

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**GESTIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEXICANAS: LAS VEDAS EN EL
CONTEXTO DE LA SUSPENSIÓN DE LIBRE ALUMBRAMIENTO**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN POLÍTICAS PÚBLICAS

PRESENTA

ARTURO EMMANUEL HERRERA GUERRERO

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. HÉCTOR MAURICIO NÚÑEZ AMÓRTEGUI

Resumen

Las vedas son una categoría dentro de los ordenamientos regulatorios que buscan resarcir el abatimiento de acuíferos por medio de la regulación del alumbramiento (extracción) de aguas subterráneas en México. En 2013 fue decretada la Suspensión de Libre Alumbramiento en los territorios que no contaban con algún ordenamiento regulatorio como la veda. Esta decisión conllevó a que toda extracción de agua subterránea contara con un permiso emitido por la autoridad en cuestión. La Suspensión de Libre Alumbramiento ofrece un nuevo contexto en el cual las vedas no han sido lo suficientemente cuestionadas en términos de agua subterránea extraída, lo que supone un desconocimiento de ambos tipos de intervención en la gestión de dichas aguas y, en general, en la agenda hídrica mexicana.

La presente investigación explora cuantitativamente la relación entre las vedas y la extracción autorizada anual de aguas subterráneas en el contexto de Suspensión de Libre Alumbramiento por medio de un modelo de diferencias en diferencias para el periodo 2011- 2020. Los resultados sugieren que las vedas, en general, reducen la cantidad de agua del subsuelo concesionada a usuarios en comparación a aquellos territorios bajo Suspensión de Libre Alumbramiento. La evidencia del estudio, bajo ciertas reservas, argumenta a favor de una regulación sustentada en un sistema sólido de permisos y asignaciones de extracción de aguas.

Lista de abreviaturas

AS	Aguas subterráneas
BIE	Banco de Indicadores Económicos
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CPEUM	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
DOF	Diario Oficial de la Federación
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LAN	Ley de Aguas Nacionales
PIB	Producto Interno Bruto
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
SLA	Suspensión de Libre Alumbramiento
SNIARN	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO.....	3
Aguas subterráneas	3
Gestión de aguas subterráneas	6
Regulación de la extracción aguas subterráneas.....	9
GESTIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MÉXICO.....	13
Aguas subterráneas en el contexto mexicano	13
Gestión de aguas nacionales en México	16
REGULACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MÉXICO: VEDAS Y SUSPENSIÓN DE LIBRE ALUMBRAMIENTO	19
Vedas	19
Suspensión de Libre Alumbramiento	21
Panorama general de los ordenamientos de aguas subterráneas.....	22
Regulación de aguas subterráneas mexicanas en la práctica	26
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN (ANÁLISIS EMPÍRICO)	30
Metodología.....	30
Datos	37
Consideraciones previas al análisis.....	39
RESULTADOS	41
DISCUSIÓN.....	44
Discusión del análisis empírico	44
Discusión teórica.....	46
Implicaciones de política pública.....	48
Limitaciones del estudio	49
CONCLUSIÓN.....	51
REFERENCIAS	53
ANEXO 1. Datos e información.....	59
ANEXO 2. Casos específicos de veda.....	62
ANEXO 3. Resultados del análisis empírico.....	66

Índice de figuras

Figura 1. Principales objetivos y herramientas de política pública para la gestión de aguas subterráneas	7
Figura 2. Arreglos institucionales que influyen en la asignación y uso de agua subterránea	8
Figura 3. AS según tipo de uso consuntivo (2017)	14
Figura 4. Contraste regional entre agua renovable y desarrollo	15
Figura 5. Contraste regional entre agua renovable y desarrollo	16
Figura 6. Ordenamientos de aguas subterráneas, 2018	20
Figura 7. Decretos de veda emitidos por año	21
Figura 8. Acuíferos con concesiones de extracción de AS inscritas ante el REPDA (2010-2021).....	23
Figura 9. Inscripción de títulos en el REPDA (2010-2021)	23
Figura 10. Títulos de extracción inscritos en el REPDA.....	24
Figura 11. Cantidad de acuíferos que inscribieron títulos ante el REPDA por tipo de ordenamiento	25
Figura 12. Disponibilidad de acuíferos, 2020	27
Figura 13. Condición de los acuíferos	27
Figura 14. Acuíferos por tipo de ordenamiento (2011-2020).....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Usos de la clasificación del REPDA agrupados.....	14
Tabla 2. Descripción de variables control	35
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de variables.....	35
Tabla 4. Acuíferos por tipo de ordenamiento (2011-2020).....	39
Tabla 5. Resultados	41
Tabla 6. Resultados con diferentes controles	66
Tabla 7. Resultados con efectos de SLA percibidos a partir del 2014.....	67
Tabla 8. Resultados con diferentes controles y con efectos de SLA percibidos a partir del 2014	68

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Modelo de diferencias en diferencias a estimar.....	32
Ecuación 2. Cálculo de semielasticidad	34
Ecuación 3. Cálculo de índice económico.....	61

INTRODUCCIÓN

El abatimiento de los recursos hídricos del subsuelo es un problema que aqueja a México desde hace varias décadas. Para el 2020, alrededor del 40% de los acuíferos mexicanos padecieron de un déficit hídrico subterráneo, según las cifras publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) – DOF 17/09/2020 Acuerdo que actualiza la disponibilidad media anual de los 653 acuíferos del país. Teóricamente, entre otras explicaciones, los factores asociados a esta problemática guardan relación con la gestión del recurso natural y los derechos de propiedad sobre este.

Para el caso mexicano, el alumbramiento (extracción) de aguas subterráneas ha buscado regularse desde distintas vías de intervención a partir de la política hídrica sustentada en la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y, en distinto grado, por otras agendas adyacentes al tema de alumbramiento. Las vedas han sido una de las principales intervenciones para regular la extracción desmedida de aguas subterráneas. En términos generales, se entiende por ‘veda’ al ordenamiento jurídico que prohíbe la extracción adicional de agua subterránea a la ya permitida legalmente, de acuerdo con la LAN. Pese a las críticas que se le ha hecho a este ordenamiento desde el campo académico, continúan desempeñándose como una principal herramienta de política pública para evitar el creciente abatimiento de los acuíferos a causa de las extracciones.

Además de las vedas, otra intervención que ha tenido relevancia al menos en el diseño ha sido la Suspensión de Libre Alumbramiento (SLA), implementada a inicios de la década pasada. Esta estrategia tiene como objetivo formalizar las extracciones de agua subterránea por medio de concesiones, permisos y/o asignaciones emitidas por la autoridad. El escenario que esta decisión instauró a partir del 2013 – año en que el decreto tuvo lugar – permitiría contar, entre otros, con un mejor conocimiento de cuánta agua se extrae del subsuelo y un mayor control de esto último con base en la disponibilidad del recurso en los acuíferos. Lo anterior, con el propósito de fungir como base técnica para determinar el ordenamiento (como las vedas) que mejor satisfaga las necesidades de sustentabilidad hídrica de los acuíferos según sea el caso (Comisión Nacional del Agua, n.d.-a).

El contexto que ofrece la SLA para las vedas en México resulta interesante de estudiar para entender el efecto que una política tiene con respecto a la otra en términos de extracción de agua subterránea. A la fecha en que este escrito se redacta, dicho efecto o relación no ha sido

estudiado tanto conjuntamente como por separado, sobre todo para el caso de la SLA, lo cual implica un desconocimiento por lo menos parcial del desempeño de estos en los años recientes. Esto puede tener importantes repercusiones al momento de evaluar el desempeño de las medidas regulatorias y de gestión de la agenda hídrica subterránea, lo cual puede desacelerar la sustentabilidad de estos recursos y, en consecuencia, a una pobre atención del déficit hídrico por el cual el país está pasando.

La presente tesina busca contribuir al estudio de la gestión de aguas subterráneas con el acercamiento exploratorio de si las vedas en el contexto de SLA, como herramienta de política pública, contribuyen a la conservación del agua subterránea. Específicamente, se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo afectan las vedas a la extracción permitida de agua subterránea bajo el contexto de Suspensión de Libre Alumbramiento en México? Esta pregunta se aborda a partir de un análisis de diferencias en diferencias con un modelo de datos panel con efectos fijos para el periodo 2011-2020 en el que se estima el efecto de las vedas en la extracción autorizada de agua del subsuelo en contraste con los acuíferos bajo SLA. Además de la propuesta metodológica para el estudio de las vedas, la investigación identifica con la debida precaución y con la información disponible que las vedas en presencia de SLA logran el cometido de limitar la extracción de agua subterránea en los acuíferos vedados con respecto a la SLA.

El documento se estructura de la siguiente manera: la primera sección presenta las principales discusiones teóricas en materia de gestión y regulación de aguas del subsuelo. La segunda y tercera sección del estudio aborda, respectivamente, la contextualización de la gestión de aguas subterráneas en México y la regulación por medio de las vedas y la SLA. La cuarta sección presenta el ejercicio empírico realizado para responder la pregunta de investigación, seguido de la descripción de los principales resultados obtenidos. La sexta sección plantea las discusiones derivadas del análisis empírico y la séptima sección contiene las conclusiones del estudio.

MARCO TEÓRICO

Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas (AS) constituyen un recurso natural que funge como sustento principal de actividades humanas como el uso doméstico, urbano e industrial en distintos países (Ibarra-García & Talledos-Sánchez, 2020, p. 38). Como su nombre lo indica, este recurso suele concentrarse en mantos acuíferos ubicados bajo la superficie, lo cual es motivo de los distintos servicios ecosistémicos que suelen ofrecer, como su disponibilidad incluso en tiempos de sequía y una buena calidad en comparación con las aguas superficiales (Kath & Dyer, 2017; Kemper, 2003).

Pese a tratarse de agua, existe el consenso que clasifica a las AS como un recurso natural no renovable debido a que el ciclo de vida de un acuífero escapa al periodo humano. De acuerdo con Kath & Dyer (2017), el tiempo que comprende el proceso de recarga de un acuífero – que el agua superficial escurra a los acuíferos – es bastante lento, por lo que cualquier impacto negativo en estos puede repercutir incluso al muy largo plazo (Kath & Dyer, 2017, p. 449). A diferencia de las aguas superficiales, el agotamiento de un acuífero puede llevar años para revertirse e incluso el daño puede ser llegar a ser permanente (Wester & Hoogesteger, 2015, p. 118).

Susceptibilidad de sobreexplotación: Tragedia de los comunes

Las AS cumplen con dos características que los definen como un ‘bien común’ (Blomquist, 2020, p. 157; Harris & Roach, 2018, p. 88): i) son un bien no excluible y ii) un bien rival. La no exclusión está explicada por la dificultad de medir y limitar las AS y a la relativa facilidad que la gente tiene para acceder a estas, suponiendo que no se encuentran vulneradas de algún modo. Son entonces ‘no excluibles’ por el hecho de que es muy costoso evitar que potenciales nuevos usuarios aprovechen el recurso hídrico. La rivalidad, por otro lado, se refiere a que el consumo de este recurso por parte de un usuario disminuye la cantidad de agua disponible que beneficiaría al resto de los usuarios.

Estas características de ‘bienes comunes’ propician las circunstancias idóneas para el desgaste de las AS y en general están muy relacionadas a los incentivos de los usuarios como agentes

económicos. De acuerdo con Wester y Hoogesteger (2015), las AS en general son extraídas por numerosos y ampliamente distribuidos usuarios con equipo de bombeo que buscan maximizar la extracción para recuperar las altas inversiones de capital, lo que lleva a una pobre conciencia sobre la salud del recurso más allá del corto plazo y a extracciones sin regulación (Wester & Hoogesteger, 2015, p. 119).

Estos comportamientos poco responsables de los usuarios suelen responder a otro tipo de incentivos. Por el lado del mercado, por ejemplo, Delgado-Serrano y Borrego-Martin (2020) atribuyen un rol importante a las tecnologías modernas de perforación y bombeo. Otro impulsor de la sobreexplotación de aguas subterráneas identificado por los autores es la ausencia de la autoridad, principalmente en las labores que involucran la implementación de la normatividad jurídica como el monitoreo y la aplicación de sanciones (Delgado-Serrano & Borrego-Marin, 2020).

Circunstancias como la falta de interés, la ausencia de incentivos económicos o regulatorios para aumentar la eficiencia y minimizar el uso del recurso y una percepción errónea sobre el estado del mismo pueden conducir al desgaste del recurso (Khair et al., 2019, p. 341). Esto último acontece específicamente cuando la cantidad desmedida de extracciones supera la capacidad de recarga de los acuíferos, escenario que para los bienes comunes se conoce como ‘Tragedia de los comunes’ y que para el caso de las AS se atribuye como sobreexplotación.

Derechos de propiedad

Autores como Harris y Roach (2018) entienden la Tragedia de los comunes como un problema derivado de la ausencia de propiedad sobre el recurso, es decir, por el hecho de que este no pertenece a nadie, no existe en consecuencia el incentivo de conservarlo. Por el contrario, el incentivo es maximizar la explotación del recurso en el presente sin tomar en consideración el bienestar futuro tanto propio como del resto de los usuarios (Harris & Roach, 2018, p. 94), lo que explica el eventual agotamiento de estos recursos naturales comunes – como es el caso de las AS.

Con base en lo anterior, ¿cómo manejar entonces los recursos comunes? Un argumento, conocido como el teorema de Coase, postula que las externalidades negativas como la

sobreexplotación del recurso serían internalizadas por parte de los usuarios siempre y cuando los derechos de propiedad estén claramente definidos y completamente asignados entre dichos usuarios¹ (Keohane & Olmstead, 2016, p. 141).

El teorema de Coase reside en que los derechos de propiedad mitigarían el desgaste del recurso a través de la asignación de cuotas del recurso entre las partes, lo cual generaría los incentivos suficientes para el manejo sostenible de dicha cuota asignada y, en conjunto, a la conservación del recurso (Faure & Partain, 2019, p. 42). Con base en esto, un usuario de AS en teoría no buscaría exceder sus extracciones permitidas dado que vulneraría la cuota del recurso que le fue asignado – su “propiedad” – y las consecuencias, si bien repercuten a nivel del recurso, también estarán dirigidas a este usuario (como lo sugieren Keohane y Olmstead (2016)). De mismo modo, los derechos de propiedad también establecen las bases para limitar la entrada de usuarios porque, como indican Keohane & Olmstead (2016), aquellos que no cuenten con una cuota asignada del recurso no tienen permitido disponer de este.²

Con respecto a los derechos de propiedad, Faure & Partain (2019) por su parte postulan que son una condición básica pero no suficiente para la protección ambiental. Faure y Partain (2019), en línea con el argumento de Hardin, defienden que sin el establecimiento de los derechos de propiedad se tendría lugar la sobreexplotación de los recursos (Faure & Partain, 2019, p. 37). El argumento está centrado en los incentivos privados de cada parte por manejar su asignación del recurso (su derecho de propiedad), sin embargo, es necesario el acompañamiento de otras medidas para mitigar otros posibles efectos adversos que no necesariamente están contemplados por los derechos de propiedad.

¹ La distribución de los derechos de propiedad, si bien importante en términos de distribución de ingreso, no es una cuestión que el teorema de Coase requiera necesariamente para la internalización de las externalidades negativas (Keohane & Olmstead, 2016, p. 141).

² Los comunes y la asignación de derechos de propiedad generalmente están ejemplificados con la pesquería y el pastoreo, en los cuales los bancos de peces y el pasto para el ganado son los bienes comunes (ver (Keohane & Olmstead, 2016, p. 158))

Gestión de aguas subterráneas

Aproximaciones de gestión: oferta vs demanda

La Tragedia de los comunes, como se describió brevemente, es la justificación suficiente para la intervención de la autoridad en favor de la conservación del bien. Cómo dar gestión a los recursos hídricos subterráneos es un asunto que desde la teoría se ha respondido por medio de dos aproximaciones: i) por el lado de la oferta del recurso y ii) por el lado de la administración de la demanda del mismo.

El lado de la oferta contempla las acciones que afectan la cantidad y calidad del agua en el punto de entrada del sistema de distribución (Ali, 2016, p. 118). De acuerdo con Ali (2016), entre las acciones de política pública que este eje contempla para las AS se encuentra el desarrollo de nuevas fuentes de oferta (buscar nuevos acuíferos a partir de perforaciones) y el aumento de la recarga anual de los acuíferos artificialmente.

En contraste a lo anterior, el lado de la demanda implica la gestión de las demandas de agua y la minimización de los impactos de su uso y de otros recursos naturales (por ejemplo, uso de la tierra) por medio de una combinación de medidas de planificación, regulatorias y económicas (Naik & Pande, 2015, p. 96). Autores como Harris y Roach (2018) descomponen este eje en dos aproximaciones según si se toma de base el precio o no. Las intervenciones basadas en precio se resumen en asignar costo al uso del agua mientras que las intervenciones independientes de la asignación de precio abordan, entre otras, las tecnologías de riego, reutilización del agua y restricciones en las extracciones y uso de esta.

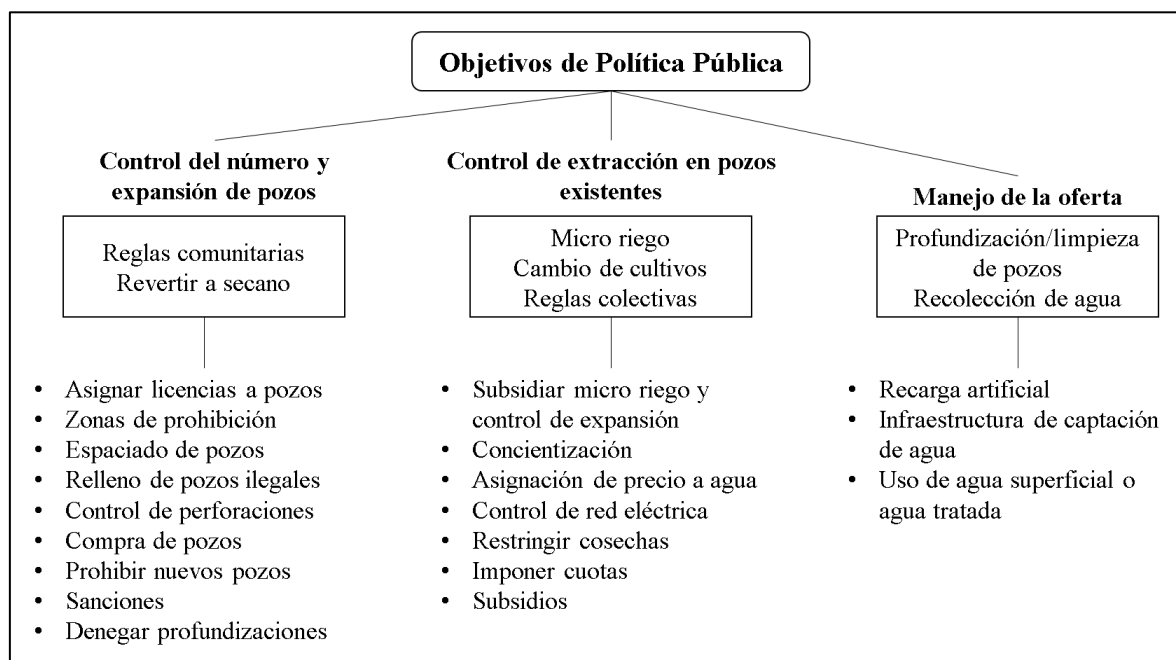
Generalidades de la gestión de AS

Objetivos generales

Pese a la relevancia que comúnmente tiene la aproximación de la oferta, la naturaleza de las AS exige acciones por el lado de la demanda, principalmente en el aspecto regulatorio. Se habla de ‘influir’ en el uso del agua – y en consecuencia, en la demanda de esta – para el cumplimiento de objetivos como la eficiencia económica, protección ambiental, desarrollo social, entre otros (Ali, 2016, p. 116). De aquí surge la cuestión sobre cuáles son los principales objetivos de política pública que deben pensarse en cuanto a la protección de las AS como bien común. Molle

et al. (2018) enlistan por lo menos tres objetivos principales que pueden aplicar para la agenda de gestión de AS: i) Controlar el número y expansión de pozos, ii) controlar la extracción por medio de pozos existentes y iii) gestionar la oferta del recurso (figura 1).

