existen dos organismos locales a la fecha encargados de colaborar en el enriquecimiento de objetivos y criterios para la generación de nuevas estrategias de gobernanza hídrica de las aguas subterráneas, excluyendo siete acuíferos que no cuentan con la misma capacidad de instituciones, un factor determinante al momento de visualizar el panorama de sobreexplotación subterránea que existe tomando en cuenta todas las variantes que hasta el momento hemos analizado como el registro de pozos y su monitoreo, títulos expedidos, número de habitantes que conforman el espacio estudiado, disponibilidad media, volumen de las concesiones, consejos comunitarios con autoridad legal, etc., lo que representa una débil presencia de actores y de información geoespacial para llevar a cabo las decisiones que garanticen gestiones adecuadas y de calidad sobre el agua para la población mexiquense.

3.5 Un caso empírico de análisis: visita de campo a San Francisco Soyaniquilpan, Estado de México.

A manera de cierre de la presente investigación, pero cabe mencionar al mismo tiempo que la misma nunca contempló realizar trabajo de campo, en el mes de abril de 2021, se realizó una visita de trabajo de campo, acompañamiento y diálogo con el Comité de Agua Municipal, encabezada por el Dr. Gonzalo Hatch Kuri, junto con otros profesionales, a la cabecera municipal de San Francisco Soyaniquilpan, ubicado al norte del Estado de México y colindante con el Estado de Hidalgo. Uno de los objetivos consistió en identificar de viva voz la inconformidad y problemáticas respecto al desabasto y aumento de sus tarifas de agua, presentadas además por el colectivo “Mujeres y Hombres por el Agua” integrado por habitantes locales

Alrededor de las 10 de la mañana acudimos a una primera y breve discusión con los ciudadanos inconformes en donde nos expresaron su disgusto por la continua interrupción del suministro hídrico (véase imagen 1), además de observar cada vez tarifas más altas de cobros por el agua, mencionado lo anterior, advirtieron que sus problemáticas comenzaron poco tiempo después de iniciadas las operaciones del Parque Industrial *Arco 57*, situado a pocos kilómetros en dirección sur, sobre la autopista Arco Norte y que es un conglomerado en el que operan empresas como la embotelladora de agua *Niagara de México* o *Liverpool*.

Una vez discutidos los primeros objetivos de la reunión nos desplazamos al manantial denominado “Ojo de Agua”, donde las actividades consistieron en el diagnóstico de los parámetros físico-químicos del agua por parte de una de las especialistas que integraron nuestro grupo de trabajo, la Mtra. Alessia Kachadourian Marras. Una vez allí se constató el abandono casi total de las instalaciones cercanas al manantial, infraestructura en mal estado, (en la zona se encuentra operando un sistema de bombeo) (véase imagen 2) y en relato de los propios pobladores, se acusó del deterioro de la calidad del agua subterránea, así como una disminución de los niveles que en años anteriores gozaba este manantial por lo que ya no representa el mismo elemento paisajístico-natural que solía significar para la gente.

IMAGEN 1. REUNIÓN DE ANÁLISIS “SAN FRANCISCO SOYANIQUILPAN”



Fuente: Propiedad de Dr. Gonzalo Hatch Kuri, 2021.

IMAGEN 2. EVALUACIÓN QUÍMICA EN EL MANANTIAL “OJO DE AGUA”



Fuente: Propiedad de Luis Ángel Abarca, 2021.

Tras la evaluación en este sitio, nos dirigimos al manantial “El Capulín” para realizar las mismas actividades: medición de parámetros físico-químicos del agua y un recorrido por el área, sin embargo, ya ubicados en el lugar fuimos testigos de una

dinámica hasta ese entonces poco conocida y que enfatizaron los vecinos organizados de Soyaniquilpan. En la zona existe una total desprotección y vigilancia del agua que brota de estos manantiales, esto se presencié en la llegada de múltiples tanques-pipas que bombearon libremente y de forma directa el agua del manantial (véase imagen 3), evidenciando una operación ilegal de extracción de agua, durante el tiempo que se ejecutaron las mediciones hidrogeológicas de la Mtra. Kachadourian (alrededor de dos horas y media), en este tiempo no se detuvo nunca la llegada de transporte de tanques-pipa para realizar la extracción de agua del manantial.