Figura 1. Principales objetivos y herramientas de política pública para la gestión de aguas subterráneas



Fuente: Molle et al., 2018³

Los objetivos de política pública presentados en Molle et al. (2018) ofrecen una perspectiva interesante para la gestión del agua del subsuelo. El ‘Control del número y expansión de pozos’ y ‘Control de extracción en pozos existentes’ tienen como propósito gestionar el recurso hídrico subterráneo por medio de la demanda para garantizar la conservación de este. Por el tipo de intervenciones que buscan cumplir con este primer objetivo, se puede argumentar que la regulación es una medida para evitar el desgaste del recurso. Intervenciones como asignar licencias para la perforación de pozos, establecer zonas de prohibición para la perforación de nuevos pozos e incluso las sanciones tienen el propósito de disuadir el aprovechamiento del recurso natural por parte de nuevos usuarios.

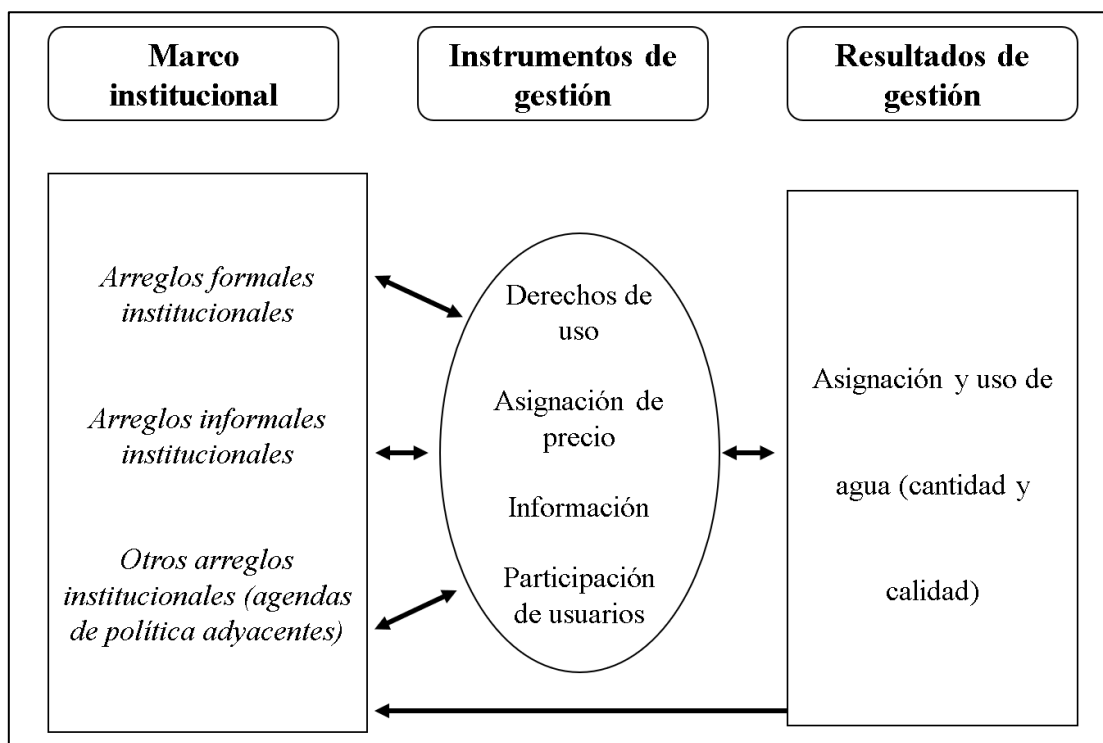
³ La figura presentada es distinta en forma a cómo se presentó en Molle (2018) más no en contenido. La información contenida es la misma a la encontrada en dicho artículo.

Por su parte, el objetivo de controlar la extracción por medio de pozos existentes tiene como propósito regular la extracción desmedida de AS por usuarios ya asentados. En términos generales, se busca controlar el comportamiento de los usuarios a través de acciones como la concientización de la extracción desmedida de agua subterránea, cuotas de extracción, subsidios y tarifas, entre otros. Finalmente, el objetivo de gestión de la oferta se aparta de lidiar con los usuarios del recurso hídrico subterráneo al centrarse como tal en este último por medio de acciones como la inyección artificial de agua en los acuíferos y sustituir a estos con fuentes hídricas superficiales.

Arreglos institucionales e instrumentos de gestión

Kemper (2003) ofrece un marco de gestión flexible que busca aproximar la asignación y uso eficiente de las AS (figura 2). Está compuesto por tres secciones mutuamente complementarios que interactúan entre sí para la asignación y utilización de las AS.

Figura 2. Arreglos institucionales que influyen en la asignación y uso de agua subterránea



Fuente: Kemper, 2003

El marco institucional incluye las instituciones formales – como los ordenamientos jurídicos y reglamentos administrativos –, informales – como normas sociales y culturales que están más encaminadas al aspecto conductual de los actores (principalmente usuarios) – y otros arreglos institucionales que también inciden en las AS (agendas de política pública adyacentes como la energía). Este marco define principalmente los instrumentos de gestión, mismos que impactan en los resultados y finalmente retroalimenta el diseño institucional de gestión de AS (Kemper, 2003, p. 132).

En el apartado de instrumentos de gestión yacen las intervenciones de regulación del uso de AS que el eje de demanda atiende, así como las acciones basadas en la oferta y en la asignación del precio al uso del recurso hídrico subterráneo. Están contenidas las acciones derivadas de los objetivos generales de política pública expuestos en la subsección anterior, los cuales se esperaba estar ubicadas en el apartado de resultados de gestión por el tema de asignación y utilización del agua.

Regulación de la extracción aguas subterráneas

Licencias y permisos de extracción

Ali (2016) menciona que la prevención del uso excesivo del agua por medio de herramientas como el monitoreo de AS, regulación de la industria y zonificación de áreas de protección deben fungir como herramientas básicas de gestión. Con respecto a la regulación de la extracción, el sistema de cuotas y/o permisos de extracción es una herramienta importante de monitoreo y control del uso del agua del subsuelo, principalmente en el contexto de sobreexplotación de acuíferos. Dichos sistemas de permisos y cuotas obedecen a lo estipulado teóricamente por el teorema de Coase con respecto a los derechos de propiedad y que están contemplados en los marcos de gestión de AS presentados anteriormente como cuotas (figura 1) y derechos de uso (figura 2).

Como medida regulatoria, resulta imprescindible saber ‘quién’ extrae ‘qué’ (Molle et al., 2018, p. 449) por medio de un sistema de licencias que permita identificar fehacientemente i) cuántos usuarios aprovechan el recurso y ii) cuánto del recurso están utilizando. Esto resulta en una herramienta que presupone la propiedad de derecho – derechos de propiedad – en alguna forma. Para el caso de AS, una licencia o permiso de cuota ampara los derechos de uso de las AS por

parte de un usuario, lo cual es una forma de hacer referencia a la cuota de las aguas asignada para su explotación por parte de este último. Por tanto, más allá de tener registro de cuánta agua se está aprovechando y los actores involucrados en la extracción, el propósito de contar con un sistema de licencias es también limitar la entrada de nuevos usuarios y sancionar las explotaciones no autorizadas por medio de un permiso.

Con respecto a las licencias y los derechos, Ali (2016) menciona que las especificaciones a contener deben incluir el propósito o destino de las AS, cantidad, ubicación, vigencia o duración del permiso, estado legal del usuario y las características técnicas para llevar a cabo la extracción (ejemplo, equipo de bombeo o construcciones para nuevos pozos). Relacionado a la tarea del monitoreo, se espera contar con mediciones del uso y extracción de agua por parte de los usuarios para corroborar que la cantidad extraída no exceda a la cantidad permitida por la licencia – simulando así un mecanismo de cuota de extracción.

Regulación en la práctica

El marco de gestión de las AS, como se ha abordado hasta ahora, teóricamente conduciría a un equilibrio eficiente en el que el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo está en armonía con la salud de este. Si bien teóricamente puede domarse el problema de los comunes – como hasta ahora se ha argumentado – lo cierto es que la práctica ofrece un resultado distinto en materia de gestión de AS que difícilmente garantiza la sustentabilidad de las AS.

Conocimiento de AS y comportamiento de usuarios

Las medidas relacionadas a la prevención del uso excesivo de las AS, de acuerdo con autores como Ali (2016) y Kemper (2003), deben incluir estudios sobre las AS en términos de su estado, calidad, cantidad y ubicación, principalmente, con el propósito de mantener un monitoreo sistemático de AS, sobre todo en respuesta a la extracción y aprovechamiento de este recurso.

En la práctica, sin embargo, las AS aún continúan bajo el estigma de ‘recurso invisible’, pues por definición, se encuentran bajo tierra y en consecuencia fuera de vista (Kemper, 2003, p. 120). Esto dificulta contar con información actualizada del estado del recurso ya que implica

incurrir en costos que, en la mayoría de los casos, no se está completamente dispuesto a asumir. De mismo modo y desde su explotación intensiva durante el siglo XX, autores como Kath y Dyer (2017) han mencionado que las AS han sido catalogadas erróneamente como un recurso infinito, presumiblemente por la falta de información y evidencia, lo que ha llevado a su aprovechamiento inconsciente y desmedido, es decir, su eventual sobreexplotación.

Medidas regulatorias y sistema de licencias

Así como hay costos para generar información sobre las AS y los acuíferos, el monitoreo y control resulta también costoso de llevar a cabo, lo cual incide negativamente en la implementación de las medidas regulatorias como las licencias y las sanciones. Molle y Closas (2020) señalan que, comúnmente, las autoridades expresan que aplicar las regulaciones implica bastante trabajo y recursos aún a pesar de contarse con un marco regulatorio fuerte (Molle & Closas, 2020, p. 3). Lo anterior, termina por repercutir en que las medidas a adoptar cuenten con poca legitimidad frente a los usuarios.

En cuanto a las regulaciones mediante el sistema de permisos, Wester y Hoogesteger (2015) reiteran para la práctica, por un lado, la dificultad de establecer derechos de uso y, por otro lado, la susceptibilidad a la corrupción, factores que inciden negativamente en la regulación de las extracciones y uso, fenómeno señalado también por autores como Molle y Closas (2020). De mismo modo, afirman que la dificultad de regulación también depende del grado de ‘negociación’ con grandes usuarios, políticamente hablando, quienes difícilmente ceden a lo fijado por la autoridad o, en el peor de los casos, cooptan las medidas a favor de sus intereses (Wester & Hoogesteger, 2015, p. 119).

Autores como Kemper (2003) y Reddy (2016) identifican que existe una menor voluntad política por diseñar e implementar intervenciones que aborden la gestión por el lado de la demanda en comparación con las alternativas que el eje de la oferta ofrece. Políticamente son más rentables proyectos como las presas e infraestructura de riego que negociar con los usuarios un sistema de control de extracción y aprovechamiento de AS. Esto último, además del alto costo político detrás de limitar el recurso hídrico a diversos sectores económicos, resulta bastante costoso en términos tanto financieros como técnicos.

Con respecto al tema de las licencias y permisos, este tipo de regulación – junto con las regulaciones espaciales y zonificación – tiende a limitar desproporcionalmente el acceso a usuarios como los pequeños propietarios de tierra (Naik & Pande, 2015, p. 101), lo que no sólo no concreta la idea de ‘gestión sustentable’ ante la arbitrariedad de las asignaciones de cuotas, sino que también exacerba las desigualdades socioeconómicas entre usuarios.

Críticas adicionales

Tras lo anterior, pese a los esfuerzos de muchos países por regular el uso de las AS, no ha habido una reducción significativa de este recurso (Hoogesteger & Wester, 2017, p. 107). Un factor que perjudica la adopción de estrategias de gestión sustentables de AS es la escala espacial y temporal de las AS. Kath y Dyer (2017) enuncian que, aún si se adoptan correctamente las acciones restaurativas, el tiempo para presenciar la recuperación de los acuíferos dañados por la sobre explotación sería bastante largo, de acuerdo al tamaño del acuífero. De mismo modo, regular las extracciones de AS generalmente va en contra de los objetivos centrales de la mayoría de gobiernos en cuanto a estimular el crecimiento económico (Wester & Hoogesteger, 2015, p. 119), lo que aumenta el costo económico y político de adoptar estrategias por el lado de la demanda y justifica la creciente voluntad política por proyectos que el lado de la oferta dispone.

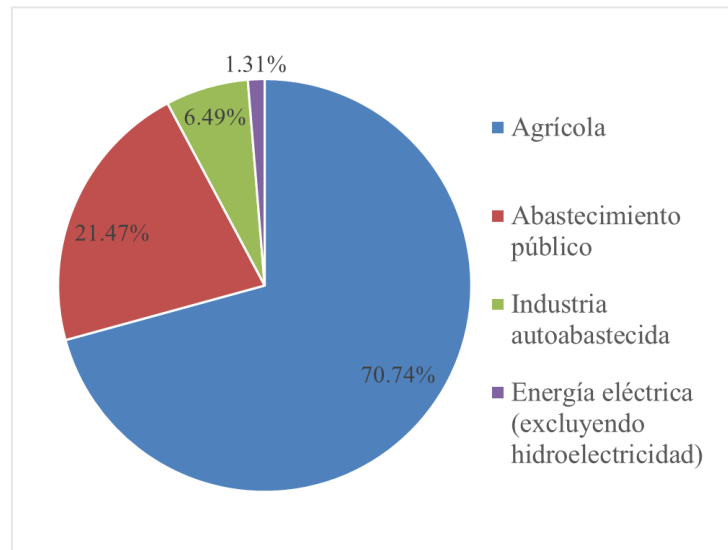
GESTIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MÉXICO

Aguas subterráneas en el contexto mexicano

Las AS en México juegan un papel importante tanto en el aspecto económico como en el social. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SEMARNAT), alrededor del 39% de los usos consuntivos dependen de este recurso, lo que constituye aproximadamente 34.39 mil hm³ en comparación con los casi 53.5 mil hm³ de aguas superficiales empleadas para uso consuntivo, según datos para el año 2017 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua, 2018, p.77).

De entre los usos, las AS abastecen cerca del “70% del volumen de agua que requieren las ciudades y en donde se concentran 60 millones de habitantes, así como a la mayoría de las instalaciones industriales y a casi la totalidad de la demanda de agua de la población rural” (Moreno Vázquez et al., 2010, p. 81). De acuerdo con CONAGUA y SEMARNAT (2018), los usos consuntivos en los que se destinan las AS son el uso agrícola (70.7%), abastecimiento público (21.5%), industria autoabastecida (6.5%) y la energía eléctrica (1.3%) (figura 3) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua, 2018, p.77). Los rubros de cada grupo de uso consuntivo, de acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se presentan en la tabla 1.

Figura 3. AS según tipo de uso consuntivo (2017)



Fuente: Elaboración propia con información de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional del Agua, 2018

Tabla 1. Usos de la clasificación del REPDA agrupados

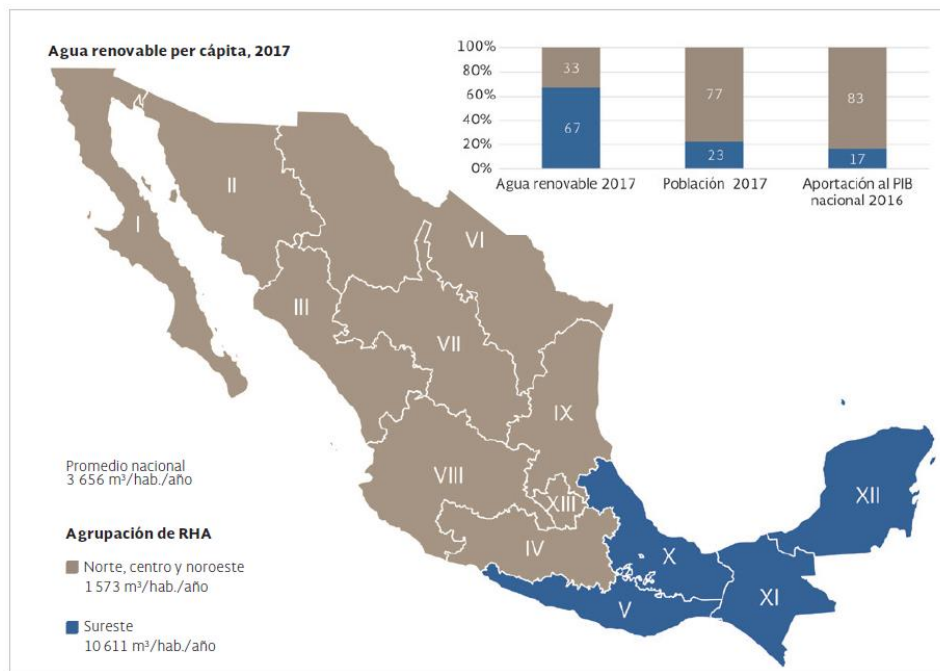
Uso consuntivo agrupado	Uso consuntivo
<i>Agrícola</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agrícola ▪ Acuicultura ▪ Pecuario ▪ Múltiples ▪ Otros
<i>Abastecimiento público</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doméstico ▪ Público urbano
<i>Industria autoabastecida</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agroindustrial ▪ Servicios ▪ Industria excluyendo termoeléctricas ▪ Comercio ▪ Termoeléctricas

*Energía eléctrica
(excluyendo
hidroelectricidad)*

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2020

Tras lo anterior, se puede argumentar que el uso de AS está intrínsecamente relacionado con el desarrollo económico por medio de la concentración de la población y, en consecuencia, con la demanda del recurso (Arreguín-Cortés et al., 2020, p. 349; Carrera-Hernández, 2018, p. 1). De acuerdo con Arreguín y Cortes (2020), 77% de la población está asentada en donde se encuentra sólo 33% del agua renovable, hecho que es realizado por autores como Nava y Medrano (2019), quienes argumentan también que en el norte y centro del país no sólo alberga a dicho 77% de la población mexicana, sino que también equivale a casi el 80% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional (Nava & Medrano Pérez, 2019, p. 2). El sureste de México, si bien posee alrededor del 67% de los recursos hídricos nacionales, su contribución al PIB nacional es de poco más del 20%, según Nava y Medrano (2019). La figura 4 ilustra lo anterior a través de las regiones hidrológico-administrativas por las que el territorio se divide para la gestión de AS.

Figura 4. Contraste regional entre agua renovable y desarrollo

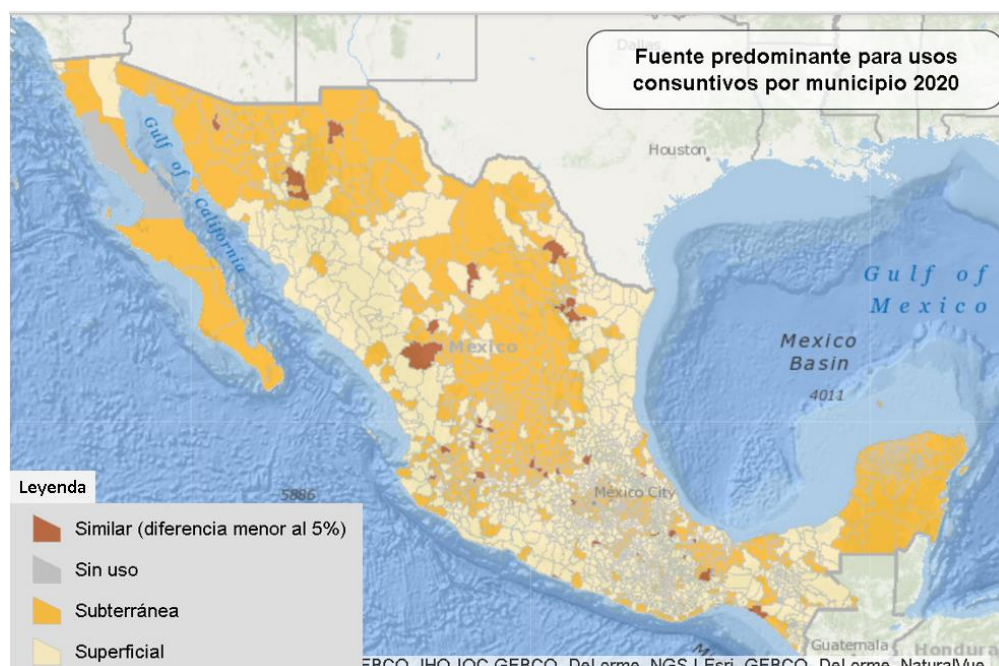


Fuente: Elaborado con base en CONAPO (2012), INEGI (2016), CONAGUA (2017b).

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional del Agua, 2018

La figura 5 ilustra a nivel municipal las fuentes predominantes para usos consuntivos para el año 2020. Como puede apreciarse, las AS, en efecto, son utilizadas en gran parte del territorio mexicano, específicamente en la zona centro, norte y en el sureste del país.

Figura 5. Contraste regional entre agua renovable y desarrollo



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2021

Gestión de aguas nacionales en México

Marco legal: generalidades

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) contempla en su artículo 27 que las aguas comprendidas dentro del territorio mexicano (además de las marítimas) son propiedad de la nación. Bajo esta premisa, en su párrafo sexto se estipula que la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos hídricos por parte de usuarios podrá realizarse mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal (abordado más adelante).

Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) funge como reglamentaria del artículo 27 constitucional en lo relacionado a las aguas nacionales. Tiene como objeto “[...] regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad [...]” (LAN, artículo 1).

La autoridad en materia de agua en México corresponde a la CONAGUA, un órgano administrativo desconcentrado que tiene por objeto “[...] constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico” (LAN, artículo 9).

Para la gestión de las aguas nacionales mexicanas, se organizó al territorio en 13 Regiones Hidrológico – Administrativas (figura 4). Estas regiones, en conjunto con los 653 acuíferos en los que el país se dividió, constituyen la unidad de gestión de las aguas nacionales. Un acuífero se define como:

Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (Fracción II, artículo 3, LAN)

Uso del agua y concesiones

El artículo 17 de la LAN estipula la libre explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales para uso doméstico mientras que el artículo 18, en materia de AS, establece que podrán ser libremente alumbradas (explotadas) salvo en los casos en las que el Ejecutivo Federal haya establecido una “zona reglamentada, de veda o de reserva o bien suspenda o limite provisionalmente el libre alumbramiento” (artículo 18, LAN).

Conforme a lo anterior, la ley establece que la “explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación” (artículo 20, LAN) otorgadas por la CONAGUA a partir de los Organismos de Cuenca, las cuales definen derechos y obligaciones

a favor de los beneficiarios. Esto guarda estrecha relación con el marco teórico referente a ‘derechos de uso’ y permisos de extracción.

Entre la información que deberán contemplar estos títulos se encuentra el volumen de extracción y consumo autorizados, así como los usos del recurso y la duración del título (no menos a cinco años, ni mayor a tres décadas, según el artículo 24 de la LAN).⁴ Está contemplado en el marco legal que “en ningún caso podrá el titular de una concesión o asignación disponer del agua en volúmenes mayores que los autorizados” por la respectiva autoridad (artículo 23, LAN). Se prevé también en el artículo 30 de la LAN que los títulos de concesión y asignación de aguas nacionales estén inscritos en el REPDA para brindar seguridad jurídica en términos de prueba de su existencia, titularidad y el estado que guardan (artículo 31, LAN).

El otorgamiento de una asignación o concesión estará sujeto a la disponibilidad media anual del agua; los derechos inscritos en el REPDA; el reglamento de la cuenca hidrológica expedido; “la normatividad en materia de control de la extracción así como de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas; y la normatividad relativa a las zonas reglamentadas, vedas y reservas de aguas nacionales existentes en el acuífero, cuenca hidrológica, o región hidrológica de que se trate” (artículo 22, LAN).

⁴ De acuerdo con conversaciones telefónicas sostenidas con autoridades de CONAGUA y el REPDA, la mayoría de los títulos se emiten a 10 años en general.

REGULACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MÉXICO: VEDAS Y SUSPENSIÓN DE LIBRE ALUMBRAMIENTO

Vedas

Concepto

Como se mencionó en el artículo 18 de la LAN, el alumbramiento o extracción de las AS se sujetará al ordenamiento jurídico presente en un determinado territorio. Las zonas de veda, un tipo de ordenamiento según la ley, son aquellas áreas de los acuíferos, cuencas o regiones hidrológicas en las cuales “no se autoriza aprovechamiento de agua adicionales a los establecidos legalmente” (fracción LXV, artículo 3, LAN) sin afectar la sustentabilidad del recurso y sin el riesgo de inducir a perjuicios ambientales y económicos tanto en las fuentes de agua como en los usuarios correspondientes (artículo 39 BIS, LAN).

Las vedas son una medida de carácter restaurativa que busca aliviar el estado de los acuíferos por medio del control de extracción de AS para prever que en el futuro se permitan nuevas extracciones. Adicionalmente, los derechos asentados previo al decreto de veda estarán reconocidos por medio de permisos emitidos por la autoridad (siempre y cuando los usuarios hayan solicitado dicho trámite en el periodo definido por esta), lo que otorga seguridad jurídica a los usuarios frente a terceros y a la autoridad, además de sujetarlos a las regulaciones impuestas por este y el decreto en cuestión (Farías Hernández, 1993, pp. 109–111).

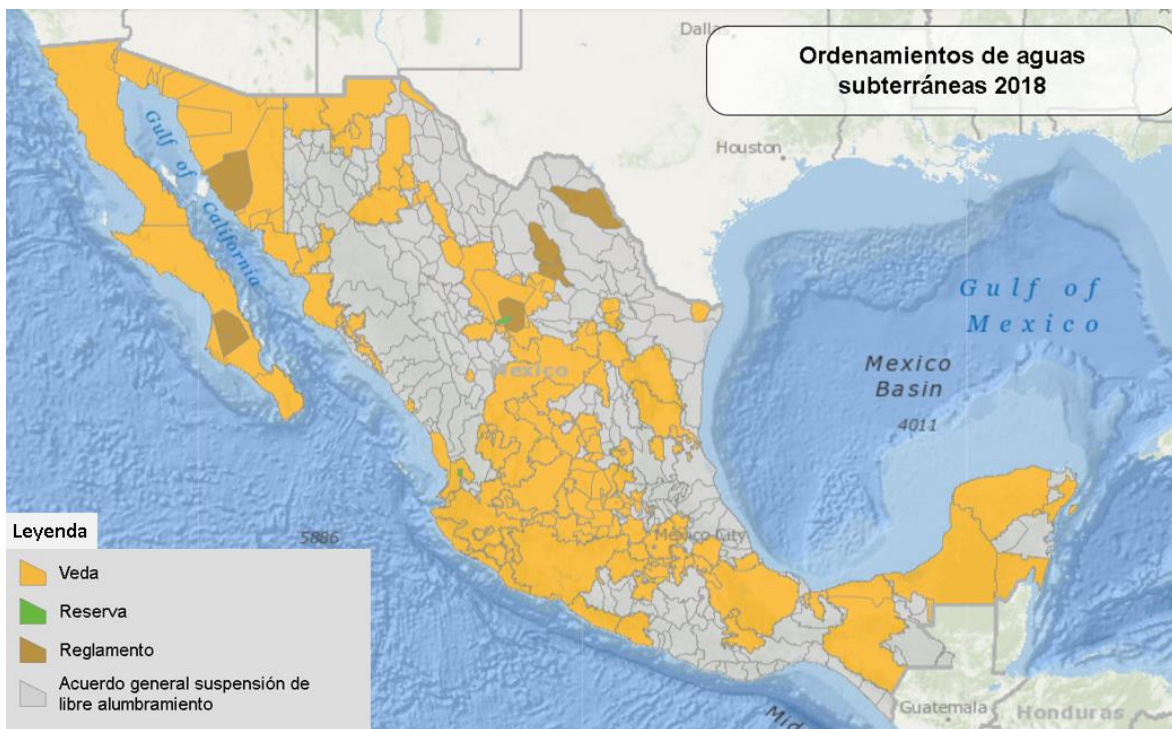
Con base en esto último, para la década de los noventa cuando la LAN fue publicada, la finalidad de las vedas – además de suprimir o modificar extracciones nuevas y vigentes – era también la de transitar a un régimen de libre alumbramiento a uno de concesiones en el que hubiese mayor control sobre ‘quién extrae qué’. Esto último difícilmente ocurriría con otros ordenamientos como los reglamentos, por lo que las vedas, a pesar de ser una herramienta jurídica longeva, continúa acaparando un protagonismo importante en la regulación de AS mexicanas, de acuerdo con Farías Hernández (1993).

Situación actual

Al 2021, se contó con 147 ordenamientos de veda en la República Mexicana (ver figura 6), siendo la primera emitida en 1948 para una zona del estado de Guanajuato y la más reciente la

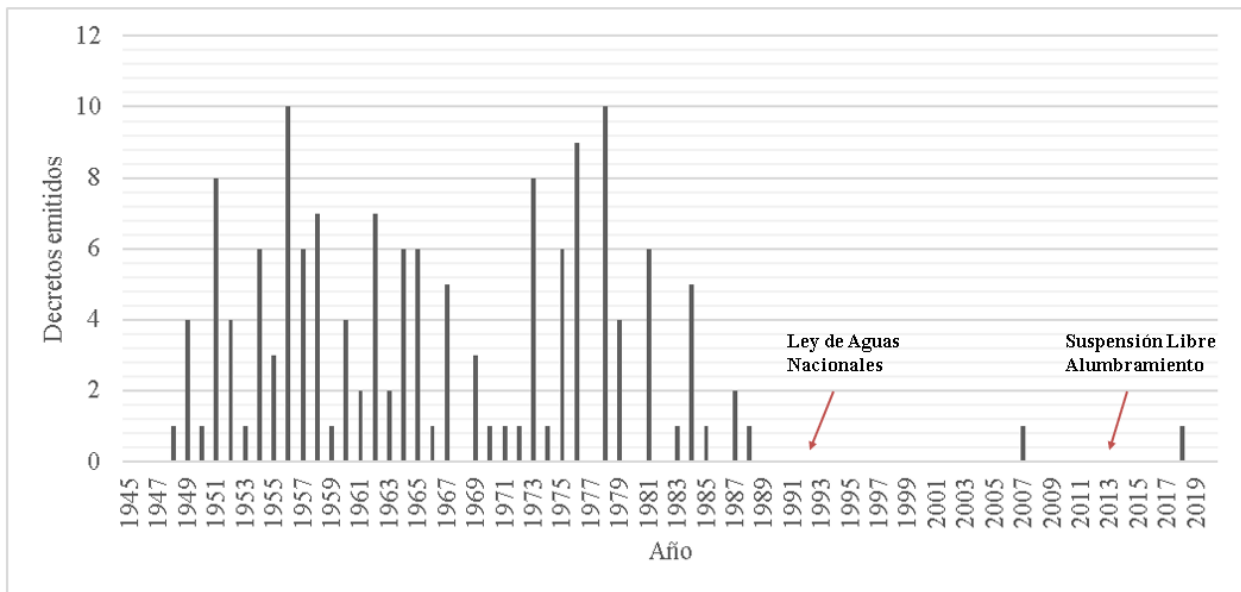
emitida en 2018 para el acuífero San Luis Potosí en la entidad federativa con el mismo nombre (Comisión Nacional del Agua, 2021). La figura 7 expone el número de decretos de veda emitidos por año. La mayoría fue emitida entre inicios de la década de los cincuenta y finales de la década de los setentas, es decir, previo a la publicación de la vigente LAN. Sólo 2 decretos han sido emitidos después de la publicación de este marco legal.

Figura 6. Ordenamientos de aguas subterráneas, 2018



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2021

Figura 7. Decretos de veda emitidos por año



Fuente: Elaboración propia con información de la Comisión Nacional del Agua, 2021

Suspensión de Libre Alumbramiento

Aunado a las vedas como un tipo de ordenamiento jurídico de AS y a pesar a las disposiciones contenidas en el marco jurídico mexicano para alcanzar la sustentabilidad hídrica, la libre extracción (alumbramiento) de las AS implicó un importante reto para el ordenamiento y modernización de la gestión de AS impulsada por CONAGUA.

Formalmente, el libre alumbramiento hace alusión a extracción de aguas nacionales para cualquier uso sin la necesidad de un permiso o autorización por parte de la autoridad en aquellos territorios en los que no hay algún ordenamiento de AS. Para 2013, alrededor del 45% del territorio mexicano se encontraba bajo libre alumbramiento, lo cual complicó aún más las acciones de la CONAGUA por llevar un control y registro de las extracciones de AS (Comisión Nacional del Agua, n.d.-a).

En abril de 2013, de acuerdo con CONAGUA, el Gobierno Federal suspendió el libre alumbramiento con el propósito de fundar el punto de partida para el establecimiento de los ordenamientos jurídicos – entre ellos, las vedas – cuando la situación hídrica sustentada en evidencia así lo demandara. Esta decisión fue tan importante porque implica la transición del territorio mexicano a un sistema de permisos de extracción en aquellos acuíferos en los que

antes no era obligatorio notificar a las autoridades sobre las extracciones de AS (Comisión Nacional del Agua, n.d.-a).

De entre los beneficios identificados por esta acción se encontraba la seguridad por derechos de uso al exigir que los usuarios ya establecidos en las zonas de libre alumbramiento solicitaran su concesión que amparara la extracción de AS y la formulación de bases técnicas que funja de orientación para evitar la sobreexplotación de acuíferos (Comisión Nacional del Agua, n.d.-a).

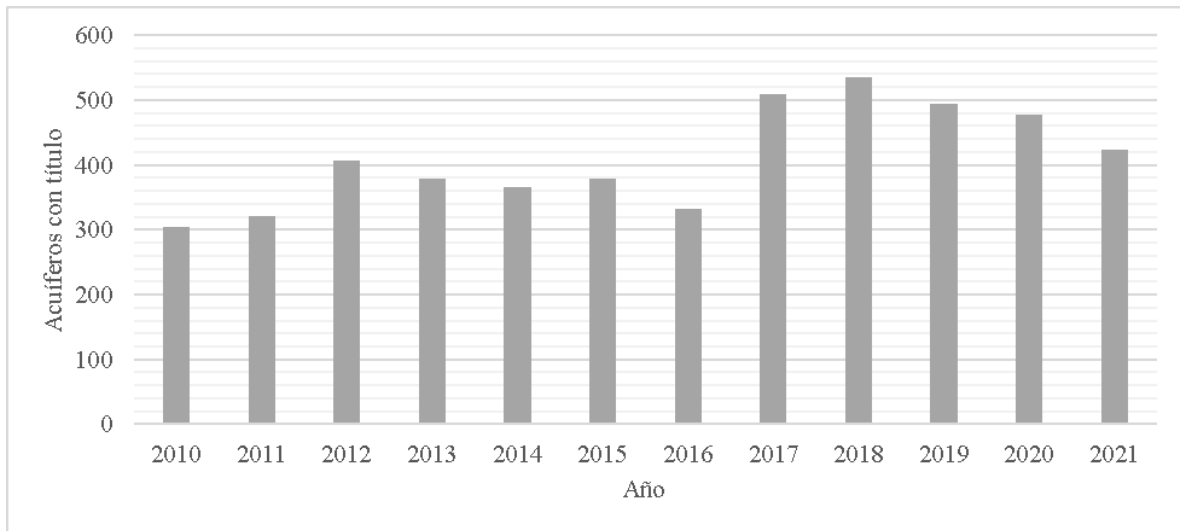
La SLA establece que en las zonas en el que no haya un régimen de veda, reglamento o reserva, se puede seguir disponiendo del agua subterránea siempre y cuando haya disponibilidad media anual en el acuífero en cuestión – el cual se revisará y publicará al menos cada tres años (artículo 22, LAN) – y se solicite ante la autoridad los respectivos permisos de extracción.