Esto sugiere que la extracción de agua podría constituir un robo a la nación en caso de no acreditarse la concesión correspondiente y el pago de derechos fiscales. Sorprende la debilidad de la seguridad hídrica no sostenible del uso del agua en el Estado de México.

IMAGEN 3. EXTRACCIÓN EN MANANTIAL “EL CAPULÍN”



Fuente: Propiedad de Dr. Gonzalo Hatch Kuri, 2021.

Finalizadas estas actividades acudimos a una última reunión para examinar los puntos observados en el transcurso de la visita. Aquí concluimos con los aspectos fundamentales sobre la problemática descrita por los vecinos y se tuvo la oportunidad de discutir lo visto en campo ampliamente y dejando la información a consideración de los vecinos afectados.

San Francisco Soyaniquilpan, aunque es un municipio del Estado de México, forma parte de la jurisdicción administrativa del acuífero “Valle del Mezquital” del

Estado de Hidalgo, y, retomando la información del volumen de disponibilidad mantiene un índice altamente favorable, esto es, dicho de otro modo, agua subterránea en cantidades favorables bajo el subsuelo en esta región, sin embargo, y aunque la zona está vedada, esto significaría a la postre, que estas extracciones está prohibidas. No obstante, seguramente a otros mecanismos fuera del alcance de nuestro análisis, es posible observar que la falta de agua nunca ha constituido una limitante para que el territorio mexiquense sea atractivo para la instalación de parques y corredores industriales, como Arco 57, sobre todo por su conectividad vial y evidentemente por la facilidad para acceder a los recursos hídricos.

También de esta visita es posible afirmar que impera la ilegalidad con que operan algunos prestadores de servicios de agua potable y que denota una problemática real, que a nivel local se le conoce como “huachicoleo del agua” -Water Vampires” ahora le denominan en la ONU-, en el manantial visitado, no se tiene información si la CONAGUA regulará estas extracciones y llevará un control en materia administrativa, por lo que la zona se presta como área totalmente desprotegida y desvinculada de algún tipo de control federal o estatal, aquí nos preguntamos ¿cuántos manantiales más están así en el Estado de México?

En conclusión, si bien para los pobladores existe una reducción apreciable del agua de manantiales y esto perjudica distintos ámbitos de su vida, por el momento se carece de información que vincule esta problemática descrita con el agotamiento de los recursos en la localidad, sino que hay una latente desconexión de las autoridades federales y estatales con la manera de entregar y gestionar equitativamente las aguas subterráneas; todo esto vulnera la pretendida seguridad hídrica estatal.

3.6 Presentación de esquema “Gestión de las aguas subterráneas bajo el concepto de seguridad hídrica en el Estado de México”.

Al comienzo de esta investigación, discutimos los diversos contextos en los que entendemos y analizamos el entorno geográfico, bajo una perspectiva final, hemos definido al territorio como una construcción establecida políticamente bajo diversas

escalas y conformada por un amplio espectro de fenómenos sociales, económicos, físicos, culturales, que modifican continuamente las relaciones, acciones y dinámicas de organización humana y cuyo funcionamiento está orientado (y manipulado) cada vez más por las prácticas de consumo y flujo comercial de bienes, esto representa un punto de partida para diseñar la aplicación de estrategias de gestión futuras, si el territorio se presenta como un concepto complejo observado a partir de múltiples escalas, tiene sentido entonces aterrizar también a esa misma escala los factores físicos, sociales, la delimitación cultural, las relaciones políticas y los contextos históricos que intervienen en la gobernanza de un elemento tan complejo como el agua subterránea para poder definir tácticas y estrategias adecuadas en su gestión.

Al respecto, desde hace unos años existen planes y proyectos de alcance global que intentan reunir las directrices idóneas encaminadas a lograr modelos de vida funcionales y productivos pero basados en la sostenibilidad ecológica, la declaratoria vigente y mundialmente impulsada con mayor popularidad es la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” resumida mediante 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) donde los 193 países adheridos y organismos internacionales acordaron -a grandes rasgos-, el desarrollo de políticas e instrumentos necesarios para mejorar la calidad y progreso de los derechos humanos, el acceso igualitario a los servicios ambientales, la adaptación y resiliencia frente al cambio climático, la producción alimentaria entre otros compromisos que buscan asegurar las condiciones de la sociedad actual y generaciones futuras en armonía con el equilibrio ecosistémico.