Panorama general de los ordenamientos de aguas subterráneas

La figura 8 expone la cantidad de acuíferos que inscribieron títulos en el periodo 2010-2021 ante el REPDA. Como puede apreciarse, no hay una tendencia clara que indique por lo menos un aumento en el registro de extracciones ante el REPDA, ni siquiera en 2013, año en que se decretó la SLA y que, en concordancia con los acuerdos publicados en el DOF,⁵ debería tener efecto. Por su parte, la figura 9 tampoco establece una tendencia clara con respecto a la inscripción de nuevos títulos en México como se hubiese esperado en comparación a los años previos al decreto de SLA. La dinámica de inscripción de títulos en general, según estas figuras, parecen no indicar un patrón definido generalizable a nivel nacional.

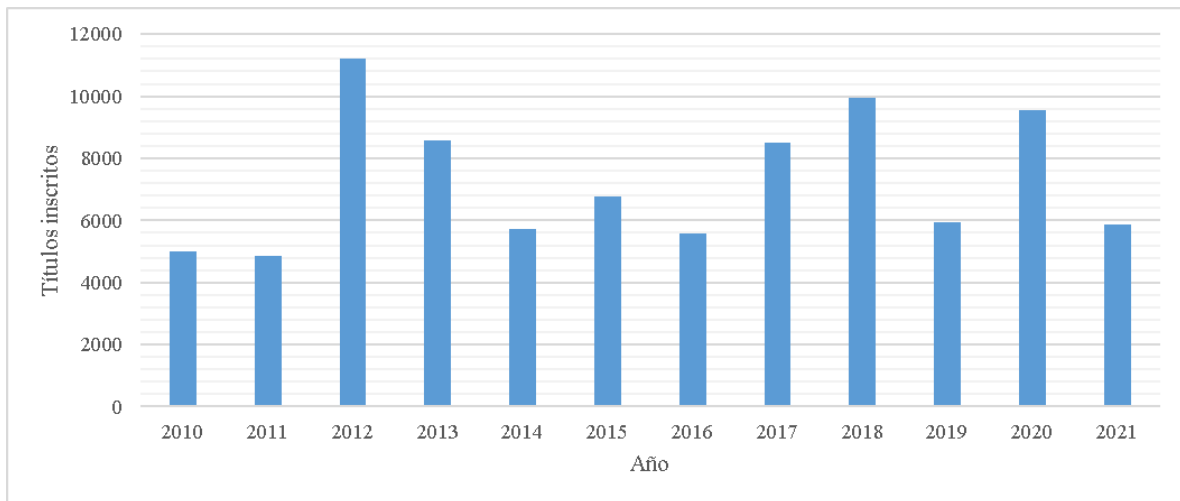
⁵ En total son 8 acuerdos generales. Para el estudio se dio revisión a 3 acuerdos dado que, salvo los acuíferos indicados, el contenido es el mismo (ver anexo 1).

Figura 8. Acuíferos con concesiones de extracción de AS inscritas ante el REPDA (2010-2021)



Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA

Figura 9. Inscripción de títulos en el REPDA (2010-2021)

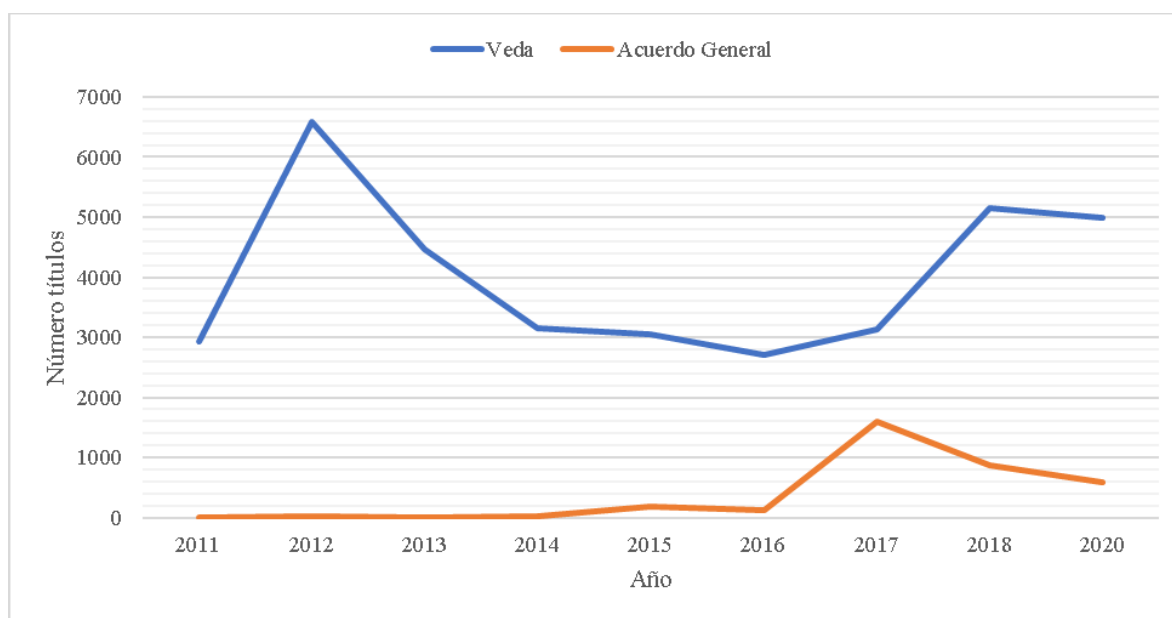


Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA

Con respecto a la inscripción de títulos en los acuíferos vedados y bajo acuerdo general de SLA, la figura 10 expone que ha habido inscripciones en ambos casos para el periodo de estudio 2011-2020 (excluido el 2019, por disponibilidad de información). Similar a lo expuestos por las figuras 8 y 9, los acuíferos bajo acuerdo general de SLA no presentan un aumento importante en la inscripción de títulos sino hasta el 2016. A su vez, la figura 10 indica que existe una

cantidad importante de títulos inscritos que corresponden a los acuíferos vedados en comparación con los que están sometidos únicamente al SLA. Esto se debe, entre otros factores, a que el territorio bajo veda es mayor al sometido por la SLA (ver figura 6), diferencia que se agrava cuando se realiza la conversión a nivel acuífero (137 acuíferos bajo SLA contra 348 acuíferos bajo veda para el año 2018, de acuerdo con datos de CONAGUA (2021) publicados en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)).

Figura 10. Títulos de extracción inscritos en el REPDA



Fuente: elaboración propia con datos del REPDA y el SINA

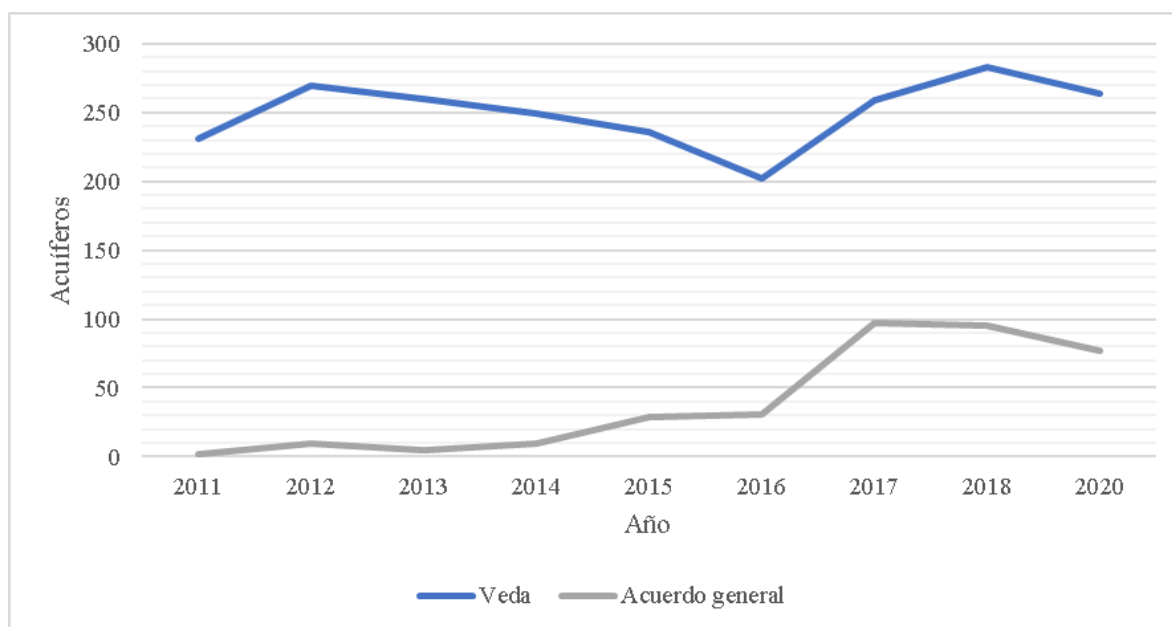
Salvo por el vertiginoso aumento de inscripción para los acuíferos vedados de 2011 a 2012, la figura 10 revela en general una tendencia cuasi paralela del comportamiento de los acuíferos vedados y bajo SLA dentro del periodo 2011-2020.

Hay inscripciones de títulos de extracción dentro del periodo de estudio en ciertos acuíferos vedados, lo que quiere decir que se están autorizando extracciones pese a lo que el ordenamiento estrictamente establece que ya no se permitirán extracciones adicionales a las previamente establecidas legalmente. Si bien estos pueden tratarse de títulos previos que se están renovando o transmitiendo entre usuarios temporal o permanentemente – acción que las vedas permiten y que es señalado por autores como Escolero y Oscar (2006)– en el REPDA no hay manera de

diferenciar entre los existentes y los de nueva emisión (suponiendo que existen para el caso de las vedas).⁶

La figura 11 expone la cantidad de acuíferos por tipo de ordenamiento que inscribieron títulos en el REPDA en el periodo de estudio. El total de acuíferos bajo veda no supera los 300 acuíferos mientras que aquellos bajo acuerdo general de SLA apenas alcanza a llegar a los 100 acuíferos, de acuerdo con datos del REPDA y del SINA. Esto confirma que, a pesar del ordenamiento, las inscripciones continúan realizándose sin una diferencia clara o una explicación, a nivel acuífero, del efecto que las vedas tienen en realidad con respecto a las extracciones permitidas de AS.

Figura 11. Cantidad de acuíferos que inscribieron títulos ante el REPDA por tipo de ordenamiento



Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA y el SINA

La figura 11 expone un comportamiento paralelo entre los acuíferos vedados y bajo SLA que inscriben permisos de extracción de AS. Pese a no graficar específicamente las extracciones autorizadas, las tendencias paralelas de la figura 11 revelan en conjunto con lo presentado por la figura 10 que no varía mucho el comportamiento de inscripción de títulos entre los acuíferos bajo SLA y vedados. Esta evidencia y lo expuesto de las vedas y la SLA en la presente sección

⁶ Esta observación derivó de conversaciones telefónicas con autoridades de CONAGUA.

se retomarán más adelante en el apartado ‘Diseño de investigación’ para sustentar el análisis efectuado.

Regulación de aguas subterráneas mexicanas en la práctica

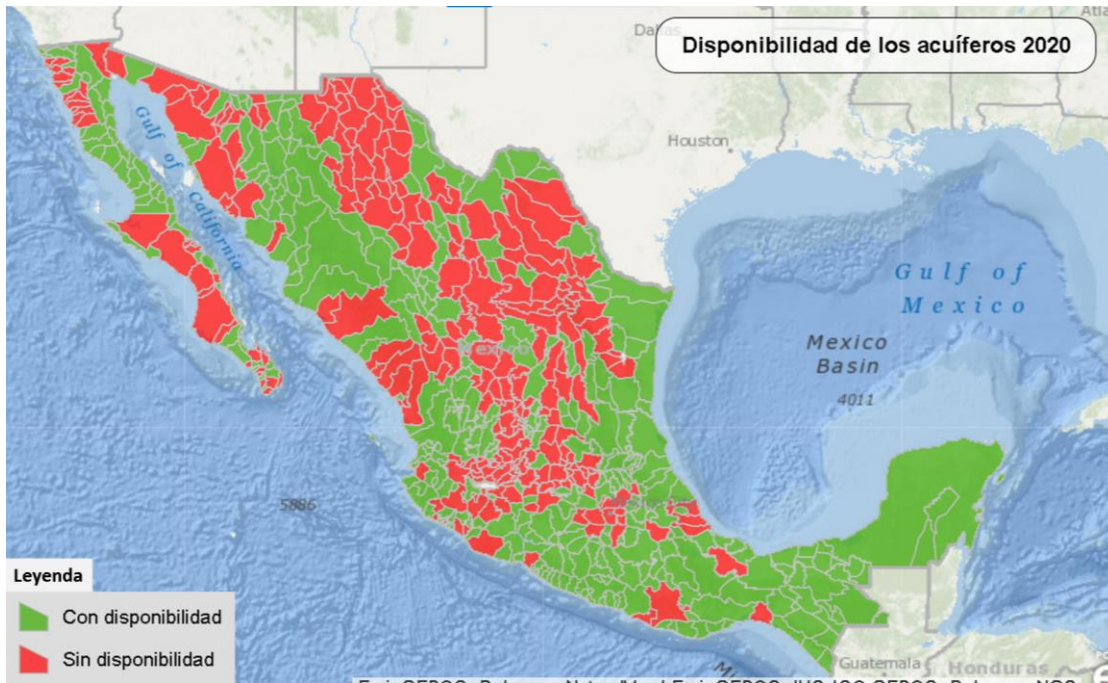
Situación actual de los acuíferos mexicanos

A pesar de la relevancia de las AS en México y el marco de gestión vigente, el estado actual de los acuíferos denota una realidad preocupante en términos de disponibilidad de agua subterránea, principalmente. De acuerdo con el DOF 17/09/20, alrededor de 275 acuíferos no cuentan con disponibilidad de recursos hídricos (figura 12), lo que implica que cerca del 42% de los acuíferos de México presentan algún grado de sobreexplotación. De acuerdo con datos del SINA⁷ publicados por CONAGUA, para el 2018 eran 245 acuíferos los que no contaban con disponibilidad mientras que para el 2015 el total de acuíferos sin disponibilidad era de 205 (Comisión Nacional del Agua, 2021). Con base en esto, en alrededor de un lustro un total de 70 acuíferos se sumaron a la lista de acuíferos en el que se extrae más agua de la que se alcanza a recargar.

Para el caso de la sobreexplotación – definida por el SINA como una relación extracción real y recarga de acuífero sostenida igual o mayor a 1.1 que repercute negativamente en estos (*Sistema Nacional de Información Del Agua (SINA) Módulo de Metadatos Geográficos SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS ESPECIALES O PRODUCTO*, n.d.) – de los 653 acuíferos, 157 padecieron para el año 2020 de sobreexplotación (figura 13). Para el año 2018, el número de acuíferos sobreexplotados era de 115 mientras que para el 2015 esta cifra fue de 105. En cinco años, el número de acuíferos sobreexplotados aumentó en más de 50, de acuerdo con datos disponibles en el SINA.

⁷ Las cifras de disponibilidad contenidas en el SINA provienen de los acuerdos generales que actualizan la disponibilidad media anual de los 653 acuíferos mexicanos.

Figura 12. Disponibilidad de acuíferos, 2020



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2021

Figura 13. Condición de los acuíferos



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2021

Críticas a la gestión mexicana de AS

Como estudio de caso, en la literatura hay un consenso de que, en México, además de la evidente situación hídrica, la gestión de AS no ha conseguido la sustentabilidad hídrica por lo menos en tema de aguas del subsuelo. Autores como Nava & Medrano (2019) critican el rol centralizado del Gobierno Federal dentro la gestión como un desperfecto que lleva a la sobreexplotación de AS. En su artículo, estos autores estipulan que, a pesar de que las vedas tienen como objetivos la sustentabilidad hidrológica y mitigar la pérdida de disponibilidad, “la lógica del rol gubernamental de gestión y reglamentación de las aguas subterráneas, centralizada y autoritaria, ha resultado en una profundización del deterioro del recurso” (Nava & Medrano Pérez, 2019, p. 6).

Otras líneas de investigación en materia de gobernanza de AS están enfocadas en las malas prácticas por usuarios (especialmente en el sector agrícola); artículos que abogan por una gestión enfocada más en el lado de la eficiencia en lugar de la oferta (Carrera-Hernández, 2018, p. 12); falta de enfoques basados en el consenso social sobre el uso de los acuíferos (Moreno Vázquez et al., 2010, p. 79); irregularidades como la falta de monitoreo y control e inconsistencia con los datos de los acuíferos y registros de los permisos de extracción (Carrera-Hernández, 2018, p. 12; Cital et al., 2021, p. 203; Moreno Vázquez et al., 2010, p. 98); la relación desequilibrada y desproporcional entre asentamientos humanos, actividades económicas y disponibilidad de recursos hídricos subterráneos (Carrera-Hernández, 2018, p. 1; Nava & Medrano Pérez, 2019, p. 2) y; el efecto de otras políticas – subsidios al sector agrícola y a la electricidad utilizada principalmente para el bombeo – en el uso del agua (Ávila et al., 2005).

Diagnóstico de las vedas

Con relación a las vedas, las críticas han suscitado discusiones en el que se plantea la efectividad de estas en términos de recursos hídricos. Tanto por medio de estudios de caso o por análisis de la gobernanza de AS en la práctica, la mayoría de los autores concuerda en que, como intervención regulatoria, no han sido suficientes para constreñir la sobreexplotación ya sea por falta de reglamentos para el funcionamiento o la imposición injustificada y poco realista, entre otros. (Escolero & Oscar, 2006, p. 154).

Por un lado, existe el argumento de que las vedas son una medida que refuerza la visión centralizada de gestión de AS (Nava & Medrano Pérez, 2019), lo cual se relaciona con su incompatibilidad con las condiciones de explotación de los acuíferos (Moreno Vázquez et al., 2010, p. 82) y, en consecuencia, al incumplimiento con este ordenamiento por la creciente demanda de AS (Wolfe, 2014). Otros trabajos como el de Cita et al. (2021) han resaltado la falta de conocimiento sobre los usos que sustentan las estrategias de gestión – lo cual ha llevado al establecimiento de vedas sin conocimiento de los sistemas de acuíferos y restricciones injustificadas o poco realistas (Escolero & Oscar, 2006, p. 156) – y la falta de capacidad técnica y financiera para implementar este tipo de ordenamientos, principalmente el monitoreo y control de que las vedas se estén acatando. Esto último, argumentan Ibarra-García & Talledo-Sánchez (2020), lleva a pozos informales que no cuentan con registro oficial, lo que termina por contribuir a la falta de información con respecto a cuánta agua se extrae realmente.

Los estudios más ambiciosos quizá en este tema son los enfocados en entender las causas que llevaron al establecimiento de vedas. Ibarra-García & Talledo-Sánchez (2020) señalan la incongruencia entre las vedas en determinados acuíferos y actividades que se siguen llevando a cabo pese al ordenamiento. De acuerdo con su estudio, en los acuíferos vedados “casi siempre salen beneficiadas grandes empresas en detrimento de otros usuarios de agua” (Ibarra-García & Talledo-Sánchez, 2020, p. 37), lo que sugiere un impulso económico que demanda una cantidad importante de agua subterránea pese a la existencia de veda y el medio idóneo para salvaguardar prestigios políticos, inclusive (Rangel & Sánchez, 2018, p. 183).

A pesar de la discusión académica, hay casos como el del estado de Aguascalientes y los acuíferos El Hundido y San Luis Potosí (ver anexo 2) en los que las vedas, pese al tiempo que llevan vigentes, no han sido capaces de revertir la situación de desgaste de los acuíferos. Otros casos, sin embargo, presumen una aparente recuperación de AS como lo es el de Yucatán, en el que a la fecha no presenta cifras negativas de disponibilidad media anual del recurso, pero el cual no se tiene certeza de que esto se deba al ordenamiento de veda. Cada uno de estos y el resto de casos de veda pueden ofrecer material suficiente para entender particularmente qué está ocurriendo en términos de gestión de AS, sin embargo, una imagen general de la situación del desempeño de las vedas parece ser necesario para entender el carácter global de esta intervención en términos de extracción.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN (ANÁLISIS EMPÍRICO)

Con base en lo revisado hasta ahora, la premisa a examinar en la presente tesina es si las vedas disminuyen las extracciones permitidas de AS en comparación con los acuíferos bajo SLA.⁸ La presente sección analiza empíricamente esta relación para responder a la pregunta de investigación planteada al inicio del trabajo: ¿Cómo afectan las vedas a la extracción permitida de agua subterránea bajo el contexto de Suspensión de Libre Alumbramiento en México?

Metodología

Modelo de diferencias en diferencias

Al ser un decreto federal, la SLA funge como un evento fortuito que genera una asignación cuasi aleatoria que afecta a los acuíferos bajo libre alumbramiento – es decir, aquellos sin ningún ordenamiento de AS. Sin embargo, los acuíferos vedados – y bajo cualquier otro ordenamiento – no se ven perjudicados por este decreto según las definiciones de veda y SLA abordados en secciones anteriores. Por tanto, las vedas pueden emplearse como ‘grupo control’ y los acuíferos que pasaron de libre alumbramiento al acuerdo general de SLA a partir del 2013 como ‘grupo tratado’, lo cual genera las condiciones necesarias para determinar el efecto de las vedas con respecto al SLA.

De acuerdo con lo previo y dada la disponibilidad de datos para un análisis panel, se puede estimar el efecto deseado eliminando las diferencias preexistentes entre ambos grupos de acuíferos. De mismo modo, las definiciones de veda y SLA presentadas en el apartado ‘Regulación de las AS en México: vedas y suspensión de libre alumbramiento’ y la situación ilustrada en las figuras 10 y 11 fungen como sustento del supuesto de tendencias paralelas entre ambos grupos, es decir, que el decreto de SLA no modifica la tendencia de extracción permitida como dinámica diferenciada entre las vedas y la SLA.

⁸ Un estudio más ambicioso optaría por convertir esta afirmación en una hipótesis.

Con base en lo anterior, el modelo pertinente para medir el efecto derivado de la interacción entre la SLA y las vedas en la extracción autorizada de agua subterránea es el modelo de diferencias en diferencias.⁹

Variables dependientes e independiente

Con base en la revisión de literatura, este tipo de aproximaciones empíricas no han tenido lugar en el tema de gestión de AS para el caso mexicano, lo cual dificulta el planteamiento de las variables dependiente e independiente a falta de referencia académica.

Para el caso de la variable dependiente, la cual mide la ‘extracción permitida’ de aguas del subsuelo – entendida como la extracción que la autoridad concede y, en consecuencia, de la cual se tiene registro –, se propusieron las siguientes variables dependientes:

$\ln(vol_sub_{it})$	Logaritmo natural del volumen (m^3) de agua subterránea extraída permitida en acuífero i en año t (\ln_vol_sub).
n_titulo_{it}	Número de títulos inscritos en acuífero i en el año t (n_titulo).

En adelante, se hará alusión al modelo (1) al que tiene como variable dependiente $\log(vol_sub_{it})$ y al modelo (2) cuya variable dependiente es n_titulo_{it} . La variable dependiente del modelo (1) se refiere a los volúmenes indicados en los títulos de extracción emitidos por la autoridad, de ahí el énfasis en ‘extracción permitida’. La relevancia de ambas aproximaciones deriva en que miden la dinámica burocrática para autorizar o no extracciones, lo cual haría ver, teóricamente hablando, la respuesta de la autoridad para conceder dichos derechos de uso según el ordenamiento de AS vigente para un acuífero específico.

⁹ Las críticas académicas hacia los modelos de diferencias en diferencias como las encontradas en Bertrand et al. (2004), Kahn-Lang & Lang (2019) y Ferman & Pinto (2016) fueron contempladas cuidadosamente en el presente estudio para la estrategia empírica, por lo que los resultados y el ejercicio empírico, si bien parecen respetar los criterios para la adopción del modelo, deben tomarse con la debida precaución.

Para las variables independientes, se fijó una variable binaria, *SLA*, igual a 1 que indica el periodo en el cual la SLA comienza a tener efecto (a partir del 2013, año en que la reforma se emitió) e igual a cero en caso contrario. En cuanto a las vedas, se fijó una variable categórica que abarca todos los ordenamientos de AS a nivel acuífero. Esta variable deriva en 8 variables binarias que cada una indica un tipo de ordenamiento (entre ellos, la veda). Los ordenamientos – y las vedas – toman como base el ‘Acuerdo general’, es decir, el caso en el que no hay ningún ordenamiento regulatorio presente en el acuífero salvo el libre alumbramiento (antes del 2013) o la SLA (del 2013 en adelante).

Las vedas son la variable de interés entre los ordenamientos (igual a 1 si se trata de una veda, 0 en el caso contrario). Esto puede contradecir la lógica del modelo de diferencias en diferencias, pues los acuíferos bajo SLA, al ser los afectados por el decreto en 2013, en teoría fungen como el grupo de tratamiento. Sin embargo, el cambio de base para determinar el efecto de las vedas no implica mayores cambios fuera de la dirección o signo en las estimaciones, como se verá más adelante.

Estrategia empírica

Con las variables definidas, el modelo por mínimos cuadrados ordinarios a estimar fue el siguiente:

Ecuación 1. Modelo de diferencias en diferencias a estimar

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 veda_{it} + \beta_2 SLA + \beta_3 (SLA * veda_{it}) + \sum_{j=4}^k \beta_j z_j + \varepsilon_{it}$$

Donde:

y_{it}	VARIABLES dependientes para la ‘extracción permitida’ de acuífero i en año t .
α_i	Efecto fijo de acuífero i .
γ_t	Efecto fijo de año t .

$veda_{it}$	Veda en acuífero i en el año t igual a 1 si ordenamiento es veda, 0 en otro caso.
SLA	Suspensión del Libre Alumbramiento igual a 1 si $t \geq 2013$ y 0 si $t < 2013$.
z	Variables control.
ε_{it}	Término de error.

Los efectos fijos cubren tanto los efectos temporales como territoriales no observables y constantes a lo largo del periodo estudiado. Por el lado del tiempo, se controlan los efectos de cada año de dicho periodo mientras que los territoriales controlan por las características relativas a los acuíferos que podrían determinar diferencias en la extracción permitida a lo largo del país (Arreguín-Cortés et al., 2020; Nava & Medrano Pérez, 2019).

El modelo está basado en Bernal y Peña (2011) quienes sugieren utilizar el modelo de diferencias en diferencias de corte transversal repetidos para experimentos cuasi aleatorios. Como las autoras lo manifiestan, el coeficiente de interés es β_3 de la ecuación 1 porque mide el efecto conjunto de la variable de tratamiento – en este caso, el ordenamiento al que el acuífero se encuentra sometido (veda o acuerdo general) – y el periodo de seguimiento que, en este caso, corresponde a la SLA.¹⁰ Esto se alinea a la pregunta de investigación que busca medir precisamente el efecto de las vedas en presencia del régimen de SLA emitido en 2013 y que a la fecha en que se escribe este trabajo permanece vigente.

Como lo revela la ecuación 1, el efecto β_3 a estimar es una semielasticidad dado que la forma funcional planteada entre la variable dependiente y la interacción entre las variables independientes de interés es logaritmo–nivel. El propósito de esta propuesta reside – además de

¹⁰ La interpretación adecuada para este tipo de interacciones entre variables sería, para el caso de las vedas en presencia de la SLA (sin tomar en cuenta los efectos fijos temporales y de los acuíferos), $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3$, es decir, cuando $veda_{it} = 1$ y $SLA = 1$. β_1 puede interpretarse como el intercepto cuando hay veda en ausencia de la SLA mientras que β_2 cuando este último está presente pero no la veda. Como se contemplará más adelante, el presente estudio se enfoca en el efecto de la interacción entre estas variables (medido por β_3) sin necesariamente descartar otras posibles interpretaciones que tomen en consideración lo anteriormente planteado.

simplificar la interpretación de los resultados¹¹ – en la aplicación de la ecuación 2 para el cálculo de la semielasticidad del volumen concesionado de AS al pasar de veda al régimen de SLA a partir del 2013 manteniendo el resto de variables constante (Wooldridge, 2009, p. 233):

Ecuación 2. Cálculo de semielasticidad

$$\% \Delta \widehat{\text{vol_sub}}_{it} = 100 * (e^{\widehat{\beta}_3(\text{veda}_{it})} - 1)$$

La ecuación 2 permite encontrar la diferencia porcentual exacta entre los valores predichos de la variable dependiente del modelo (1), lo cual arrojaría una estimación más precisa de la diferencia de la extracción permitida en los acuíferos vedados y los acuíferos bajo SLA¹² *ceteris paribus*.

Otras variables

El modelo contempla variables control (tabla2) que, de acuerdo con lo revisado en las secciones previas del estudio, contribuirían a explicar la extracción permitida de AS en términos de las diferencias significativas entre los acuíferos vedados y bajo SLA (como la actividad económica y precipitación media anual). La selección se llevó a cabo por la realización de una diferencia de medias entre estos tipos de acuíferos. La tabla 3 resume las estadísticas descriptivas de las variables empleadas en los modelos.

¹¹ Otras razones del empleo de logaritmo es que se cumple que la variable dependiente es mayor a cero y que el rango del volumen permitido de extracción se estreche de tal modo que se reduzca la sensibilidad ante observaciones atípicas (Wooldridge, 2009, p. 191)

¹² Wooldridge (2009) argumenta que a medida que, en un modelo log-nivel, la variación del logaritmo de la variable dependiente es mayor, la aproximación previa a la conversión por la ecuación 2 se vuelve más inexacta (p. 190), lo cual funge como un argumento adicional al empleo de logaritmo para el presente estudio.

Tabla 2. Descripción de variables control

Variable	Descripción
<i>Efectos fijos por entidad federativa y región hidrológico-administrativa</i>	Efectos no observables e invariantes a lo largo del tiempo por entidad federativa y región hidrológico-administrativa
<i>Uso consuntivo agrupado</i>	Tipos de uso consuntivo {agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida, energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad)} – se usa de base el ‘uso agrícola’.
<i>Área de acuífero</i>	Área en km ²
<i>Precipitación media anual por entidad federativa</i>	Precipitación histórica por entidad federativa (milímetros)
<i>Disponibilidad media anual por acuífero</i>	Variable dicotómica construida a partir de la suma de la recarga total media anual, la descarga natural comprometida y la extracción de aguas subterráneas {1 si hay disponibilidad}
<i>Condición anual por acuífero (Sobreexplotación)</i>	Variable dicotómica que indica si un acuífero está sobreexplotado {1 si hay sobreexplotación}
<i>Densidad poblacional anual a nivel estado</i>	Población dividida entre área a nivel estado (habitantes por km ²)
<i>Actividad económica primaria</i>	Índice de especialización económica que mide qué tanto la entidad se dedica a las actividades primarias con respecto a la tasa de especialización del país en el mismo sector
<i>Actividad económica secundaria</i>	Índice de especialización económica que mide qué tanto la entidad se dedica a las actividades secundarias con respecto a la tasa de especialización del país en el mismo sector
<i>ln(PIB)</i>	Logaritmo natural del Producto Interno Bruto (PIB) anual a nivel estado

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de variables

Variable	Obs	Media	Dev. Est.	Mín	Max
<i>ln_vol_sub</i>	7,289	11.69225	2.326571	2.261763	19.4188
<i>n_titulo</i>	7,290	9.645267	43.31233	1	1414
<i>orden</i>	7,290	2.03594	1.554806	1	9
<i>SLA</i>	7,290	0.8034294	0.3974321	0	1
<i>ORDxSLA</i>	7,290	1.658985	1.614273	0	9
<i>Uso consuntivo agrupado</i>	7,290	2.454733	1.624495	1	5
<i>Área acuífero (km2)</i>	7,290	3739.311	9283.212	24.57	124409.1
<i>Disponibilidad</i>	7,290	0.6334705	0.4818895	0	1

<i>Sobreexplotación</i>	7,290	0.2165981	0.4119546	0	1

<i>Densidad población (hab/km²)</i>	7,290	98.80587	264.8037	9.1	6163.38
<i>Prcp (mm anuales)</i>	7,290	814.8915	454.8695	176	2410
<i>indice_prim</i>	7,290	1.696716	0.8078314	0.0112362	3.889818
<i>indice_secu</i>	7,290	1.031387	0.3196884	0.3001687	2.859265
<i>ln_pib</i>	7,290	12.87947	0.7248809	11.36247	14.95541

Fuente: Elaboración propia

Similar a los efectos fijos por acuífero, se buscó controlar por los atributos constantes a lo largo del periodo de estudio, pero no observables de las entidades federativas y las regiones hidrológico-administrativas. Esto, debido a que el uso de AS es distinto tanto territorial como regionalmente a lo largo del país.

Por el lado de las variables observables, se controló por tipo de uso consuntivo agrupado dado que las actividades económicas – y en consecuencia el uso del agua – varían entre entidades federativas y, en consecuencia, entre acuíferos. Por otro lado, el área del acuífero busca controlar por el tamaño del acuífero debido a que, se esperaría, que en los acuíferos más grandes se extraiga más agua subterránea. La lógica detrás de incluir la precipitación media anual reside, además de la diferencia hidrometeorológica entre estados, en que en las temporadas de baja precipitación se utiliza menor cantidad de agua superficial y, en consecuencia, se utiliza más el agua subterránea.

De acuerdo con la LAN y la SLA, la disponibilidad media anual determinará si es posible extraer agua del subsuelo, por lo que es de esperar que haya mayores extracciones permitidas en los acuíferos que cuenten con disponibilidad en comparación a aquellos en los que no. La lógica de esto es similar al controlar si un acuífero se encuentra sobreexplotado y si está alineado la situación de este con el tipo de ordenamiento de AS.

La densidad poblacional a nivel estado busca controlar por el tamaño demográfico al cual los acuíferos de una determinada entidad atienden, por lo que se esperaría mayores extracciones permitidas cuanto mayor sea la densidad. Las actividades económicas primarias y secundarias dictaminan qué tanto se dedica una entidad federativa a estos sectores, lo cual se esperaría que fuese distinta el agua del subsuelo extraída según la actividad económica imperante. El PIB,

finalmente, controla por el tamaño de la economía de las entidades federativas, esperando una mayor cantidad de agua extraída conforme aumente el PIB.¹³

Datos

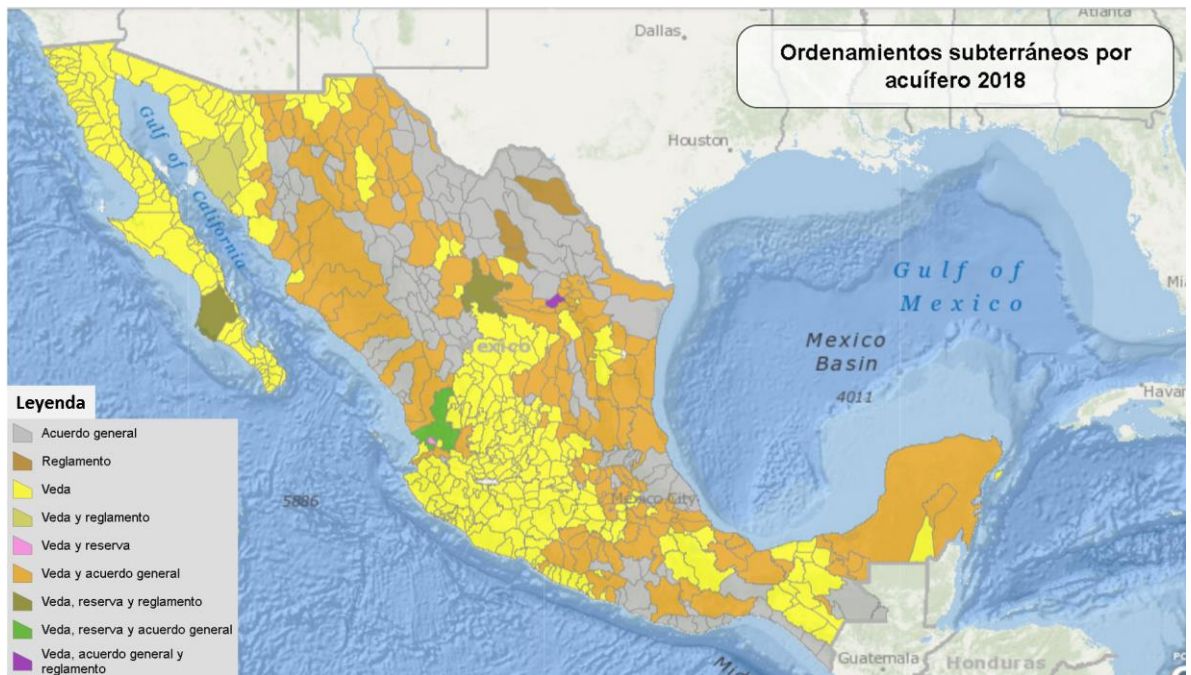
Los datos por acuífero para las variables dependientes fueron obtenidos del REPDA con fecha de corte al 31 de diciembre de 2021. La información contenida en estos registros, además del volumen de extracción en metros cúbicos, incluye el uso del agua y fecha de registro del título.