En el Objetivo número 6 aparece el elemento Agua y los componentes a seguir para el año 2030, dichos componentes como el acceso equitativo y universal al agua potable, en especial atender la escasez que padecen grupos vulnerables; proteger los ecosistemas hídricos: bosques, ríos, humedales, acuíferos, lagos; mejorar los servicios de saneamiento y la inversión en tratamiento de aguas; reducir la emisión de sustancias contaminantes; elevar la cooperación internacional en vías del desarrollo de políticas de gestión integrada hídrica y como último punto, el

fortalecimiento y la incorporación de las comunidades locales como actores importantes en el manejo clave del agua, representan así los principales factores a nivel global en la construcción de la seguridad hídrica.

En este informe regulatorio de alcance global podemos destacar dos puntos relevantes a este proyecto, en primer lugar y como se ha discutido reiteradamente, el reconocimiento e integración del agua subterránea permanece en segundo plano, los acuerdos estipulados en la agenda 2030 continúan invisibilizando el concepto fundamental de esta agua, lo cual a su vez, podría generar una respuesta política escasa cuando dicho modelo de sostenibilidad sea adaptado a escalas nacionales. El segundo punto importante es la inserción de las comunidades locales como actores clave en el manejo de las aguas, en esta investigación también hemos reconocido su papel en las decisiones, el desarrollo de estrategias de protección ambiental y las posturas colectivas frente a la imposición de administraciones políticas ineficientes en la entidad federativa analizada, es así como su entrada en la “Agenda 2030” puede significar la apertura global que reciben las comunidades locales en su rol como formuladores de decisiones para la gestión hídrica.

La *Agenda* se instrumenta en el país a través de la “Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 en México” cuyos lineamientos buscan ajustar los 17 “ODS” generales de la *Agenda* a las legislaturas vigentes, así como priorizar en todo momento las diversas realidades sociales del territorio mexicano, la metodología implementa una serie de ejes y esfuerzos multisectoriales donde resalta la vinculación institucional con la población y otros actores municipales. El Acuerdo define al agua como un derecho humano fundamental para el desarrollo sano de las sociedades presentes y futuras, además de ser un recurso vital estratégico y patrimonial por lo cual, los compromisos para el año 2030 en el tema hídrico especifican un fortalecimiento entre las alianzas institucionales, financieras, académicas y civiles a fin de incrementar la infraestructura hidráulica y las inversiones que monitorean, evalúan y brindan información pertinente sobre la situación de los ecosistemas de agua, asimismo, se añade el valor de impulsar sociedades conscientes respecto a la cultura hídrica.

A diferencia de la *Agenda*, en la evaluación nacional se aborda con mayor relevancia el tema de sobreexplotación de acuíferos, profundizando en el establecimiento continuo de entidades regulatorias que monitoreen y regulen las concesiones de aguas subterráneas, realicen sanciones contundentes cuando no se ejerzan las prácticas legales y esencialmente, incentivar de forma jurídica y en términos de inversión los comités locales, consejos de cuenca, grupos comunitarios rurales y todos los colectivos involucrados a escalas submunicipales en las tomas de decisión para que, acorde a los objetivos esperados, cuenten con herramientas necesarias en el diseño de estrategias.

Por su parte, la Red del Agua, coordinación multidisciplinar de la Universidad Nacional Autónoma de México encargada de investigación y difusión de proyectos relacionados al agua, en participación con el Centro Regional de Seguridad Hídrica bajo los auspicios de la UNESCO y el Fondo de Agua de la Ciudad de México también han señalado por medio de un documento de análisis, propuestas que atienden algunos de los retos con mayor peso a enfrentar en temas de seguridad hídrica, además de analizar aspectos cercanos a la problemática de la gestión subterránea en el país.

La *Agenda*, en conjunto con la *Estrategia Nacional*, los informes multisectoriales, los acuerdos nacionales en materia hídrica y toda la información reunida hasta el momento tienen como resultado la formulación del siguiente esquema, en donde se exponen las principales directrices hacia el establecimiento de un sistema íntegro de gestión de agua subterránea en el Estado de México.