Los datos de ordenamiento, disponibilidad y condición por acuífero se descargaron del portal del SINA, el cual recopila los decretos publicados en el DOF que actualizan la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos mexicanos. Para el caso de los ordenamientos (en el que está incluida la veda), los datos obtenidos fueron a nivel acuífero.

A pesar de que los territorios vedados de acuerdo con los DOF oficiales pueden no coincidir con la delimitación actual de los acuíferos en México, CONAGUA ofrece los datos de los ordenamientos ‘traducidos’ a nivel acuífero (ver figura 14), de acuerdo con la zona que los decretos imponen como vedados y el nivel de coincidencia que esto tiene con la actual delimitación de acuíferos en México. Esto implica que hay acuíferos que aparentemente tienen más de un ordenamiento regulatorio por el tema de las limitaciones geográficas, lo cual dificultaría la interpretación del efecto en la variable dependiente. Por tanto, se depositó mayor peso con los acuíferos vedados (acuíferos en amarillo en la figura 14) y los acuíferos bajo SLA (en gris, figura 14), es decir, sin la intromisión de otro ordenamiento.

¹³ Si bien el PIB resultó ser una diferencia no significativa entre los acuíferos vedados y bajo SLA, se decidió incluir con el propósito de controlar por el tamaño de la economía a nivel estado dada la relación que pudiese guardar con la extracción de AS y en consecuencia, con la determinación del tipo de ordenamiento. Se empleó un logaritmo natural por las mismas razones detalladas en el apartado de ‘Estrategia empírica’.

Figura 14. Acuíferos por tipo de ordenamiento (2011-2020)



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2020

El periodo de análisis, como se mencionó, fue de 2011 a 2020. La razón de esta decisión reside en la disponibilidad de datos de la condición y disponibilidad de los acuíferos en esos años por parte del SINA. El año 2019 no se tomó en consideración dado que no se contaron con observaciones de disponibilidad y condición para ese año.

Para las variables control, los datos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) – para el caso de la actividad económica y densidad poblacional –, del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) – para la precipitación media anual –, y de la CONAGUA para el área de los acuíferos (ver anexo 1 para mayor descripción de la obtención de los datos).

Se contó con 7290 observaciones. De esta cifra, 4561 observaciones se encontraron bajo veda mientras que 606 se encontraron en el régimen de acuerdo general de SLA. La tabla 4 ofrece la composición de las observaciones por ordenamiento y por año.

Tabla 4. Acuíferos por tipo de ordenamiento (2011-2020)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2020	Total
Veda	432	594	512	472	447	378	513	644	569	4561
Acuerdo General de SLA	3	11	6	10	38	43	187	176	132	606
Reglamento	0	0	1	0	5	3	3	2	3	17
Veda y acuerdo general	127	220	191	172	182	165	283	292	272	1904
Veda y reglamento	8	9	6	5	7	4	6	8	10	63
Veda y reserva	4	3	2	3	4	3	1	1	3	24
Veda, acuerdo general y reglamento	1	4	4	1	2	2	2	3	4	23
Veda, reserva y acuerdo general	4	5	6	5	6	6	4	3	7	46
Veda, reserva y reglamento	4	4	4	4	6	3	5	9	7	46
Total	583	850	732	672	697	607	1004	1138	1007	7290

Fuente: elaboración propia con datos del REPDA y el SINA

Consideraciones previas al análisis

Como se abordó en el apartado de la ‘Regulación de las AS en México’, los datos indican que se inscriben títulos tanto en los acuíferos vedados como en los sometidos por la SLA. Dado que no se puede distinguir entre los títulos de nueva emisión y previamente establecidos (que en esencia se puede tratar de objetos de prórroga de hasta por igual término del título inicial, de acuerdo con la LAN, o por transmisión de títulos entre usuarios), esto parece contradecir el propósito de las vedas de no permitir extracciones adicionales a las legalmente establecidas. De mismo modo, la cantidad desbalanceada entre acuíferos vedados y bajo acuerdo general puede suponer una importante limitación al momento del análisis.

Al mismo tiempo – y como será abordado en la sección de discusiones – el trabajo tiene como variable dependiente la extracción permitida de AS – el volumen que aparece en los títulos de concesión –, lo cual es distinto a la extracción real de AS, del cual no se dispuso de información. La disponibilidad de datos e información permite aproximar empíricamente la relación entre los ordenamientos y las extracciones permitidas, principalmente. Las inscripciones de extracciones

en el REPDA, sin embargo, no necesariamente reflejan las extracciones que suceden en la práctica (Cital et al., 2021; Moreno Vázquez et al., 2010), por lo que se trata de una limitación por parte de los datos que inhibe extrapolar los resultados más allá de las extracciones reportadas en el REPDA a la situación real de explotación de AS.

Con respecto a la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos, se asumió que el año de publicación del acuerdo de disponibilidad corresponde al año de inscripción de títulos de extracción de AS. Es decir, para el año t , se asumió que los títulos inscritos obedecen al acuerdo de disponibilidad media anual publicado en el DOF para ese año. Esto es correcto cuando en el año t no se publicó dicho acuerdo y en su lugar se utilizó el acuerdo publicado en los años anteriores inmediatos. Sin embargo, es cuestionable cuando se publicó en el año t y se asume que en ese mismo año se tomó en consideración para el otorgamiento de concesiones. Lo anterior, porque puede ser que la disponibilidad media anual se actualice a mediados del año t y en consecuencia sea el penúltimo acuerdo publicado el que se acate durante los meses previos a la publicación del futuro acuerdo de disponibilidad.

Con base en estas consideraciones, el análisis empírico se limitó a interpretar la dirección la dirección (signo positivo o negativo) del efecto de interés del presente estudio en lugar de la magnitud puntual, pese a también reportarse y explicarse.

RESULTADOS

La tabla 5 resume los principales resultados del análisis de regresión panel sin incluir los efectos fijos por acuífero y por año (ver anexo 3 para resultados completos).

Tabla 5. Resultados

VARIABLES	(1) <i>ln_vol_sub</i>	(2) <i>n_titulo</i>
<i>Veda</i>	-3.2882 (4.3043)	-27.2050 (38.2571)
<i>Veda y acuerdo general</i>	-3.2860 (4.2467)	-32.0635 (36.0423)
<i>SLA</i>	1.8351*** (0.5818)	9.6961*** (2.9313)
<i>Veda (SLA)</i>	-1.2743** (0.5791)	-6.7198*** (2.4846)
<i>Veda y acuerdo general (SLA)</i>	-1.3518** (0.5875)	-5.1684 (4.9855)
<i>Abastecimiento público</i>	-1.8581*** (0.0835)	-17.2227*** (1.3982)
<i>Industria autoabastecida</i>	-1.8621*** (0.0807)	-17.4477*** (1.4714)
<i>Energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad)</i>	-3.1613*** (0.5898)	-12.3135** (5.4101)
<i>Diferentes usos</i>	-1.5189*** (0.0551)	-10.7893*** (0.9718)
<i>Área acuífero</i>	-	-
<i>Precipitación media anual</i>	-0.0093** (0.0041)	-0.0686* (0.0374)
<i>Disponibilidad media anual</i>	0.9460*** (0.1208)	6.2445*** (1.1882)
<i>Sobreexplotación</i>	0.3949** (0.1693)	1.5078 (1.9083)
<i>Densidad poblacional</i>	0.0024 (0.0042)	0.0190 (0.0269)
<i>Actividad primaria</i>	0.0108 (0.2381)	2.3852 (3.1232)
<i>Actividad secundaria</i>	-0.3552 (0.7522)	6.2511 (10.1558)
<i>ln_pib</i>	1.6093* (0.8932)	15.5250 (12.2774)
<i>Constante</i>	1.8786	-120.4176

	(11.3556)	(145.5706)
Observaciones	7,289	7,290 ¹⁴
R-cuadrada	0.3809	0.4791
Efectos fijos por acuífero	SÍ	SÍ
Efectos fijos por año	SÍ	SÍ
<hr/>		
Errores estándares robustos en paréntesis		
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		

Fuente: Elaboración propia

Para el modelo (1), la SLA tiene un efecto positivo al 1% de significancia en cuanto al volumen extraído inscrito de alrededor de 183% con respecto a los acuíferos sin ningún tipo de ordenamiento. Para el efecto de la veda en ausencia de SLA se estimó una relación negativo no significativa. En cambio, para veda en presencia de SLA (medido por variable *Veda (SLA)*, ver tabla 5) se encontró un efecto negativo al 5% de significancia de 127% en la variable dependiente, en comparación con los acuíferos sin algún ordenamiento regulatorio. Utilizando este coeficiente y la ecuación 2, la diferencia porcentual exacta de las vedas en el volumen de AS concesionado en presencia de SLA es de -72.04% manteniendo el resto de variables constante.

Con respecto a la segunda regresión, se obtuvieron estimaciones significativas al 5% de significancia para los regresores de *SLA* y *Veda (SLA)*, con un efecto estimado de 10 y -7 títulos, respectivamente. Al igual que en el modelo anterior, las vedas previo al decreto de la SLA en 2013 parece no tener un efecto significativo en el número de títulos inscritos anuales a nivel acuífero.

Un aspecto interesante de acuerdo con los resultados es el hecho de que cada tipo de uso consuntivo es significativo al 5% de significancia (salvo para el uso de energía eléctrica en el segundo modelo), con un efecto negativo en sus respectivas variables dependientes en comparación al uso agrícola, el cual funge como base para cada tipo de uso reportado en la tabla 5.

¹⁴ La razón por la cual el modelo (2) emplea una observación adicional se debe a la presencia de un valor nulo que corresponde, curiosamente, a un título inscrito en el que se concesionaron 0 m³ de agua del subsuelo a un usuario. Al aplicar el logaritmo en el modelo (1), dicha cifra se tomó como nulo y en consecuencia no se incluyó en la regresión.

Otro aspecto para destacar es la significancia del 5% de significancia que la disponibilidad media anual de los acuíferos por año tiene en las variables dependientes de las regresiones, lo cual denota un efecto positivo de 94% para el primer modelo y 6 títulos para el modelo (2), sin aplicar la ecuación 2. De mismo modo, la variable *sobreexplotación* de acuíferos indica tener para el modelo (1) un efecto positivo y estadísticamente significativo al 5% de significancia. El tamaño de la economía a nivel estado, finalmente, parece tener un efecto positivo al 10% de significancia para el primer modelo.

Los resultados y la significancia obtenidos pueden deberse tanto a la selección de las variables control – por el tema de sobre controlar por fenómenos adicionales – como a la composición de las variables independientes de interés. Por tanto, se efectuaron las regresiones con una selección de variables control significativas que expliquen el que un acuífero se encuentre vedado o no, en lugar de una diferencia de medias como se había realizado para la selección de variables control para la estimación de la ecuación 1. No se agregaron controles adicionales a los expuestos en la tabla 2, sólo varió cuáles se incluyeron y cuáles no.

En cuanto a la interpretación de las variables independientes, inicialmente se asumió que la SLA tendría efectos inmediatos el mismo año en que se emitió (como está indicado en los acuerdos generales respectivos publicados en el DOF, ver anexo 1), por lo que se varió con el año de 2013 a 2014. A pesar de una diferencia en el nivel de significancia, los resultados se sostienen a grandes rasgos para las variables independientes de interés y para la mayoría de las variables control (ver anexo 3).

DISCUSIÓN

Discusión del análisis empírico

La evidencia encontrada sugiere que, en general, las vedas en el contexto de SLA reducen las extracciones permitidas de agua subterránea en México dentro del periodo de 2011 al 2018 y para el año 2020. Esto quiere decir que las vedas y la SLA, según el alcance del presente estudio, logran su cometido de reducir el agua subterránea concesionada.

Una interpretación de la magnitud de los coeficientes obtenidos sugeriría que, para el caso del modelo (1), se autoriza la extracción de 72% de metros cúbicos menos de AS con respecto a los acuíferos bajo acuerdo general de SLA. Para el caso del modelo (2), se concluye que se emiten cerca de 7 títulos de extracción menos de AS en comparación a los acuíferos bajo SLA únicamente.

Con base en los resultados obtenidos, se puede argumentar que la SLA, en ausencia de cualquier ordenamiento regulatorio, aumenta la inscripción de títulos de extracción y la cantidad de volumen extraída permitida, de acuerdo con los modelos (1) y (2). Esto puede deberse a que, previo al 2013, el estado jurídico del libre alumbramiento permitió la extracción de AS sin la necesidad de notificar a la autoridad o de contar con un permiso que sustentara dichas acciones, como se explicó en secciones pasadas. La relevancia de este hallazgo particular indica que la SLA está cumpliendo con el objetivo de aumentar el número de inscripciones ante el REPGA como respuesta al acatamiento del decreto por parte de los usuarios que optan por registrar sus extracciones de AS. La razón detrás de esto puede deberse, entre otras razones, a la mencionada seguridad jurídica que brinda el contar con un permiso que sustente las extracciones de agua.

Con respecto a las vedas, no se encontró efecto significativo alguno en ausencia de la SLA (antes del 2013), lo cual indica que puede no haber un efecto en la extracción permitida de AS. Dicho de otro modo, no hay un efecto o relación entre las extracciones autorizadas y el hecho de que un acuífero se encuentre vedado o bajo libre alumbramiento.

Un aspecto relevante del estudio fue el efecto que tiene la disponibilidad media anual de agua subterránea a nivel acuífero en las extracciones permitidas. De acuerdo con los tres modelos, esta variable aumenta la extracción permitida de AS, lo que sustenta lo estipulado en la normatividad en cuanto al otorgamiento de concesiones, el cual se sujetará a la disponibilidad

media anual del agua a nivel acuífero y que se revisará por lo menos cada tres años (artículo 22, LAN).

La aproximación de la ‘extracción permitida’ a partir del total de títulos inscritos y los volúmenes de extracción autorizados permitió entender que las vedas y la SLA en conjunto reducen la autorización de extracciones de agua subterránea en comparación a los acuíferos bajo ‘acuerdo general de SLA’. Esto puede explicarse con la definición de las vedas. Como fue mencionado en apartados pasados, el propósito de este ordenamiento es prohibir las extracciones adicionales de agua subterránea a las ya establecidas previo al decreto del ordenamiento. Esta definición no deroga las extracciones previamente realizadas al decreto de veda, lo cual puede justificar el hecho de que en los acuíferos vedados se siguen inscribiendo títulos en los años recientes.

Con base en lo anterior, la diferencia entre las extracciones autorizadas en los acuíferos vedados con respecto a los acuíferos bajo acuerdo general de SLA puede estar explicada por las extracciones adicionales que supuestamente tendrían lugar en estos últimos con respecto a los acuíferos vedados. Pese a no tener certeza de si dichas extracciones corresponden a nuevas emisiones de concesiones o no, lo abordado en este y en el párrafo anterior es objeto de discusión que puede conducir a investigaciones futuras de por qué se siguen inscribiendo títulos de extracción ante la autoridad en México a pesar de la presencia de las vedas.

Los resultados en su generalidad dan pie no sólo a discutir la relación entre las extracciones permitidas y los ordenamientos regulatorios de veda implementados en México, sino también a discutir cuál es la mejor aproximación empírica para estudiar este efecto. Como se mencionó en el apartado de las vedas y la SLA, la mayoría de los estudios del caso mexicano se enfocan a casos de estudio particulares y análisis cualitativos en la que la validez interna tiene mayor peso. El presente estudio, en contraste, optó por la validez externa desde un enfoque cuantitativo. Los modelos en cuestión propuestos, así como las variables dependiente e independiente utilizadas, es el aporte que la presente tesina brinda a la discusión empírica de las vedas en México y las discusiones sobre regulación y gestión de AS en general para el caso mexicano, mismo que puede profundizarse con mayor investigación futura.

Discusión teórica

El panorama teórico junto con la evidencia de la presente tesina permite discutir con respecto a los derechos de uso, mismos que, siguiendo el marco desarrollado por Kemper (2003), constituyen uno de los principales instrumentos de gestión de AS. Dentro del marco teórico planteado, los derechos de uso (traducidos a permisos) son una herramienta que permite monitorear y controlar la extracción de AS para abatir el desgaste de este recurso derivado de la sobreexplotación de los acuíferos. La relación encontrada entre la extracción autorizada de AS y las vedas en el contexto de SLA parece indicar que el sistema de títulos en México obedece a los ordenamientos regulatorios.

Bajo el supuesto de que el agua extraída real es la misma a la autorizada por la autoridad en México (supuesto considerablemente fuerte), el REPDA, como sistema de derechos de agua (subterránea y superficial) en México, cumple con el propósito de fungir como registro del agua extraída y de limitar la entrada de nuevos usuarios para la explotación del recurso común (las aguas del subsuelo). Esto, teóricamente, es lo que busca agudizar la SLA desde el 2013: registrar las extracciones en el REPDA y emitir nuevos permisos de extracción en función de la disponibilidad media anual de los acuíferos – la evidencia indica mayor extracción permitida cuando el acuífero presenta disponibilidad – y el ordenamiento regulatorio aplicable (por ejemplo, las vedas), principalmente.

Con respecto a las vedas, como se discutió en secciones pasadas, es de mencionar que para inhibir las nuevas extracciones se transita del régimen libre alumbramiento (actualmente suspendido) a un sistema de supervisión de extracción de AS por medio de permisos. Se habla de una medida jurídica de mediados del siglo XX que funge como ejemplo de un instrumento de comando y control con base en el conocimiento y registro de ‘quién’ extrae ‘qué’, lo cual hasta hace poco menos de una década se está implementando para los escenarios en los que el libre alumbramiento aún tenía lugar por medio de la SLA. Por tanto, la importancia que tienen estos tipos de intervenciones constituye en cierto modo un pilar importante en la gestión de las aguas del subsuelo en México.¹⁵

¹⁵ Esta discusión se llevó a cabo con la Jefatura de Proyecto de Evaluación y Manejo de Aguas Subterráneas de la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA vía teléfono.

A pesar de la relevancia que tiene un sistema de permisos para evitar el libre acceso de los bienes comunes – la ‘Tragedia de los comunes’ –, es importante hacer hincapié en las críticas emitidas a dicho sistema desde la academia. Como se abordó antes, es un fuerte supuesto el que el agua extraída real es la misma a la registrada o autorizada. Los costos de monitoreo y control son bastante altos en términos técnicos y financieros, principalmente, según lo abordado en el apartado teórico (Kemper, 2003; Molle et al, 2018). Por el lado de los costos ex ante, la asignación de derechos de uso presupone contar con los estudios de la situación de las AS mientras que, en cuanto a los costos ex post, se encuentra lo relacionado al monitoreo y control, el refuerzo de las medidas regulatorias y la actualización de la información (Kemper, 2003). La falta de capacidad y voluntad política por asumir estos costos (sin mencionar los costos políticos) generalmente degrada la exigibilidad del marco regulatorio de las AS, lo que puede llevar, entre otras consecuencias, a una brecha importante entre las extracciones reales de agua y las que la autoridad al final registra.

El caso de México no es una excepción a estas críticas. Si bien la evidencia empírica presentada sugiere que las vedas y la SLA podrían tener un efecto relevante en las extracciones permitidas, esto puede no tener un efecto real en la situación general de los recursos hídricos subterráneos. Moreno Vázquez et al. (2010) señalan, por un lado, que en el REPDA existen fuertes “discrepancias con respecto al número de aprovechamientos, volúmenes de extracción y de déficit” (Moreno Vázquez et al., 2010, 97). Cita et al. (2021), por su parte, contribuyen a esta importante crítica al identificar que la información contenida en el REPDA no está corroborada con mediciones de extracción de AS.

La falta de un sistema de registro sólido, las críticas hacia las vedas (abordadas en secciones previas) y la falta de capacidad financiera y técnica para el refuerzo de las regulaciones (Cital et al., 2021, p. 204) por parte de la autoridad son importantes síntomas del estado de la gestión de AS en México. Si bien la SLA busca mitigar el problema por el lado del registro de extracciones – efecto que, de acuerdo con la evidencia, puede estarse concretando – no existe evidencia suficiente por parte del presente estudio para justificar un efecto o impacto importante en la regulación y gestión de las AS mexicanas en general. Se requiere mayor investigación para estudiar el efecto de la SLA y los ordenamientos regulatorios de las AS en la extracción real de

este recurso, así como otros relacionados a distintas estrategias de regulación, además de las vedas y el sistema de licencias.

Implicaciones de política pública

Muchos autores sugieren que para el caso mexicano el problema subyace en el apartado de implementación del marco normativo. Este último, se encuentra bien establecido, sin embargo, es el papel de la burocracia la insuficiente para restringir las extracciones no autorizadas de AS (Hoogesteger & Wester, 2017, p. 109). Por tanto y en alineación con el apartado anterior, es urgente concretar la implementación dictada en papel a la práctica.

La principal implicación para la agenda hídrica sería reforzar el sistema de licencias impulsada por el SLA desde el 2013. Esto conllevaría a la reducción de la brecha entre las extracciones autorizadas y reales, lo que supone cierta legitimidad de la autoridad en cuanto a la regulación ante los usuarios y, principalmente, a una gestión lo suficientemente preparada en el ámbito técnico. La SLA busca precisamente abordar los costos y retos ex ante de la regulación, específicamente en el apartado del conocimiento y la información a partir de la cual se determinará el ordenamiento regulatorio pertinente, según el caso a tratar. Por tanto, independientemente del instrumento regulatorio a adoptar, es imperativa la implementación y mejora del sistema de permisos y licencias en México a nivel federal como un primer paso para la regulación.

Es de igual modo importante continuar con la generación de conocimiento con respecto al estado actual de los acuíferos mexicanos. Si bien la ley estipula que cada cierto periodo debe actualizarse la disponibilidad media anual de los acuíferos, la información empleada para construir los indicadores debe estar lo más actualizada posible, principalmente por el lado de las extracciones estimadas de AS (tanto registrada como incluso la no registrada en el REPDA). Esto último, precisamente, se abordaría con la recomendación de continuar impulsando lo dictado por el decreto de SLA y la legitimidad de la autoridad para registrar, monitorear y controlar las extracciones de AS.

Es de constatar que lo anterior no recomienda necesariamente continuar con la configuración actual del marco de gestión de AS. Entre las principales críticas emitidas hacia la gestión mexicana de estas aguas se encuentra la concentración de facultades por parte de CONAGUA

y, en general, la óptica centralizada de gestión en México. Dado que la discusión en cuanto a la composición organizacional de la gestión de AS en México queda fuera del alcance de la presente tesina, esta se limita a reconocer que, en orden de implementar lo enunciado en párrafos anteriores, puede ser necesario reconfigurar la gestión mexicana de AS. De igual modo, el presente estudio no discrimina otras políticas que pudiesen proteger los acuíferos mexicanos y que no necesariamente estén ligados a la administración de estos, a pesar de que sea este el enfoque principal de la tesina.

Limitaciones del estudio

La principal limitación identificada en el estudio proviene de los datos empleados para la variable dependiente. El trabajo buscó explicar la ‘extracción permitida’ por medio de las vedas y la SLA. Como se mencionó en el apartado metodológico, los datos para la variable dependiente fueron obtenidos del REPDA, mismo que de acuerdo con la literatura revisada, padece de desperfectos que potencialmente podrían vulnerar la precisión del agua subterránea concesionada. Esto por supuesto tiene importantes limitaciones en la estimación de las magnitudes para los modelos (1) y (2), como se revisó en la discusión del análisis empírico, por lo que mayor investigación se requiere para estimar el efecto puntual de las vedas con respecto a la SLA en la práctica, ya sea con la óptica del presente estudio o con una alternativa.

Para el estudio, en segundo lugar, se asumió que la SLA fue acatada a partir del 2013 uniformemente a lo largo de la República Mexicana. Sin embargo, como es el caso de la regulación de AS en México, lo contenido en papel no necesariamente conlleva una implementación en la práctica, precisamente por las dificultades técnicas antes enunciadas y la dificultad de definir los derechos de uso (Hoogesteger & Wester, 2017, p. 119; Kemper, 2003, p. 135). Se requiere entonces de mayores investigaciones para determinar si verdaderamente se llevó un registro de las extracciones de AS en México tras el decreto de SLA y por qué, pues si bien pareciese que hay acuíferos (vedados y no vedados) que hasta la fecha continúan inscribiendo títulos de concesión, hay otros que dejaron de inscribir nuevos permisos desde hace algunos años.

Similar a lo anterior, es importante entender cómo se estaría llevando a cabo la implementación de la SLA y las vedas en la práctica. El estudio, pese a las limitaciones presentadas en cuanto a

la medición de la variable independiente, parte de la información disponible para ofrecer una óptica generalizada de la regulación de extracción de AS en México, sin embargo, poco dice sobre cómo se ejecuta este último en la práctica. ¿Cómo se está llevando a cabo la SLA y cuál es el mecanismo que al final se traduce en mayor registro de extracciones? ¿Cuál es la relación entre usuarios y autoridades en una zona de veda? Estas y otras preguntas son ventanas de oportunidad que podrían ampliar la presente investigación.

Por otro lado, se procuró incluir la mayor cantidad de variables explicativas (además de los ordenamientos regulatorios y la SLA) para reducir los potenciales sesgos en las estimaciones. Se previó controlar principalmente por los componentes económicos, lo cual redujo considerablemente el efecto que otros aspectos igual de importantes pudiesen tener en la variable dependiente. Por ejemplo, para el eje ambiental sólo se contempló la precipitación media anual a nivel de entidad federativa, la disponibilidad media anual de los acuíferos – para su cálculo, se contempla la recarga y descarga natural de estos – y los efectos fijos de los acuíferos – variables no observables que se mantienen constantes a lo largo del tiempo como la composición de los acuíferos. No se incluyeron, de entrada, variables más específicas como la precipitación a nivel acuífero y las sequías. Otros componentes al cual se le dio también poco peso fueron el político y al social. Si bien el marco teórico del estudio no contempló lo suficiente estos aspectos como determinantes para la extracción permitida de AS, no se excluye la idea de que puede haber una relación entre estos y la extracción permitida de AS.

Se reconoce que la literatura revisada se limitó a los postulados teóricos con respecto a la gestión y regulación de AS y su desempeño en el caso mexicano. No se revisó a profundidad mayor literatura de otros países, lo cual puede vulnerar la aproximación empírica del estudio al no encontrarse lo suficientemente alineada con las aproximaciones de otros estudios similares, en caso de haberlos.

CONCLUSIÓN

La regulación de extracción de aguas subterráneas en México ha estado determinada, entre otras intervenciones, por las zonas de veda, las cuales prohíben las futuras extracciones y supervisan las existentes por medio de un sistema de licencias y permisos, principalmente. Tras el decreto de Suspensión de Libre Alumbramiento en 2013 en los territorios libres de ordenamientos regulatorios como las vedas, se transitó en todo el país a dicho sistema de permisos con el propósito de pasar a una gestión más sostenible de los recursos hídricos subterráneos.

La presente investigación estudió desde la exploración el efecto conjunto entre las vedas y la Suspensión de Libre Alumbramiento en las extracciones autorizadas por medio de un modelo de diferencias en diferencias para el periodo 2011-2020 a nivel de acuífero en México. En concreto, se pretendió dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Cómo afectan las vedas a la extracción permitida de agua subterránea bajo el contexto de Suspensión de Libre Alumbramiento en México?

Los resultados sugieren que, a partir del 2013, las vedas parecen reducir la extracción permitida de AS con respecto a los acuíferos libres de algún ordenamiento regulatorio. Estos hallazgos sustentan los postulados teóricos a favor de la importancia de los derechos de uso en materia de gestión de bienes comunes como las aguas subterráneas, pero también están limitados sólo a la ‘extracción permitida’ de estas. Con respecto a lo último, es difícil aproximar las extracciones reales de agua por medio de la registrada en el Registro Público de Derechos de Agua, por lo que, si bien pareciese que hay un efecto en estas últimas de acuerdo con el análisis empírico exploratorio del trabajo, no se tendría necesariamente la misma relación con las extracciones reales, lo cual complejiza aún más el problema de abatimiento de acuíferos en México.

Las implicaciones de política pública de estos hallazgos están encaminadas a continuar reforzando el marco regulatorio mexicano basado en las concesiones y asignaciones de aguas subterráneas que el Registro Público de Derechos de Agua define. Esto, con el objetivo de sentar las bases suficientes para monitorear, restringir y controlar las sobre extracciones de agua subterránea por medio del ordenamiento regulatorio adecuado, según la evidencia. Sin embargo, se requiere continuar con la investigación en el tópico para encontrar más evidencias que sustenten estas recomendaciones

La presente investigación funge como un acercamiento adicional a la gestión de aguas subterráneas, específicamente en la regulación de estas. Ofrece un entendimiento contemporáneo de las vedas desde el contexto de la Suspensión de Libre Alumbramiento, cuestión que poco se ha estudiado para el caso mexicano de regulación de aguas del subsuelo. Los resultados obtenidos son apenas una perspectiva distinta de estudio para el caso mexicano, por lo que se requiere mayor investigación para determinar el desempeño de la Suspensión de Libre Alumbramiento y las vedas en conjunto, ya sea desde esta misma óptica o utilizando otra distinta, como el desempeño de los organismos reguladores a nivel de cuenca.

REFERENCIAS

- Ali, M. H. (2016). Management of Water Resources. In *Principles and Practices of Water Resources: Development and Management*. Nova Science Publishers, Inc. <https://www.ebsco.com/terms-of-use>
- Arreguín-Cortés, F. I., López-Pérez, M., & Cervantes-Jaimes, C. E. (2020). Los retos del agua en México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 11(2), 341–371. <https://doi.org/10.24850/jtyca-2020-02-10>
- Ávila, S., Muñoz-Piña, C., & Leobardo Martínez-Cruz, A. (2005). Un análisis del subsidio a la tarifa 09. *Gaceta Ecológica*, 74, 65–75.
- Bernal, R., & Peña, X. (2011). *Guía práctica para la evaluación de impacto* (Primera ed.). Bogotá: Universidad de los Andes.
- Bertrand, M., Duflo, E., & Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? *The Quarterly journal of economics*, 119(1), 249-275.
- Blomquist, W. (2020). Beneath the surface: Complexities and groundwater policy-making. *Oxford Review of Economic Policy*, 36(1), 154–170. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz033>
- Carrera-Hernández, J. J. (2018). A tale of Mexico's most exploited—and connected—watersheds: the Basin of Mexico and the Lerma-Chapala Basin. *WIREs Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1002/wat2.1247>
- Cital, F., Rivera, A., Rodríguez-Burgueño, J. E., & Ramírez-Hernández, J. (2021). A Governance Panorama of an Aquifer in a Semi-arid Region, Mexico. *Transboundary Aquifer Management*, 195–207. <https://www.researchgate.net/publication/354863127>
- Comisión Nacional del Agua. (2020). *Usos (Títulos inscritos) (nacional)*. Sistema Nacional de Información Del Agua. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosTítulos&ver=reporte&o=2&n=nacional>

Comisión Nacional del Agua. (2021). *Acuíferos (nacional)*. Obtenido de Sistema Nacional de Información del Agua: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos&ver=mapa>

Comisión Nacional del Agua. (n.d.-a). *Suspensión Provisional de Libre Alumbramiento*. Retrieved April 26, 2022, from <https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/LibreAlumbramiento.html>

Comisión Nacional del Agua. (n.d.-b). *Consulta a la base de datos del REPDA*. Retrieved August 9, 2022, from <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>

Comisión Nacional del Agua. (n.d.-c). *Sistema Nacional de Información del Agua | SINA*. Retrieved August 9, 2022, from <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). Diario Oficial de la Federación, DOF 28-05-2021 (México). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

Delgado-Serrano, M. M., & Borrego-Marin, M. M. (2020). Drivers of innovation in groundwater governance. The links between the social and the ecological systems. *Land Use Policy, 91*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104368>

Diario Oficial de la Federación (DOF) (1963, 24 de mayo). Decreto por el que se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende todo el estado de Aguascalientes.

Diario Oficial de la Federación (DOF) (1984, 20 de septiembre). Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la parte que corresponde a los límites geopolíticos del Estado de Yucatán. Disponible en: http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4688858&fecha=20/09/1984#gsc.tab=0 [7 de agosto de 2022].

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2007, 23 de abril). Decreto por el que por causas de utilidad e interés público se veda la extracción, uso, aprovechamiento y explotación de las aguas del acuífero El Hundido en el Estado de Coahuila. Disponible en:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4985645&fecha=23/04/2007#gsc.tab=0 [7 de agosto de 2022].

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2013, 5 de abril). Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294655&fecha=05/04/2013#gsc.tab=0 [27 de abril de 2022]

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2013, 5 de abril). Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 21 acuíferos que se indican. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294657&fecha=05/04/2013 [27 de abril de 2022]

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2013, 5 de abril). Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en los tres acuíferos que se indican. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294652&fecha=05/04/2013#gsc.tab=0 [27 de abril de 2022]

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2018, 24 de abril). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los decretos que se indican por los que se establecieron vedas y declararon de utilidad pública los mantos acuíferos en el Estado de San Luis Potosí, publicados los días 30 de junio de 1961, 18 de octubre de 1962, 7 de septiembre de 1979 y 3 de diciembre de 1985 y se establece veda en la zona que ocupa el acuífero denominado San Luis Potosí, clave 2411, en el Estado de San Luis Potosí. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5520481&fecha=24/04/2018#gsc.tab=0 [7 de agosto de 2022].

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2020, 17 de septiembre). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas

que se indican. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5600593&fecha=17/09/2020 [7 de agosto de 2022].

- Farías Hernández, U. (1993). *Derecho mexicano de aguas nacionales. Legislación, comentarios y jurisprudencia*. México: Editorial Porrúa.
- Faure, M. G., & Partain, R. A. (2019). *Environmental Law and Economics. Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781108554916
- Ferman, B., & Pinto, C. (2019). Inference in differences-in-differences with few treated groups and heteroskedasticity. *Review of Economics and Statistics*, 101(3), 452-467.
- Harris, J. M., & Roach, B. (2018). *Environmental and Natural Resource. A Contemporary Approach* (Fourth). Routledge.
- Hoogesteger, J., & Wester, P. (2017). Regulating groundwater use: The challenges of policy implementation in Guanajuato, Central Mexico. *Environmental Science and Policy*, 77, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.002>
- Ibarra-García, M. V., & Talledos-Sánchez, E. (2020). Tres casos de concentración de agua subterránea en México. *Agua y Territorio*, 15, 35–44. <https://doi.org/10.17561/at.15.4649>
- Kahn-Lang, A., & Lang, K. (2020). The Promise and Pitfalls of Differences-in-Differences: Reflections on 16 and Pregnant and Other Applications. *Journal of Business and Economic Statistics*, 38(3), 613–620. <https://doi.org/10.1080/07350015.2018.1546591>
- Kath, J., & Dyer, F. J. (2017). Why groundwater matters: an introduction for policy-makers and managers. *Policy Studies*, 38(5), 447–461. <https://doi.org/10.1080/01442872.2016.1188907>
- Kemper, K. E. (2003). Rethinking groundwater management. In C. Figueres, J. Rockstrom, & C. Tortajada (Eds.), *Rethinking Water Management: Innovative Approaches to Contemporary Issues*. Routledge. <https://www.ebsco.com/terms-of-use>
- Keohane, N. O., & Olmstead, S. M. (2016). *Markets and the Environment* (Segunda ed.). Washington: Island Press.

- Khair, S. M., Mushtaq, S., Reardon-Smith, K., & Ostini, J. (2019). Diverse drivers of unsustainable groundwater extraction behaviour operate in an unregulated water scarce region. *Journal of Environmental Management*, 236, 340–350. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.12.077>
- Ley de Aguas Nacionales. (1992). Diario Oficial de la Federación, *DOF 06-01-2020*, 1 de diciembre de 1992 (México). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf
- Molle, F., & Closas, A. (2020). Why is state-centered groundwater governance largely ineffective? A review. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* (Vol. 7, Issue 1, pp. 1–17). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/wat2.1395>
- Molle, F., López-Gunn, E., & van Steenbergen, F. (2018). The local and national politics of groundwater overexploitation. *Water Alternatives*, 11(3), 445–457. www.water-alternatives.org
- Moreno Vázquez, J. L., Marañón Pimentel, B., & López Córdova, D. (2010). 4. Los acuíferos sobreexplotados: origen, crisis y gestión social. In *El agua en México: Cauces y encauces* (pp. 79–116). Academia Mexicana de Ciencias. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MORENO%20et%20al%202010.%20Acu%C3%ADferos%20sobrexplotados.pdf
- Naik, U., & Pande, V. C. (2015). Issues and perspectives in Groundwater Management. *Water Management in Agriculture*, 95–105. <https://www.researchgate.net/publication/281175325>
- Nava, L. F., & Medrano Pérez, O. R. (2019). Retos y oportunidades de la gestión de los recursos hídricos subterráneos: Aproximación al problemático acceso al agua en Valles Centrales de Oaxaca, México. *Acta Universitaria*, 29. <https://doi.org/http://doi.org/10.15174/au.2019.2429>
- Óscar, A., & Escolero, F. (2006). La experiencia Mexicana con grupos de usuarios de aguas subterráneas. *International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS)*.