Siguiendo los lineamientos fundamentales planteados a lo largo de la investigación, entonces se puede advertir sobre las áreas de fortalecimiento y oportunidad para alcanzar una gestión idónea del agua subterránea en la entidad, por el contrario, la ausencia de programas sociales, de esfuerzos multisectoriales, de creación de COTAS, de una corrupción que no es atendida derivan en la continuidad de un mal manejo de los recursos subterráneos, y por consecuencia en la proliferación del discurso de “sobrexplotación” y “escasez” de las aguas subterráneas en el Estado de México.

CONCLUSIONES

A lo largo de la presente investigación se examinaron algunos rasgos sobresalientes acerca de la gobernanza del agua y la construcción de la seguridad hídrica en el Estado de México a partir de una visión y enfoque crítico desde la Geografía. se planteó y defendió la idea de que los instrumentos teórico-metodológicos con lo que se inserta el estudiante de la licenciatura en Geografía en el conocimiento del agua, pueden ser aún limitados, sobre todo en lo que corresponde al conocimiento del agua subterránea.

Dos vertientes coexisten entonces en la forma de acercarnos al estudio de la relación sociedad-agua en la Geografía. La primera que enuncia al agua subterránea como un objeto de dominio de la hidrogeología fundamentalmente y, en un segunda vertiente, a partir de un debate interdisciplinario del agua la Geografía y la Ecología Política han abonado para entender esta agua en un contexto territorial y politizado, para alejarse cada vez más de las visiones reduccionistas y esencialistas del agua como sinónimo del H₂O que imperan en la academia y que en el caso de esta agua se consideran como un asunto estrictamente técnico, por lo que hemos optado por comprenderla no solo en su condición natural, sino también como un producto social que está altamente mediado por el capital, la inversión y la infraestructura (pozos y bombas) para su aprovechamiento, configurándose como un asunto de gestión y de gobernanza de propiedades hidráulicas individualizadas.

A pesar de que el agua subterránea es la porción o fracción de agua continental más grande (97 % respecto de la superficial), se observa su infravaloración social. El caso del Estado de México revela que esta tiene una importancia enorme como fuente de abastecimiento crítica para todos sus usuarios o concesionarios, pero también en lo que otros autores han denominado la construcción de “sociedades o ambientes hidráulicos modernos”. En ese sentido, la investigación se enfocó en analizar las implicaciones territoriales de la gestión y la gobernanza del agua subterránea, a partir del establecimiento histórico de

poligonales que desde 1947 a la fecha han existido como instrumento legal para ordenar la gestión, acceso y uso del agua subterránea. En la actualidad estas poligonales o recortes territoriales se les denomina “acuíferos”, pero hemos demostrado que estos recortes territoriales, en un sentido estrictamente hidrogeológico, carecen de toda rigurosidad para considerarse como sinónimo o expresión real de un funcionamiento sistémico del agua subterránea. Vale la pena recordar, que por funcionamiento sistémico del agua subterránea refiere al fenómeno de la interacción agua-suelo-roca en un ambiente particular determinado por la topografía y la vegetación que influye en el movimiento del agua en zonas de recarga y descarga; esta visión/enfoque hidrogeológico, se observa es rechazado por la ingeniería civil o hidráulica, quien opta por la aplicación del balance hídrico como forma de comprensión del agua en extremo reducida. Este debate en la Geografía es de interés porque revela que ni siquiera en las disciplinas experimentales existe un consenso estricto sobre la epistemología del agua.

El Estado de México posee casi 17 millones de habitantes -población semejante a países como Guatemala o Chile en nuestra región latinoamericana-, se dividió territorialmente para fines de administración del agua subterránea en 9 acuíferos, ahora en la actualidad desde la reforma de la Ley de Aguas Nacionales en 1992, entendidos como “administrativos” para gestionar los derechos de agua-, estos recortes se aprecia que fueron evolucionando con el tiempo y tienen por objetivo constituirse como una unidad de aplicación del balance hídrico para determinar caudales disponibles de agua, caudales que no necesariamente son físicamente reales como pudimos notar en campo.

Considerando el marco oficial de la gestión y gobernanza del agua subterránea en el territorio mexiquense, recordar que es una gestión federal, porque el agua subterránea pertenece a la nación y la tutela el titular del Poder Ejecutivo Federal, de nueve acuíferos, seis se encuentran en déficit, sobreexplotados y sobreconcesionados, con un volumen negativo del orden de 442.1 hm³/a, mientras que los acuíferos “Ixtlahuaca-Atzacmulco” y “Temascaltepec” poseen caudales “disponibles” del orden de 8.8 hm³/a. Se encontró que en esta división territorial de

estos acuíferos, hay una clasificación poco conocida denominada acuíferos “interestatales” y que se comparten entre dos o más entidades federativas -algunos especialistas también les llaman transfronterizos, pero parece que esta denominación solo se aplica en la literatura especializada a los acuíferos que comparten dos o tres países-. Estos acuíferos interestatales son cinco y se comparten con los estados de Guerrero, Morelos e Hidalgo y de acuerdo a la determinación de disponibilidad del agua publicada en 2020 por la Comisión Nacional del Agua en el Diario Oficial de la Federación, poseen volúmenes disponibles de un orden de 74.9 hm³/a, pudiendo ser una opción favorable para la construcción de la seguridad hídrica del Estado de México, sobre todo aquellos que se localizan al sur del estado con Guerrero “Altamirano-Cutzamala” y “Arcelia”, así como “Valle del Mezquital”, aunque claro está que es públicamente reconocido que la región colindante del Estado de México con Guerrero tiene altos índices de delincuencia organizada y debería considerarse este elemento de interés en el diseño de la construcción de seguridad hídrica en lo que refiere a la expansión y vigilancia de los pozos que sirven para dotar de agua a los mexiquenses.

En ese mismo orden de ideas, se encontró que el principal usuario/concesionario de agua subterránea en el Estado de México es el público-urbano con más del 65 %, siendo el agrícola el segundo con un 30 %. Prácticamente el primero, su volumen concesionado es del orden 77.7 % hm³/a, que es el volumen que se encuentra disponible en los acuíferos interestatales, así se observa que el Estado de México estaría extrayendo agua de entidades federativas vecinas para su seguridad hídrica. Debe recordarse que el Estado de México es un enorme proveedor de agua para la Zona Metropolitana del Valle de México por medio del Sistema Lerma-Cutzamala. Así por medio de solicitudes de información pública en el Portal de Transparencia, se obtuvieron los datos de localización geográfica de todos los pozos del Estado de México, encontrándose que más 372 aprovechamientos carecían de una apropiada georreferenciación con un volumen amparado de 606. 1 hm³/a, cantidad análoga a la que se encuentra vedada en los seis acuíferos mexiquenses.

Tan solo al Sistema Lerma-Cutzamala le pertenecen 368 pozos situados en los acuíferos “Valle de Toluca” y “Ixtlahuaca-Atlacomulco” y aunque no se pudo obtener la información referente a su capacidad de bombeo y patrón de extracción, se puede concluir que de estos dos acuíferos se exporta agua a la Ciudad de México y su zona conurbada, mientras que de los acuíferos interestatales se estaría importando ahora y en el futuro los caudales necesarios para la seguridad hídrica de los habitantes del Estado de México.

Observamos que estos recortes territoriales son la base de la gestión y la gobernanza del agua subterránea, pero que a pesar de su importancia estratégica y considerando lo que el marco legal federal del agua en México entendería como “gobernanza de los acuíferos”, deberían entonces existir nueve Comités Técnicos de Agua Subterránea, pero solo se encontraron instalados y operando dos en la actualidad, el del Valle de Toluca y el del acuífero Cuautitlán-Pachuca, queda como una investigación futura indagar su papel en la gestión del agua subterránea y en la construcción de la seguridad hídrica. Así, el trabajo de campo en el municipio de San Francisco Soyaniquilpan, *ex profeso*, reveló que si bien las fuentes de abastecimiento para uso doméstico, industrial y agrícola son de agua subterránea en manantiales y pozos, los primeros son objeto de reducción en estación de estiaje y de presión social e hídrica, pudiendo atestiguar que se registran presumibles robos de agua subterránea por parte de “piperos”, vulnerando entonces la seguridad hídrica del municipio.

En síntesis, analizar el agua subterránea desde un punto de vista territorial y geográfico permite concluir su importancia estratégica en la escala estatal, pero también revela que faltan acciones de gobernanza puntuales que permitan revelar una construcción de la seguridad hídrica real y de un uso sustentable acorde con los grandes retos que implica la gestión de esta agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila García, P. (2008). *Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México*. Ciencias, Núm. 90, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 46-57.
- Bakker, K. (2014). *Bienes comunes versus mercancía: El debate del derecho humano al agua*. Economía, política y movimientos sociales.
- Bardecio, S., & Dourron, O. *Paul Vidal de la Blache y la escuela francesa de geografía*. En lecturas y análisis. Páginas 19-31.
- Bastida Muñoz, M. (2010). *Geopolítica del agua. Actores alrededor del acuífero del valle de Toluca*. Carlos Rodríguez Wallenius, Luciano Concheiro Bórquez y María Tarrío García (coords.). Disputas territoriales. Actores sociales, instituciones y apropiación del mundo rural, 87-122.
- Bastida, M. (2016). Más allá del Sistema Lerma. La disputa por el agua en el Valle de Toluca. México: Red Patrimonio Biocultural de México-Conacyt.
- Becerra Pérez, M. et al., (2006). *Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis*. Gestión y política pública, 15(1), 111-143.
- Bernardino, L. (2014). *Sistema Lerma: una visión política en la gestión pública del agua*. Toluca, Estado de México, Instituto de Administración Pública del Estado de México, A.C.
- Bocco, G. (1998). *Naturaleza y sociedad*. Escalas de espacio y tiempo. Ciencias, (051).
- Boelens, R. et al., (2016). *Hydrosocial territories: a political ecology perspective*. Water international, 41(1), 1-14.
- Calvente, A. (2007). *Resiliencia: un concepto clave para la sustentabilidad*. Universidad Abierta Latinoamericana-UASIS.
- Comisión Nacional del Agua CONAGUA (2005). *Sistema Cutzamala: Agua para millones de mexicanos*. Ciudad de México: Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala.

- Comisión Nacional del Agua CONAGUA (2014). *Atlas del Agua en México*. México.
- Comisión Nacional del Agua CONAGUA (2018). *Estadísticas del Agua en México*. México.
- Comisión Nacional del Agua CONAGUA (2018). *NUMERAGUA*. México.
- Döll, P. et al., (2014). *Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites*. *Water Resources Research*, 50(7), 5698-5720.
- Domínguez, J. (2019). *La política del agua en México a través de sus instituciones, 1917-2017*. Ciudad de México. El Colegio de México: Centro de estudios demográficos, urbanos y ambientales.
- Domínguez, J., Carrillo-Rivera, J. J., (2007). *El agua subterránea como elemento de debate en la historia de México. México en tres momentos: 1810-1910-2010*, UNAM, México, 2007.
- Escolero, O. et al., (2016). *Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México*. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 409-427.
- Gleeson, T. et al., (2015). *The global volume and distribution of modern groundwater*. *Nature Geoscience*, 9(2), 161-167.
- Gleeson, T. et al., (2020). *Global groundwater sustainability, resources and systems in the Anthropocene*. *Annual review of earth and planetary sciences*, 48, 431-463.
- Gobierno del Estado de México (2018). *Programa Hídrico Integral del Estado de México 2017-2023*. México: Comisión de Agua del Estado de México.
- Gómez Montañez, G., & Mahecha Delgado, O. (1998). *Espacio, territorio y región: conceptos básicos para un proyecto nacional*. *Cuadernos de geografía: Revista colombiana de geografía*, 7(1-2), 120-134.
- González, A. (2018). *La región hidropolitana de la Ciudad de México: conflicto gubernamental y social por los trasvases Lerma y Cutzamala*. México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.
- Harvey, D. (2017). *El cosmopolitismo y las geografías de la libertad* (Vol. 96). Ediciones Akal.

- Hatch Kuri, G., & Pacheco-Vega, R. (2017). *Agua subterránea en México: retos y pendientes para la transformación de su gestión*. El estado del agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica, 149-170.
- Hoogesteger, J., & Wester, P. (2015). *Intensive groundwater use and (in) equity: Processes and governance challenges*. Environmental science & policy, 51, 117-124.
- Jiménez-Cisneros, B. (2015). *Seguridad hídrica: retos y respuestas, la fase VIII del programa hidrológico internacional de la Unesco (2014-2021)*. Aqua-Lac, 7(1), 20-27.
- Linton, J. (2006). *What is Water? The history and crisis of a modern abstraction*. (Doctoral dissertation, Carleton University).
- Linton, J., & Budds, J. (2014). *The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water*. Geoforum, 57, 170-180.
- Marañón, B., & López, D. (2008). *La gestión participativa del agua subterránea en México: Hacia un cambio de paradigma*. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 4(2).
- Martínez, J. (2000). *Los trasvases entre cuencas: una forma polémica de gestión del agua*. Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del agua: Una cita europea con la nueva cultura del agua. Perspectivas en Portugal y España.
- Martínez-Austria, P. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(5), 165-180.
- Martínez-Austria, P. et al., (2017). *Seguridad hídrica en México*. Ciudad de México: Academia de Ingeniería.
- Martínez-Austria, P. et al., (2019). Seguridad hídrica en México: diagnóstico general y desafíos principales. *Ingeniería del agua*, 23(2), 107-121.
- Martínez-Austria, P. F., & Vargas-Hidalgo, A. (2017). *Sistema de asignaciones, concesiones y política hídrica en México. Efectos en el derecho humano al agua*. Tecnología y ciencias del agua, 8(5), 117-125.

- Naciones Unidas (2018), *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Peña, H. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. Santiago.
- Pulido, A. (2001). *Sobreexplotación de acuíferos y desarrollo sostenible*. Departamento de Hidrogeología, Universidad de Almería, España, 115-132.
- Ramírez Velázquez, B., & López Levi, L. (2015). *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo*. México: UNAM, Instituto de Geografía, Geografía para el siglo XXI; Serie Textos universitarios.
- Reis, N. (2014). *Coyotes, Concessions and Construction Companies: Illegal Water Markets and Legally Constructed Water Scarcity in Central Mexico*. *Water Alternatives*, 7(3).
- Robins, N. S., & Fergusson, J. (2014). *Groundwater scarcity and conflict—managing hotspots*. *Earth perspectives*, 1(1), 1-9.
- Rolland, L., & Vega Cárdenas, Y. (2010). *La gestión del agua en México*. *Polis*, 6(2), 155-188.
- Sadoff, C., & Muller, M. (2010). *La gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: efectos anticipados y respuestas esenciales*. Estocolmo: Global Water Partnership.
- Sainz, J., & Becerra, M. (2003). *Los conflictos por el agua en México*. *Gaceta Ecológica*, (67), 61-68.
- Sánchez, J., (1991). *Espacio, Economía y Sociedad*. Madrid, Ed. Siglo XXI de España Editores SA.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2015). *Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Smith, N. (2020). *Geografía, diferencia y las políticas de escala*. Sao Paulo, Terra Livre, 127-146.
- Smith, N. (2020). *Desarrollo desigual. Naturaleza, capital y la producción del espacio*.

- Smith, N. (2020). *Desarrollo desigual. Naturaleza, capital y la producción del espacio*. España: Prácticas Constituyentes.
- Souto, P. et al., (2011). *Territorio, lugar, paisaje. Prácticas y conceptos básicos en geografía*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Filosofía y Letras UBA.
- Talledos Sánchez, E. et al., (2020). *Captura política, grandes concentraciones y control de agua en México: Informe agua*. Colegio de Geografía UNAM.
- Theesfeld, I. (2010). *Institutional challenges for national groundwater governance: Policies and issues*. *Groundwater*, 48(1), 131-142.
- Walsh, C. (2022). *Beyond rules and norms: Heterogeneity, ubiquity, and visibility of groundwaters*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, e1597.
- Wolfe, M. (2014). *Crisis del agua subterránea en México. Dinámica histórica: recursos, lucro y conocimiento en La Laguna, 1930-1970*. *HIB: revista de historia iberoamericana*, 7(2), 8.