- Rangel, J. L., & Sánchez, D. E. (2018). Declaratorias de veda en la subcuenca de Chapala: ¿medidas preventivas para la sobreexplotación de acuíferos subterráneos o incentivos para la industria? *Punto CU Norte*, 6(4), 181–193.
- Reddy, V. R. (2016). Regulatory Instruments and Demand Management of Water: Potential and Prospects. *Global Issues in Water Policy*, 16. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25184-4_9
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional del Agua. (2018). *Estadísticas del Agua en México 2018*. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Planeación, México.
- Sistema Nacional De Información Ambiental y de Recursos Naturales. (n.d.). *Precipitación media histórica por entidad federativa (milímetros) - Consulta temática*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Retrieved August 7, 2022, from http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AGUA01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*
- Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) Módulo de metadatos geográficos SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS ESPECIALES O PRODUCTO.* (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from <http://www.gob.mx/conagua>
- Wester, P., & Hoogesteger, J. (2015). Intensive groundwater use and (in)equity: Processes and governance challenges. *Environmental Science & Policy*, 51, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.004>
- Wolfe, M. (2014). Crisis del agua subterránea en México. Dinámica histórica: recursos, lucro y conocimiento en La Laguna, 1930-1970. *Revista de Historia Iberoamericana*, 7.
- Wooldridge, J. M. (2009). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (Cuarta ed.). (M. d. Enriqueta Hano Roa, É. M. Jasso, & H. D. Borneville, Trans.) México, D.F.: CENGAGE Learning.

ANEXO 1. Datos e información

Decretos de veda y Suspensión del Libre Alumbramiento

Los decretos de veda de la República Mexicana seleccionados para la tesina fueron provistos por la Gerencia de Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Jefatura de Proyecto de Evaluación y Manejo de Acuíferos, a raíz de que el material disponible públicamente consiste en escaneos de los decretos originales que dificultan la lectura y análisis de los mismos. Estos decretos están disponibles en el Portal de Sistemas de Información del Agua de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

<https://sigagis.conagua.gob.mx/dvedas/>

Para el caso de la Suspensión del Libre Alumbramiento, se consultaron los acuerdos emitidos en 2013 a través del Diario Oficial de la Federación (DOF). Se buscó por la palabra ‘libre alumbramiento’ y se revisaron los decretos referentes a este.

<https://www.dof.gob.mx/index.php#gsc.tab=0>

Del SLA, sólo se revisaron 3 de los 8 acuerdos generales ya que la única diferencia entre estos era a los acuíferos para los cuales aplicaba. La estructura y el contenido era prácticamente el mismo – la suspensión provisional del libre alumbramiento en tanto sea emitido el ordenamiento de AS correspondiente.

Acuíferos

Los datos de disponibilidad, condición y ordenamientos subterráneos por acuíferos se obtuvieron del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuíferos&ver=mapa#&ui-state=dialog>

El área de los acuíferos en kilómetros cuadrados se obtuvo del mapa interactivo construido a partir del ‘Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican’, disponible en:

<https://sigaims.conagua.gob.mx/dma/acuíferos.html>

Extracciones autorizadas de AS

Para los datos de volúmenes permitidos de extracción de AS, la cantidad de títulos, usos consuntivos y fecha de registro se consultó la base del Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). Se seleccionó Títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes > Antecedentes por tipo de aprovechamiento > subterráneos > ‘selección del acuífero homologado’ > exportar. En ‘selección del acuífero homologado’ se insertó el id del acuífero y se procedió la descarga de los datos para cada uno de los 653 acuíferos.

<https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>

Se asignaron los datos de identificación (id y nombre de acuífero, clave y nombre de estado, clave y nombre de la región hidrológico-administrativa) obtenidos a partir del SINA. Finalmente, se colapsó la información a nivel acuífero, nivel estado, año de registro y tipo de uso.

Datos económicos y demográficos

Para los datos económicos y de población, se consultó la página del Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica (INEGI). Los datos económicos a nivel estado fueron obtenidos del Banco de Indicadores Económicos (BIE). Se seleccionó Cuentas nacionales > Producto interno bruto por entidad federativa, base 2013 > Por actividad económica y entidad federativa > Valores a precios. Se descargaron todos los datos de esta selección, con los cuales se construyeron los índices económicos.

<https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

Para el caso de la población, se consultó el Banco de Indicadores del INEGI y, por entidad federativa, se obtuvo la población a mitad de año con el propósito de contar con los datos de población por cada año entre el 2011 y el 2020.

<https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=15&ag=03#D15#D6300000266>

Para el área de las entidades federativas, se consultó el sitio:

<https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/default.aspx?tema=me>

La densidad poblacional se calculó a partir de los datos de población a mitad de año por entidad federativa dividida por el área de esta en km². Los índices económicos empelados fueron contruidos de la siguiente manera:

Ecuación 3. Cálculo de índice económico

$$IE = \frac{\frac{PIB \text{ sector a nivel estado}}{PIB \text{ total estatal}}}{\frac{PIB \text{ sector a nivel nacional}}{PIB \text{ total nacional}}}$$

Precipitación anual por entidad federativa

Los datos de precipitación se obtuvieron del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SEMARNAT).

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AGUA01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*

Los softwares estadísticos para la construcción de la base de datos y los modelos de regresión lineal fueron R Studio y Stata.

ANEXO 2. Casos específicos de veda

Con el objetivo de ilustrar mejor las vedas en la práctica, se presentan brevemente a continuación 4 casos seleccionados de veda: Aguascalientes (1963), Yucatán (1984), acuífero El Hundido (2003) y San Luis Potosí (2018). Se tuvo la precaución de elegir casos ubicados en contextos distintos tanto hidrometeorológica como económicamente y que abarcaran el periodo que ha tenido lugar este ordenamiento en México (1948-presente).

Aguascalientes

El decreto emitido en 1963 para el estado de Aguascalientes por tiempo indefinido tiene sustento en el excesivo alumbramiento de AS a inicios de la década de los sesenta, mismo que, de no atenderse, abatiría los niveles de los acuíferos de la entidad. Entre las disposiciones contenidas, se establece que “nadie podrá extraer aguas del subsuelo dentro de la zona de veda ni modificar los aprovechamientos existentes sin previo permiso escrito” (DOF 24-05-1963) por la autoridad, salvo cuando se trate de alumbramiento para uso doméstico.

Para el caso de las nuevas extracciones, el decreto postula que estos permisos se tramitarán ante la autoridad bajo los estudios geohidrológicos correspondientes, además de sujetarse a las especificaciones que la autoridad emita tanto para estas extracciones como para las previamente asentadas en la zona vedada. Los usuarios, según el decreto, dispondrán de un total de 90 días a partir de la vigencia de este para registrar sus aprovechamientos ante la instancia correspondiente.

A pesar del ordenamiento vigente, en el estado de Aguascalientes se ha diagnosticado un déficit de AS entre 2011 y 2020 y una condición generalizada de sobreexplotación, de acuerdo con datos del SINA. De acuerdo con el REPDA – con fecha de corte al 31 de marzo de 2022 – la fecha más reciente de registro de títulos es el 23 de marzo del 2022 para otro tipo de usos además del público urbano en el acuífero Valle de Aguascalientes, uno de los cinco acuíferos del estado de Aguascalientes, de los cuales se carece de información para determinar si se tratan de inscripciones nuevas de títulos o renovación de títulos previos.

Yucatán

Emitido en 1984, el decreto de veda establecido para los límites geopolíticos del Estado de Yucatán por tiempo indefinido establece también que “nadie podrá efectuar obras de alumbramiento de aguas del subsuelo [...] ni extraer o aprovechar las mencionadas aguas” (DOF 20-09-1984) sin la concesión o asignación correspondiente. En cuanto a los usos de las AS ya establecidos en la zona vedada, el decreto contempla que tampoco podrán ser cambiadas de uso, destino ni cantidad de extracción. Los permisos para las extracciones y construcciones que la autoridad decida emitir estarán justificadas por estudios que concluyan que estos no causarán perjuicios en el acuífero de la entidad. El uso doméstico es la excepción a las disposiciones del decreto. Los usuarios en esta zona vedada dispusieron en aquel entonces de 90 días para solicitar su concesión o asignación y registro nacional hacia la autoridad.

Con respecto a la entidad de Yucatán, el acuífero correspondiente – Península de Yucatán – ha presentado disponibilidad de AS en el periodo de 2011 y 2020 y, por lo mismo, no padece de sobreexplotación, según datos del SINA. Con respecto a los títulos inscritos en el REPDA, la última fecha data del 30 de marzo del 2022, mismos que también se desconocen si son de nueva emisión o no.

Acuífero El Hundido

Desde el 2003, el acuífero El Hundido – ubicado en el estado de Coahuila – carece de disponibilidad de agua, presumiblemente por el aumento del alumbramiento, extracción y aprovechamiento de AS. Bajo este diagnóstico derivado de estudios realizados para determinar la disponibilidad media anual de agua publicados en 2003, en el año 2007 el Ejecutivo Federal emitió el decreto de veda para dicho acuífero.

En su segundo artículo queda establecida la prohibición de extracciones de las aguas nacionales subterráneas, lo cual lo complementa el artículo cuarto con respecto a la obligación de contar con el permiso correspondiente para extraer AS. El decreto establece también que el volumen de extracción anual de aguas del subsuelo no excederá de 20.15 millones de metros cúbicos – atributo que no estuvo presente en los decretos anteriores –. A

diferencia de los anteriores decretos, la veda impuesta en El Hundido tiene vigencia de 30 años. Se contempla un plazo de 20 días para solicitar ante la autoridad el reconocimiento de la extracción de AS que se ha venido realizando previo al decreto.

En cuanto al acuífero El Hundido, el año más reciente de registro de títulos es el 2018 y para los años 2011 y 2012 contaba con una disponibilidad media anual positiva. Fue a partir del 2018 que el acuífero presentó sobreexplotación.

San Luis Potosí

La veda establecida en el acuífero San Luis Potosí es el decreto más reciente emitido a la fecha. Además de establecer una zona de veda en el acuífero San Luis Potosí, el decreto también reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de los decretos previos en la entidad federativa de San Luis Potosí. La veda emitida en 2018 tiene raíz en los diagnósticos del acuífero, mismos que identifican un fuerte nivel de sobreexplotación desde décadas atrás, a pesar de estar sujeto a distintas regulaciones en materia de extracción de AS.

El decreto establece que “sólo se podrán extraer, usar, explotar o aprovechar las aguas nacionales del subsuelo [...] cuando se cuente con título de concesión o asignación” (DOF 24-04-2018) emitido por la autoridad que en este caso sería CONAGUA, a su vez que dichas extracciones y usos quedarán bajo estricta supervisión de esta última. El volumen máximo de extracción anual en el acuífero es de 78.1 millones de metros cúbicos anuales y se atenderán con preferencia los usos doméstico y público urbano. La vigencia para este decreto es de 50 años y se dará un plazo de 60 días para los usuarios que se encontraban sometidos bajo el Acuerdo de SLA. De los casos revisados, es el único decreto que explícitamente permite la transmisión de derechos de uso o títulos de concesión.

El acuífero San Luis Potosí ha permanecido sin disponibilidad y ha estado sobreexplotado desde el 2009. Enero del 2022 es la fecha más reciente que el REPDA tiene como último registro un título, el cual no tiene información suficiente para determinar si se trata de una inscripción nueva o de una renovación.

Breve diagnóstico

Salvo el acuífero Península de Yucatán, ningún acuífero ha logrado reestablecer su disponibilidad media anual de AS al menos en el periodo antes mencionado. De igual modo, resulta importante que, a pesar de la veda, se han registrado para la mayoría de las zonas vedadas títulos de concesión fuera del periodo máximo de registro que cada decreto estipula para los usuarios previamente asentados en estas zonas. Si las vedas declaran que no se permiten extracciones adicionales a las ya inscritas, resulta cuanto menos interesante la cantidad de títulos inscritos en cada acuífero años después de la emisión del ordenamiento.

Si bien estos indicios ofrecen las bases para discutir la efectividad de las vedas como intervención regulatoria de la extracción de AS, son insuficientes para determinar qué tanto alivian el desgaste de estos acuíferos y del resto del territorio, en general. Primeramente, la cuestión de los títulos no necesariamente implica la emisión de nuevos permisos de extracción de AS, pues puede atribuirse a prórrogas de títulos previos a los decretos e inclusive a la venta o transmisión de títulos entre usuarios. Ante la falta de información por parte del REPDA, resulta complicado – por no decir imposible – determinar si el título en cuestión es nuevo o si ya había sido emitido previamente.

En segundo lugar, si bien la evidencia sugiere que no ha habido una recuperación de los acuíferos Valle de Aguascalientes, San Luis Potosí y El Hundido, los factores detrás del desgaste del recurso pueden ser distintos e intrínsecos para cada acuífero. Esto es, si bien cada uno se encuentra bajo jurisdicción de veda, cada acuífero puede estudiarse como un caso aislado para entender las dinámicas entre usuarios o los factores institucionales que determinan la efectividad de la regulación. Un análisis de este tipo queda fuera del alcance de este trabajo, pero no descarta la relevancia que tendría para contribuir a explicar la falta de disponibilidad de los acuíferos por el lado de la gestión.

ANEXO 3. Resultados del análisis empírico

Las estimaciones completas del análisis empírico se encuentran en la siguiente liga.

[resultados_finales.xlsx](#)

A continuación, se presentan los resultados simplificados (sin incluir efectos fijos) de las estimaciones utilizadas para el análisis de robustez. Los modelos econométricos se corrieron con una selección diferente de controles (tabla A2.1), bajo el supuesto de que los efectos de la SLA se percibieron un año después de la emisión de la reforma (tabla A2.2) y estas variaciones simultáneamente (tabla A2.3).

Tabla 6. Resultados con diferentes controles

VARIABLES	(1) <i>log_vol_sub</i>	(2) <i>n_titulo</i>
<i>Veda</i>	-3.2042 (4.2108)	-29.1196 (36.8585)
<i>Veda y acuerdo general</i>	-3.2530 (4.1514)	-35.3836 (34.9275)
<i>SLA</i>	1.9924*** (0.5707)	11.2647*** (2.8083)
<i>Veda (SLA)</i>	-1.2490** (0.5687)	-6.0433** (2.3519)
<i>Veda y acuerdo general (SLA)</i>	-1.3339** (0.5779)	-4.6582 (5.0015)
<i>Abastecimiento publico</i>	-1.8562*** (0.0835)	- (1.3984)
<i>Industria autoabastecida</i>	-1.8576*** (0.0807)	- (1.4680)
<i>Energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad)</i>	-3.1838*** (0.5690)	- (4.4241)
<i>Diferentes usos</i>	-1.5174*** (0.0550)	- (0.9712)
<i>Disponibilidad media anual</i>	0.8945*** (0.1184)	6.0144*** (1.1613)
<i>Área acuífero</i>	-	-
<i>Precipitación media anual</i>	-0.0077* (0.0039)	-0.0542 (0.0351)
<i>Constante</i>	20.9504*** (6.0142)	78.7645 (52.7384)

Observaciones	7,289	7,290
R-Cuadrada	0.3799	0.4787
Efectos fijos por acuífero	SÍ	SÍ
Efectos fijos por año	SÍ	SÍ

Errores estándares robustos en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultados con efectos de SLA percibidos a partir del 2014

VARIABLES	(1) <i>log_vol_sub</i>	(2) <i>n_titulo</i>
<i>Veda</i>	-2.3361 (4.3332)	-35.2916 (34.1815)
<i>Veda y acuerdo general</i>	-2.5107 (4.2770)	-38.2128 (32.9892)
<i>SLA</i>	1.6115*** (0.5614)	12.0672*** (3.2076)
<i>Veda (SLA)</i>	-1.1136** (0.5589)	-8.6182*** (2.7986)
<i>Veda y acuerdo general (SLA)</i>	-0.9875* (0.5651)	-9.2045** (4.6542)
<i>Abastecimiento público</i>	-1.8599*** (0.0834)	17.2335*** (1.3995)
<i>Industria autoabastecida</i>	-1.8647*** (0.0806)	17.4613*** (1.4698)
<i>Energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad)</i>	-3.0663*** (0.5886)	13.5655*** (4.8379)
<i>Diferentes usos</i>	-1.5202*** (0.0551)	10.7897*** (0.9711)
<i>Área acuífero</i>	-	-
<i>Disponibilidad media anual</i>	0.9552*** (0.1204)	6.2407*** (1.2291)
<i>Sobreexplotación</i>	0.4097** (0.1692)	1.5145 (1.9142)
<i>Densidad poblacional</i>	0.0026 (0.0042)	0.0191 (0.0269)
<i>Precipitación media anual</i>	-0.0082** (0.0042)	-0.0781** (0.0336)
<i>Actividad primaria</i>	0.0561 (0.2386)	2.4166 (3.2007)
<i>Actividad secundaria</i>	-0.3208	6.4158

	(0.7537)	(10.2173)
<i>log_pib</i>	1.6361*	15.4358
	(0.8930)	(12.6423)
<i>Constant</i>	-0.0293	-107.3842
	(11.3939)	(148.7547)
Observaciones	7,289	7,290
R-cuadrada	0.3822	0.4791
Efectos fijos por acuífero	SÍ	SÍ
Efectos fijos por año	SÍ	SÍ
Errores estándares robustos en paréntesis		
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Resultados con diferentes controles y con efectos de SLA percibidos a partir del 2014

VARIABLES	(1) <i>log_vol_sub</i>	(2) <i>n_titulo</i>
<i>Veda</i>	-2.3547 (4.2388)	-38.1754 (32.6511)
<i>Veda y acuerdo general</i>	-2.5779 (4.1803)	-42.4495 (31.5506)
<i>SLA</i>	1.7593*** (0.5513)	13.4137*** (3.0528)
<i>Veda (SLA)</i>	-1.0671* (0.5488)	-7.6898*** (2.6339)
<i>Veda y acuerdo general (SLA)</i>	-0.9570* (0.5560)	-8.5292* (4.6764)
<i>Abastecimiento público</i>	-1.8580*** (0.0834)	- (1.3996)
<i>Industria autoabastecida</i>	-1.8598*** (0.0807)	- (1.4670)
<i>Energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad)</i>	-3.0840*** (0.5643)	- (3.9829)
<i>Diferentes usos</i>	-1.5185*** (0.0550)	- (0.9704)
<i>Disponibilidad media anual</i>	0.9024*** (0.1180)	6.0040*** (1.1971)
<i>Área acuífero</i>	-	-
<i>Precipitación media anual</i>	-0.0067* (0.0040)	-0.0646** (0.0310)
<i>Constante</i>	19.6683*** (6.0547)	92.3521** (46.7390)

Observaciones	7,289	7,290
R-Cuadrada	0.3810	0.4788
Efectos fijos por acuífero	SÍ	SÍ
Efectos fijos por año	SÍ	SÍ

Errores estándares robustos en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia