



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN ECONOMÍA

Agua y ecosistemas: Rivalidad por los usos del agua en el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila.

ENSAYO

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
Especialista en Economía Ambiental y Ecológica

PRESENTA:
Mariam Cecilia Millán Baquedano

TUTOR:
Mtro. Eduardo Vega López

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Junio de 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Para Mau Said
Quien me da la fuerza, el ánimo y el entusiasmo.

Agradecimientos:

Al Mtro. Eduardo Vega, por sus valiosos insumos y el seguimiento para la preparación de este ensayo.

A la Mtra. Karina Caballero y a los profesores de la especialización por compartir sus conocimientos e impulsarme a dar lo mejor.

A mis estimadas colegas de la especialización por la motivación para seguir.

A mi familia, por su paciencia y apoyo en éste y otros procesos. Es un éxito compartido.

Resumen.

El agua es uno de los recursos naturales más importantes, pero se encuentra bajo una fuerte presión debido al crecimiento demográfico, a la expansión de las urbes, por su uso en muy diversos procesos de producción, además de las alteraciones que trae el cambio climático en el ciclo hidrológico. Esto ha llamado la atención hacia los usos del agua, su escasez y aquellas prácticas que se expresan en afectaciones a nivel ecosistémico, particularmente en las cuencas proveedoras. En México, hay cuatro usos preponderantes del agua, siendo el agrícola el que más consume y en el que se ha procurado incidir para motivar prácticas de uso eficiente; sin embargo, pese a que formal e institucionalmente se reconoce el *uso ecológico* del agua, aún hay acciones limitadas para priorizar a la naturaleza como usuaria en aquellas cuencas en donde la presión sobre los recursos hídricos es cada vez mayor, especialmente para dar paso a la práctica agrícola y pecuaria, así como a la creciente demanda para abastecimiento público. En este ensayo se explora la situación del Valle de Cuatrociénegas, Coahuila, y la rivalidad existente por el agua para diversos usos consuntivos y no consuntivos.

Palabras clave: Agua, Conservación del Agua, Agua Subterránea, Agricultura y Medio Ambiente.

Clasificación JEL: Q25, Q26, Q250, Q150.

Abstract.

Water is one of the most important natural resources, but affected by the population growth, urbanization, its use in multiple productive processes, as well as the effects of climate change on the water cycle. These has driven attention towards the water use, its scarcity and to those practices that negatively impact on the ecosystems, especially at basin scale. In Mexico there are four main water uses, the agriculture is the activity that consumes the most, in which several actions have been taken to improve an efficient management; however, even though there is an *ecological use* recognized legally and institutionally, there are limited actions to prioritize the nature as user in those basins where hydric stress is increasing, especially because of agriculture and ranching practices, and also to attend the growing demand for public provision. In this essay, the situation of the Cuatrociénegas Valley, Coahuila and the rivalry over water resources is being explored.

Key words: Water, Water Conservation, Groundwater, Agriculture and Environment.

JEL Classification: Q25, Q26, Q250, Q150.

Índice

1. Introducción.....	6
2. Marco teórico – conceptual.	7
3. Breve panorama del manejo del agua en México.....	9
Descriptiva sobre los usos agrícola, público e industrial.	11
Aproximación al uso ambiental o para conservación ecológica del agua.....	13
4. Descripción del Valle de Cuatrociénegas.	15
Flora y fauna.....	17
Dinámica eco-hidrológica de Cuatrociénegas.....	19
Actividades productivas.....	21
5. Rivalidad en los usos del agua y problemáticas socioambientales en Cuatrociénegas.....	24
Inconsistencias en las concesiones y extracción adicional.	29
Críticas al uso agrícola del agua.	29
Impactos y problemáticas socioambientales asociadas a la agricultura y la ganadería....	31
Uso del agua con fines recreativos.	32
La importancia del uso ambiental o ecológico del agua en Cuatrociénegas.	34
Rivalidad entre usuarios.....	35
Otras estrategias desde el APFF Cuatrociénegas.....	36
Posibles líneas de análisis e investigación sobre el uso del agua en Cuatrociénegas.	38
Ejercicios de valoración económica.....	39
Valoración económica de Cuatrociénegas a través del turismo.....	41
Conclusiones.	43
Referencias.....	46

1. Introducción.

El agua para la vida es innegable y ha sido un factor determinante del desarrollo de la vida natural y la humana. Recientemente, el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021 visibiliza y promueve la integración de los distintos valores del agua para motivar una toma de decisiones que contribuyan con el fortalecimiento de la gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos. Los valores del agua son diversos: servicios hídricos, infraestructura hidráulica, para la economía y procesos productivos, sociocultural y ecosistémico; aunque cada uno requiere ser abordado y analizado de forma diferenciada, es necesario contar con enfoques holísticos que comprendan estos valores (González & Arriaga, 2021, págs. 5-6).

Los valores del agua también están vinculados con los usos que le damos al recurso, destacando aquellos usos consuntivos como la producción de alimentos, para consumo humano, para la producción de diversos bienes y servicios, y también para la generación de energía eléctrica e hidroelectricidad. Sin embargo, el agua también es un recurso escaso y su uso suele darse prioritariamente para el consumo y la producción de bienes y servicios, olvidando la importancia que tiene para el sostenimiento de los ecosistemas y los servicios que éstos nos proveen.

Carabias y Landa (2005) indican que “la sociedad concibe los ecosistemas acuáticos más bien como reservorios de agua que como hábitats de la flora y la fauna acuáticas [...] Los hábitats dulceacuícolas, mucho más que los forestales y los marinos, dependen del mantenimiento de procesos ecológicos que se originan, frecuentemente, en áreas remotas a su ubicación. Por ello [...] estos ecosistemas se vuelven muy vulnerables” (2005, pág. 32). Esta situación de vulnerabilidad representa un posible peligro de pérdida de estos ecosistemas y los servicios que proveen, particularmente los relacionados con los sistemas hidrológicos y sus recursos hídricos.

En México se han dado diversas acciones con las cuales atender el nexo agua-medio ambiente, visibilizando la importancia de tener a la naturaleza como *usuaria* del agua; sin embargo, todavía hace falta una ruta de acción colaborativa entre actores gubernamentales,

del sector privado y de la sociedad civil que permitan trabajar en soluciones para los diversos sectores productivos, donde se promuevan acciones para hacer un uso eficiente del agua, al tiempo que se prioriza a los ecosistemas y a los servicios provistos por éstos.

Para explorar la discordancia entre usuarios de agua, se seleccionó el Valle de Cuatrociénegas en Coahuila, al ser considerado un sitio único a nivel mundial, ubicado en el Desierto Chihuahuense, en donde el agua es un factor clave para su sostenibilidad, pero también ha sido sujeto de fuertes disputas por los diversos usos que conlleva. Cabe resaltar que en Cuatrociénegas se encuentra la única concesión de agua para uso ecológico o ambiental a nivel nacional, por lo que la problemática en el uso del agua también ha abierto la puerta a abordarla desde perspectivas intersectoriales e interdisciplinarias.

2. Marco teórico – conceptual.

En 1968, Garret Hardin abordó la problemática que supone el crecimiento de la población ante un mundo con recursos finitos, sobre todo cuando dicha población toma decisiones por las que buscan maximizar su bienestar individual a costa del bien común (Hardin, 1968). En “La tragedia de los comunes”, Hardin aborda el ejemplo de un pastizal abierto y cómo los pastores buscan incrementar su utilidad parcial al sumar una cabeza de ganado adicional. Si se traslada este ejemplo al caso del agua, podremos observar un número significativo de usuarios que requieren el recurso para diversos usos, sobre todo para la agricultura y ganadería, para procesos productivos industriales, proveer para consumo humano, incluso para la generación de energía eléctrica.

Cada usuario, con la finalidad de sumar a su utilidad parcial +1, buscarían la forma de consumir una unidad adicional de agua no sólo comprometiendo el acceso a ésta para otros usuarios, sino potencialmente afectando su calidad y disminuyendo la cantidad que regresa a los ecosistemas (usos consuntivos). Dada la finitud del agua, la búsqueda de fuentes adicionales no sólo implica un esfuerzo adicional (más trabajo y energía consumida), sino que los costos serían más altos; aparentemente, la utilidad negativa se comparte y su valor sería una fracción de -1, pero los impactos negativos en el mediano y largo plazo no sólo

afectarán a los ecosistemas, sino a todos los usuarios del agua y la vida en general (Hardin, 1968).

El agua, al ser un recurso de uso común, no excluye a nadie y parece que podría ser accesible para todos; sin embargo, dado que es limitado y escaso, se puede *rivalizar* por ésta al no disponer de la misma cantidad ni calidad en un tiempo y lugar determinados para diferentes usos. Dada la complejidad que representa el líquido debido a su calidad, cantidad, accesibilidad, disponibilidad y asequibilidad, rasgos que implican exclusión y rivalidad en el consumo del agua, se puede considerar también como un bien privado al cual pocos tienen acceso y a un costo determinado (Pearce, 1985, pág. 34). Stiglitz (2000) no sólo resalta las diferencias entre bienes públicos y privados, sino que destaca la importancia de visibilizar las fallas de mercado que derivan de los bienes públicos¹, por ejemplo, en el caso del agua tener un *suministro insuficiente* particularmente si dicho bien no se cobra (Stiglitz, 2000, pág. 151).

El agua tiene diversos usos consuntivos y no consuntivos. Los usos consuntivos, aquellos que toman agua de una fuente, pero no se devuelve al mismo sitio ni en la misma cantidad, suelen ser los agrícolas, el abastecimiento público y doméstico, el industrial y para la producción de energía; el uso no consuntivo se destina a la generación de hidroelectricidad y para la conservación ecológica, esto porque ambas actividades no implican una disminución en la cantidad y calidad del agua (Vega, 2015, págs. 19-20).

Los usos del agua se observan, en el caso de México, por las concesiones o asignaciones que otorga la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), establecidos en la Ley de Aguas Nacionales en forma de títulos o permisos que otorga la Federación para la explotación, uso o aprovechamiento del agua en la parte agrícola, acuacultura, ambiental, industrial, pecuario, doméstico y público urbano. Cabe resaltar que otorgar concesiones o asignaciones se

¹ Además del suministro insuficiente, Stiglitz menciona el *subconsumo* como otra falla de mercado que se presenta en bienes no rivales pero excluyentes, cuando éstos tienen un precio se puede limitar o impedir que algunas personas accedan a dicho bien aun cuando no tenga un costo marginal. Es decir, hay beneficio marginal positivo pero el costo marginal es cero (Stiglitz, 2000, pág. 151).

encuentra en función de la disponibilidad media anual de agua tanto en la cuenca como en los acuíferos, la cual se publica en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

La escasez del agua motiva la necesidad de buscar nuevas formas de manejo, que sean eficientes y en donde se involucren los diversos sectores productivos. Desde finales de los años 80, la discusión sobre el desarrollo sostenible ha traído consigo nuevos conceptos que tratan de brindar una visión más holística de problemáticas asociadas al agua, tal es el caso del estrés hídrico, para referir a la disparidad entre la demanda del agua entre los diferentes sectores económicos ante la cantidad de agua disponible en un tiempo y lugar determinados. FAO (2021) menciona que el indicador de estrés hídrico permitiría formular mejores políticas de manejo y de oferta y demanda del agua, al tiempo que puede dar luz sobre el incremento de la competencia y conflictos entre los diferentes usos del agua y sus usuarios, particularmente ante el incremento de la escasez (FAO, 2021, pág. 3).

3. Breve panorama del manejo del agua en México.

La historia del manejo del agua y el proceso de la centralización en la toma de decisiones en la administración federal, de acuerdo con Aboites, et. al. (2010), se remonta hacia el siglo XIX e inicios del XX, en donde se presentaron leyes como la Ley Federal de 1888 que establecía los lagos y ríos como vías de comunicación si éstos eran navegables, además de que se consideraban como líneas divisorias entre entidades federativas. Durante el gobierno de Porfirio Díaz, se establecieron diversos giros industriales *al amparo de un régimen de concesiones y apoyos arancelarios*, pues el agua se considera un recurso estratégico, y posteriormente la modernización fue clave para comenzar a llevar agua a la ciudadanía mediante sistemas en red (Aboites, et. al., 2010, págs. 25-26).

La noción del “agua de la nación”, sobre todo en la época revolucionaria, fue un punto clave para que el gobierno federal se hiciera aún más presente mediante dos elementos centrales: la inversión pública en infraestructura hidráulica – que permitió el desarrollo de importantes polos de producción agrícola -, así como una reglamentación más puntual sobre los usos existentes. El agua ha sido vista como un *detonador del desarrollo nacional*, por lo que la

evolución del marco legal e institucional fue evidente en el XX, sobre todo al tratar de atender aspectos como el crecimiento de la población, el aumento en el riego agrícola, generación de electricidad, y la provisión a ciudades e industrias (Aboites, *et. al.*, 2010, págs. 30-42).

Hacia la década de los años 80, se comienza a presentar la descentralización en la administración del agua, hasta entonces altamente concentrada en la Federación. En 1983, se presentaron cambios constitucionales en donde se daban nuevas atribuciones a los municipios para los servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento y tratamiento (art. 115); en 1989 se creó oficialmente la CONAGUA y en 1992 se promulgó la Ley de Aguas Nacionales (LAN) cuya última reforma se dio en el año 2004 (Aboites, *et. al.*, 2010, págs. 45-46), y en donde se mantiene la estructura institucional actual: la CONAGUA como órgano desconcentrado de la SEMARNAT, que tiene la función de administrar y preservar las aguas nacionales.

La actual estructura institucional permite que los órganos auxiliares de la CONAGUA, principalmente los Organismos de Cuenca, puedan tener diversas funciones técnicas, administrativas y jurídicas que se encuentran en las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas del país (las cuales aglutinan diversas cuencas, subcuencas y microcuencas), incluyendo el otorgamiento de concesiones y asignaciones para los principales usos del agua: uso público urbano, uso agrícola, uso en generación de energía eléctrica y uso en otras actividades productivas (Ley de Aguas Nacionales, título sexto).

Si bien en este apartado no se reconoce el uso ambiental, la Ley sí contempla éste y define el “uso para conservación ecológica” como: *el caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema* (LAN, art. 3-LIV). El agua para uso ambiental es fundamental para la provisión de diversos servicios ecosistémicos que pueden tener un efecto en los otros usos consuntivos y no consuntivos.

Descriptiva sobre los usos agrícola, público e industrial.

De acuerdo con las Estadísticas del Agua en México, a nivel nacional contamos con 451,585 millones de metros cúbicos (Mm³) de agua renovable por año, lo que da en promedio 3,656 m³ por habitante por año. Esta cifra cobra relevancia cuando se menciona que alrededor del 76% se destina para uso agrícola, 14.4% para el abastecimiento público, 4.9% para el uso en la industria, y 4.7% para la generación de energía eléctrica (CONAGUA, 2018). Por otro lado, datos de FAO indican que, en relación con el estrés hídrico, para el periodo 2018 – 2022, el país se encuentra en un 44.46% de estrés, un incremento de 12 puntos porcentuales con relación al periodo 2013 – 2017 (32%)².

El uso agrícola abarca alrededor de 86 distritos de riego con una superficie de 2.5 millones de hectáreas cosechadas en el país, en donde se encuentran más de 570 mil usuarios, también se encuentran las unidades de riego con más de 3.3 millones de hectáreas cosechadas. Para el ciclo 2019-2020, las cinco entidades con mayor superficie (hectáreas) para los distritos de riego son: Sinaloa con 719,096 ha, Sonora con 371,917 ha, Tamaulipas con 328,311, Michoacán con 190,053 ha y Chihuahua con 117,995 ha. Cabe resaltar que estas entidades se encuentran en regiones consideradas con alta presión hídrica, es decir, hay una mayor demanda para el riego que de disponibilidad de agua.

Sin embargo, el uso del agua en la agricultura persiste como uno de los mayores retos en la gestión hídrica. Carabias y Landa (2005) destacan que la extracción para diversos usos ha conducido a la sobreexplotación de los acuíferos, particularmente para la agricultura, aunado a la percepción del desperdicio de agua. Si bien hay diversas políticas que promueven el uso eficiente mediante la modernización o adopción de tecnologías inteligentes, éstas deben estar acompañadas de prácticas que permitan disminuir los impactos negativos sobre los acuíferos, así como tener un balance adecuado para apoyar a los productores con menores ingresos económicos (2005, págs. 60 – 63).

² Fuente: FAO, AQUASTAT para México: <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html>

Por otra parte, el uso para abastecimiento público o doméstico tiene dos retos centrales: el crecimiento de la población y la expansión de las zonas urbanas. El Banco Interamericano de Desarrollo (2015) indica que las regiones de América del Norte y América Latina son las más urbanizadas y, para el caso de América Latina, se estima que habrá alrededor de 674 millones de personas viviendo en zonas urbanas para el año 2050. La concentración de la población inevitablemente dinamiza la actividad económica, pero la infraestructura de servicios queda rezagada, es insuficiente o le falta mantenimiento, lo cual puede comprometer la sostenibilidad de las áreas urbanas y la calidad de vida de los habitantes, por lo que el nexo de urbanización con los servicios del agua y saneamiento es crucial para el desarrollo sostenible (2015, págs. 12 – 15).

El uso del agua en la industria es clave para los procesos de transformación de los recursos naturales en diversos bienes. Pese a la percepción negativa sobre las industrias en relación al uso del agua, ya sea por el consumo para la fabricación de refrescos en regiones donde hay poblaciones sin acceso a agua potable³, o por las descargas en ríos y otros cuerpos de agua, es necesario mencionar que diversas empresas han comenzado a invertir en mejores prácticas para el uso eficiente del agua, desde la inversión en proyectos con enfoque de cuenca⁴, de largo plazo, hasta la adopción de tecnologías que motiven la reutilización y tratamiento de las aguas residuales, para reincorporarla en el proceso de transformación.

Uno de los aspectos que han sido criticados en el manejo del agua en México es que los usos del recurso se encuentran en competencia por los sectores productivos y de consumo del país, dejando prácticamente fuera de foco la importancia ecosistémica. Esto puede deberse, principalmente, a la sectorización de las actividades; aun cuando CONAGUA es un órgano desconcentrado de la SEMARNAT, la Comisión no tiene una incidencia clara en el quehacer

³ En San Cristóbal de las Casas, Chiapas, ha persistido la problemática del acceso al agua para numerosas comunidades del municipio, y sus habitantes en muchos casos optan por consumir refresco en lugar de agua por la falta de disponibilidad o asequibilidad de la misma. Fuente: López, O.; Jacobs, A. (2018). “En una ciudad con poca agua, la Coca-Cola y la diabetes se multiplican”, *The New York Times* (16 de julio de 2018). Obtenido de: <https://www.nytimes.com/es/2018/07/16/espanol/america-latina/chiapas-coca-cola-diabetes-agua.html>

⁴ Un caso es el de los Fondos de Agua, un proyecto de largo plazo considerado innovador por conectar el enfoque de cuenca, su funcionamiento en el ciclo del agua, hasta su conexión con las áreas urbanas. En los Fondos se promueve la colaboración intersectorial, particularmente del sector privado. Más información en: <https://www.fondosdeagua.org/es/>

de la protección de los ecosistemas. Esto puede estar más en manos de los Consejos de Cuenca⁵ y algunos de sus órganos de apoyo, como los comités o las comisiones, cuya labor se focaliza en microcuencas y subcuencas.

Otro motivo que sigue siendo ampliamente debatido es la priorización de los usos del agua. Por una parte, el criterio de prelación central es aquel que cumpla con el derecho humano al agua, por lo que se privilegia el uso público o doméstico, por lo que se tiene que considerar el crecimiento de la población, el crecimiento de las zonas urbanas, así como el aumento en la demanda de productos y servicios. El agua para el riego agrícola cuenta con diversos incentivos que parecen no ser eficientes con el uso del recurso (como el subsidio para bombeo), a pesar de contar con programas para la modernización de los sistemas de riego (Ávila, Guevara, & Muñoz, 2008, pág. 131); esto está vinculado con que el derecho de acceso y uso de agua para las actividades agropecuarias tiene un valor económico igual a cero (Vega, 2021, pág. 35).

Aproximación al uso ambiental o para conservación ecológica del agua.

En un contexto de competencia entre los usos agrícola, público, industrial y para la generación de energía eléctrica, no es de sorprender que el uso que se destina para la conservación de la biodiversidad y la protección de los servicios ecosistémicos se encuentre en un punto desfavorable (Bezaury-Creel, 2017, pág. 7). La relación entre el agua y la biodiversidad es compleja pero su interacción es crucial tanto para los ecosistemas como para la vida misma (Sarukhán, 2017, pág. 68).

Pese a la importancia del agua en la provisión de diversos servicios ecosistémicos, son los ecosistemas acuáticos o dulceacuícolas los que resultan sumamente afectados, encontrándose en un estado de vulnerabilidad ante la construcción de infraestructura hidráulica, la

⁵ Una de las atribuciones de los Consejos de Cuenca es el de coordinar, concertar, apoyar, consultar y asesorar en la formulación y ejecución de programas y acciones para el manejo del agua, infraestructura, servicios y preservación de la cuenca (Art. 13, LAN). Sin embargo, se considera que la participación es baja – sobre todo de las entidades públicas, y hacen falta más acciones de fortalecimiento de estas entidades.

contaminación de los cuerpos de agua, la sobreexplotación de los recursos, introducción de especies invasoras, la deforestación, la compactación del suelo y la pérdida de biodiversidad (Carabias & Landa, 2005, págs. 32-36). A ello se le suma que varias cuencas se encuentran en un grado alto de vulnerabilidad debido a las sequías, y el cambio climático puede agravar las problemáticas a largo plazo. Así mismo, ecosistemas de gran importancia en el control de inundaciones como los humedales⁶, también se encuentran frágiles ante las transformaciones antropocéntricas y por el cambio climático ((Ruelas, Chávez, Barradas, Octaviano, & García, 2010, págs. 242-244).

No obstante, ha habido esfuerzos para incluir territorios o cuencas con importancia hidrológica. Por un lado, con la implementación de las Áreas Naturales Protegidas, y con mayor énfasis en la década de los 90, se consideraron sitios que corresponden a cuencas, humedales, lagunas o manglares, aun cuando el ciclo hidrológico no era el centro de protección (Carabias & Landa, 2005, pág. 40). Por otro lado, la CONABIO también promovió un Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con la finalidad de contar con un diagnóstico sobre las cuencas y ecosistemas acuáticos del país tomando en cuenta características como biodiversidad, aspectos sociales y económicos para tener un marco de referencia sobre planes de conservación, uso y manejo de los ecosistemas, entre otros (Bezaury-Creel, 2017, pág. 13).

De forma más focalizada, se cuentan con cinco instrumentos para la conservación y el mejor aprovechamiento de los ecosistemas dulceacuícolas, tomando en consideración su capacidad como proveedores de agua:

- Establecimiento de Sitios Ramsar: basados en la Convención de Ramsar relativa a los Humedales de Importancia Internacional, los Sitios Ramsar en México suman 142 y tienen una cobertura de 8.64 millones de hectáreas, 71 de ellos como ANP federales.
- Pagos por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH): se trata de un instrumento que otorga incentivos económicos para evitar la deforestación en zonas donde se

⁶ Los humedales son reconocidos internacionalmente por su valor en la conservación de biodiversidad y provisión de servicios como el almacenamiento de agua, purificación, retención de nutrientes, entre otros. Por la Convención de Ramsar de 1971 se impulsó la figura de los “Sitios Ramsar”; México cuenta con 142.

cuentan ya problemáticas relacionadas al agua, y se motivan otras actividades que estén acorde a un manejo sustentable de los recursos y del territorio.

- Concesiones: de acuerdo con la LAN, las concesiones pueden otorgarse a personas físicas o morales, ya sea de carácter público y privado, para que puedan hacer uso del agua acorde a lo indicado por la ley.
- Caudal ecológico: se encuentra descrito en la norma mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, en el cual se establecen procedimientos y especificaciones técnicas para determinar un caudal de agua para todas las corrientes o cuerpos de agua, especialmente en aquellos cuerpos en donde habrá desarrollo de infraestructura hidráulica.
- Reservas de agua: permitirían contribuir a la conservación de los ecosistemas de las cuencas, y su establecimiento podría también fortalecer la aplicabilidad de la norma relativa al caudal ecológico, además de promover la conectividad entre ecosistemas dulceacuícolas, la conservación de humedales, promover la resiliencia frente al cambio climático, entre otros.

Con la finalidad de comprender la rivalidad de los usos consuntivos versus el uso ambiental, el análisis se centra en el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila, en donde se ubica la única concesión para uso ambiental a nivel nacional.

4. Descripción del Valle de Cuatrociénegas.

El Valle de Cuatrociénegas está ubicado en el Desierto Chihuahuense, dentro del estado de Coahuila, en donde predomina un clima seco y semicálido, con precipitaciones escasas y propenso a las sequías. Pertenece a la RHA Río Bravo, la cual se caracteriza por contar con una economía dinámica que alberga algunas de las zonas metropolitanas más importantes a nivel nacional; se trata de la RHA más grande de México que padece de una fuerte presión hídrica y es altamente vulnerable al cambio climático (Martínez, Alatríste, Ortiz, & Irla, 2018, págs. 75-76).

En términos político-administrativos, el Valle de Cuatrociénegas pertenece al municipio Cuatro Ciénegas, Coahuila, el cual cuenta con una población de 12,715 habitantes. La economía municipal destaca por sus ventas internacionales, mismas que reportaron \$ 3.66 millones de dólares en el año 2021, siendo sus principales productos las ceras vegetales y el comercio de ganado bovino. En aspectos sociales, el municipio presenta un bajo coeficiente de Gini (0.38), donde alrededor del 26.5% de la población se encuentra en pobreza moderada, y se tiene una mejora significativa en el acceso a servicios básicos en comparación con años anteriores, aunque todavía un 7.76% de la población no tiene acceso a alcantarillado y el 5.67% acceso a una red de suministro de agua⁷.

El Valle forma parte de la Sierra Madre Oriental, está rodeado por altas montañas, y cuenta con fracturas de material arcilloso que posiblemente son las que contribuyen con la recarga de los manantiales o pozas, que son característicos del lugar, así como las dunas de yeso que se forman en el sitio. El suelo es de tipo litosol en la zona serrana, y aluvial en la parte baja donde se pueden encontrar sales disueltas como sulfatos y yesos. Cuatrociénegas es hábitat de diversas especies endémicas tales como la tortuga bisagra, algunos tipos de peces, invertebrados, reptiles y diversas aves migratorias (De La Maza M. , 2017, págs. 19-21).

En el año de 1994, el Valle de Cuatrociénegas fue decretado como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), debido a su importancia dentro el Desierto Chihuahuense y por ser uno de los humedales más significativos de México y por su riqueza faunística. También fue designado como sitio RAMSAR y Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO; la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) lo considera sitio prioritario para la conservación de aves, como Región Terrestre Prioritaria y como Región Hidrológica Prioritaria. Cuatrociénegas es una fuente clave para el agua en la región, pues cuenta con humedales, arroyos y áreas inundadas que también enriquecen el acuífero del valle.

⁷ Fuente: Información del municipio Cuatro Ciénegas, Coahuila de Zaragoza. DATA México. Obtenido de: <https://datamexico.org/es/profile/geo/cuatro-cienegas#economia>

Otro elemento interesante del APFF es la presencia de cuevas en donde se encontraron algunos restos de entierros prehispánicos, petroglifos y pinturas rupestres en rocas de diversos sitios (PROFAUNA, 1999, págs. 7-9). Al ser decretada como APFF, el objetivo es *preservar los hábitats naturales de la región y los ecosistemas más frágiles; asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos ecológicos; aprovechar racional y sostenidamente sus recursos naturales; salvaguardar la diversidad genética de las especies; proporcionar un campo propicio para la investigación científica, el estudio del ecosistema y su equilibrio* (Bezaury-Creel, 2017, pág. 48).

Desde un punto de vista geológico y biológico, Cuatrociénegas resalta por las serranías que la bordean, como la de San Marcos y Pinos, que dan fe de la historia del valle y cómo se conecta con la separación de Pangea. Un elemento característico de la región es la formación de *estromatolitos*, que son rocas bandeadas que llevan el registro fósil de la tierra, y que al estudiarlas se puede dar una mayor idea de “los microscópicos ingenieros planetarios que construyeron la Tierra actual” (Souza & Eguiarte, 2017, pág. 28). Los descubrimientos bacterianos, mencionados por Souza y Eguiarte, muestran que Cuatrociénegas mantiene vivas bacterias ancestrales que son descendientes de los “ingenieros planetarios”, y por ello esta ecorregión mantiene condiciones ambientales similares a la de los mares del pasado (2017, pág. 31). Por lo tanto, es de suma importancia su conservación, no solo por su riqueza ecosistémica, sino para dar espacio a diversas investigaciones y estudios sobre la historia de la Tierra.

Flora y fauna.

En la parte relativa a la vegetación, Cuatrociénegas destaca por tener alrededor de 726 especies de plantas vasculares, 52 de ellas y siete variedades son endémicas (Encina, 2018, pág. 120), en donde destacan los matorrales desérticos como el micrófilo, en donde las precipitaciones son escasa y es característico de climas secos; el rosetófilo, característico de las zonas áridas y semiáridas, en donde se encuentran especies no maderables de importancia, como el agave lechuguilla. La vegetación halófila xerófila destaca por hallarse en suelos con alto contenido de sales y de especies de baja altura, siendo las especies el chamizo o el zacate

toboso de las más abundantes. El matorral submontano se caracteriza por tener arbustos densos, con especies espinosas como la barreta y la corva de gallina. Debido a su peculiaridad, Cuatrociénegas también cuenta con vegetación acuática y subacuática como las ninfas, tule, ciperáceas y juncácea, por mencionar algunas (Encina, 2018, págs. 120-125).

Como se mencionó, la riqueza faunística es característica del APFF principalmente por el endemismo de muchas de ellas. PROFAUNA (1999) menciona los seis grupos más estudiados: la carcinofauna que incluye la diversidad de crustáceos, algunas se encuentran en los cuerpos de agua salada, otras más sobre las pozas y zonas inundadas; malacofauna que aborda los moluscos terrestres y acuáticos que se han identificado; ictiofauna relativa a la diversidad de peces y la más abundante; la herpetofauna que describe las diversas especies de anfibios y reptiles; la ornitofauna analiza la diversidad de aves, incluyendo las especies migratorias, y la mastofauna analiza las poblaciones de mamíferos (1999, págs. 19-20). De La Maza (2017) destaca que se han reportado 19 especies de peces, de los cuales 12 son consideradas especies endémicas que requieren una estrategia de conservación de manejo especial, pero tres son exóticas y podrían representar un problema a nivel ecológico (De La Maza M. , 2017, págs. 33-34).

No obstante, la biodiversidad del APFF se encuentra en diversas categorías dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 referente a la protección de especies de flora y fauna. Indica que de las 76 especies enlistadas del APFF dentro de esta normativa, 17 se encuentran en peligro de extinción, 26 amenazadas y 33 sujetas a protección especial; entre las especies en peligro se encuentra diversos invertebrados y algunas especies de peces (particularmente las endémicas), y en estatus de amenazadas se cuentan diversos reptiles como la culebra encapuchada mexicana, la tortuga de Cuatrociénegas, la culebra listonada cuello negro y la lagartija sorda mayor, por mencionar algunas (CONANP, s.f.).

Dinámica eco-hidrológica de Cuatrociénegas.

El Valle de Cuatrociénegas se encuentra dentro de la Región Hidrológica Bravo – Conchos, en la subcuenca del Río Salado – Nadadores; se encuentra limitado por las sierras La Madera, La Fragua, San Marcos y la Purísima. Cuatrociénegas, pese a que se encuentra en una zona árida, con pocas lluvias y una considerable evaporación de agua, cuenta con una cantidad abundante de agua que proviene principalmente del subsuelo a través de más de 300 pozas; aquí se cuentan diversos ecosistemas acuáticos como los mencionados manantiales o pozas, ríos, lagunas, llanuras y vegetación emergente. La región es una cuenca endorreica que cuenta con arroyos que surgen de las serranías que fungen como drenaje y el río más importante del valle es el Mezquites (Leal, 2017, pág. 23). Otros cuerpos de agua de gran relevancia son las lagunas Playitas y Churince, ésta última de especial interés para el estudio de bacterias pero que desafortunadamente se encuentra extinta debido a la sobre extracción de agua.

Un aspecto que Leal (2017) resalta es la relación existente entre la hidrología superficial y la subterránea, pues se consideran complementarios los intercambios de agua que se observan en ríos y canales que dan paso a la creación de los diversos cuerpos de agua. También se destaca las características propias de los acuíferos existentes; uno de tipo “granular” que se constituye por materiales aluviales y lacustres con baja permeabilidad, el cual abarca toda la superficie del valle; el otro acuífero de tipo “calizo” se caracteriza por la heterogeneidad de las rocas carbonatadas, cuenta con una transmisividad alta y con caudales que van aumentando su flujo conforme la topografía del sitio (Leal, 2017, pág. 23).

Con relación al agua y su alto contenido en sales, un análisis de Aldama, *et. al.* (2007) indica que la salinidad del agua subterránea se debe a la disolución de rocas de origen marino. Sin embargo, la literatura parece sugerir un disenso con relación a la conexión entre acuíferos. Por una parte, Aldama *et. al.* también analizaron la posible dinámica entre los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, mencionando que no hay flujo de agua del primero hacia el segundo, ya que las aguas de El Hundido son más antiguas, y las zonas de recarga de las pozas de Cuatrociénegas proviene de las precipitaciones sobre las sierras La Fragua y San Marcos, por lo que éstas son puntos clave para el APFF (2007, pág. 57).

Por otro lado, Souza, *et. al.* (2006) mencionan que hay una conexión entre los Valles de Cuatrociénegas, El Hundido y el de las Calaveras, sugiriendo que la conexión hidrológica entre los tres podría ser posible al compartir un acuífero profundo, lo cual estaría soportado por la historia geológica del sitio. Los autores comentan que la aparente desconexión entre acuíferos sirvió como razón para que algunos ganaderos comenzaran actividades cerca del APFF, sin las evaluaciones necesarias sobre impacto ambiental (Souza, *et. al.*, 2006, págs. 6568-6569).

Además de la relación entre aguas superficiales y subterráneas, destaca la conformación de los diversos humedales que caracterizan al APFF. De acuerdo con la ficha informativa de los humedales de Ramsar (2002), se localizan a 740 msnm en la parte baja del Valle, en donde también se encuentran cañones y abanicos, planicies aluviales saturadas de sales, colinas bajas y dunas de yeso que también son características de Cuatrociénegas. La designación de importancia crítica para la conservación responde, como se mencionó anteriormente, a que el sitio posee una alta riqueza en flora y fauna, con un nivel alto de endemismos, pero se está enfrentando a diversas amenazas que deriva en la pérdida de hábitats (Ramsar, 2002).

Debido a la naturaleza cerrada del Valle, se cuentan con canales para exportar el agua fuera de éste con propósitos agrícolas, siendo los canales de Saca Salada, Santa Tecla y La Becerra los más importantes, y que serán clave para el desarrollo agrícola. Estos canales utilizan agua de las pozas, pero con el riesgo de que un porcentaje importante del agua se pierde por filtraciones. De acuerdo con la Gerencia de Aguas Subterráneas (2020), se estima que los canales conducen cerca de 3,000 litros por segundo, es decir, cerca de 99.5 Mm³ cada año, de los cuales alrededor del 17.8% se ocupan para riego dentro de Cuatrociénegas y el restante fuera del Valle. Las filtraciones o pérdidas en los canales contribuyen con el sostenimiento de la vegetación y alimentan al acuífero de Cuatrociénegas (pág. 10).

Con relación a los acuíferos, en el DOF (2013) se estableció la zona reglamentada que ocupa el acuífero Cuatrociénegas (clave 0528) en cuyo ámbito territorial se encuentra el APFF y destaca la necesidad de tener un manejo cuidadoso que vaya de la mano con la protección

ambiental y el desarrollo de las actividades antropogénicas. En este sentido, el acuífero se encuentra como zona reglamentada para control de extracción y explotación, uso o aprovechamiento de las aguas subterráneas, donde el volumen disponible para concesión o asignación puede ser de hasta 11.08 m³ cada año, y no se podrán llevar a cabo obras para la extracción de aguas que afecten los ecosistemas (Presidencia de la República, 2013).

Actividades productivas.

La agricultura es la actividad preponderante en el territorio, en donde se pueden encontrar diversos cultivos y especies no maderables. Datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con relación al municipio de Cuatro Ciénegas, indican los principales productos agrícolas para el ciclo 2020:

Tabla 1: Principales productos agrícolas del municipio de Cuatro Ciénegas, ciclo 2020.

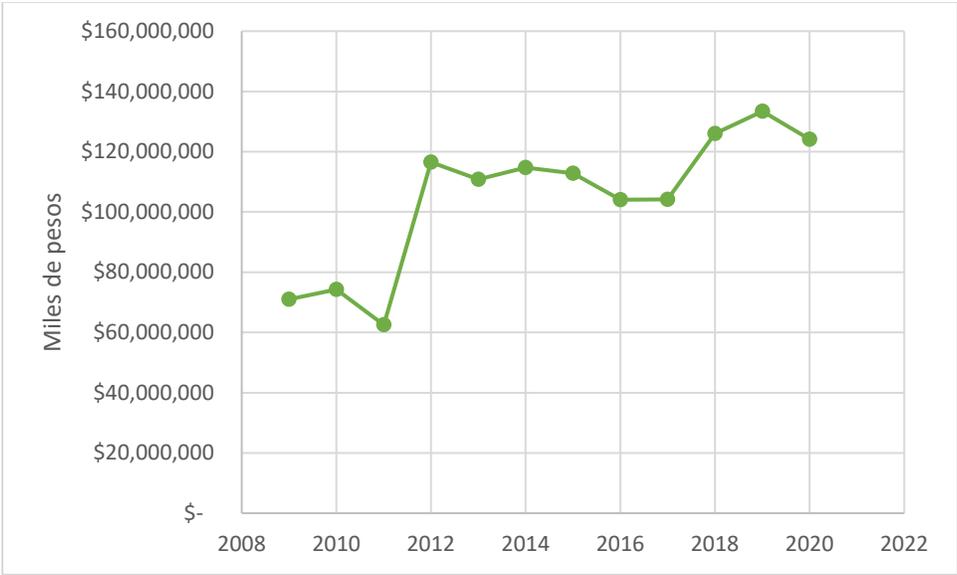
Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Volumen (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valor de la producción (en miles de pesos)
Alfalfa verde	2889	150,112	52	\$124,154,997
Maíz forrajero	1115	59,485	53	\$46,073,705
Avena forrajera	1322	37016	28	\$28,798,448
Nuez	225	331	1.5	\$21,916,172
Algodón hueso	184	910	5	\$8,197,200
Sorgo forrajero	260	9448	36	\$6,279,595
Uva	27.5	256	9	\$3,540,666

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2020).

La alfalfa forrajera es ampliamente cosechada en la región, ya que sirve como alimento para el hato ganadero de la Comarca Lagunera, que se caracteriza por la cría de miles de cabezas de ganado en gran parte utilizadas para la producción de leche. De acuerdo con Montemayor, *et. al.* (2010), la alfalfa verde requiere de una lámina de riego de entre 1.4 a 1.5 metros por año, lo cual puede derivar en rendimientos de 14 a 16 toneladas por ha cada año, con base en el peso seco (Montemayor, 2010, pág. 146). Por lo que puede observarse, para el ciclo del 2020, el rendimiento alcanzó casi 52 toneladas, por lo que la demanda de agua aumentó para

llegar a la aplicación de cinco láminas de riego y lograr dicho rendimiento. La siguiente gráfica muestra el valor de la producción del cultivo, el cual subió de forma considerable el año 2012; cabe mencionar que el precio por tonelada equivale a \$893 pesos (dato para el año 2020).

Gráfica 1: Valor de la producción de alfalfa forrajera en Cuatro Ciénegas, 2009 – 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del SIAP para Cuatro Ciénegas.

Pese al impacto hídrico, la alfalfa tiene un rendimiento importante por hectárea y el valor de producción rebasó los \$124 millones de pesos para el ciclo 2020. Aunque otros cultivos como la nuez, la granada y la uva tienen un mayor precio por tonelada – en el caso de la nuez es de \$66,200 pesos, por la granada \$25,000 y por la uva \$23,500 por tonelada -, su rendimiento es relativamente bajo, y para el caso de la nuez se tienen que considerar factores de seguridad ya que se ha documentado un mayor involucramiento del crimen organizado en la cosecha de este fruto⁸.

Por otro lado, otros recursos de importancia son los forestales no maderables, particularmente la candelilla, lechuguilla y orégano. La candelilla, de la cual se extraen cera natural para

⁸ Nota de prensa. Fuente: DW (2021). “La narco-nuez: otro lucrativo negocio del crimen organizado en México”, DW (mayo, 2022). Obtenido de: <https://www.dw.com/es/la-narco-nuez-otro-lucrativo-negocio-del-crimen-organizado-en-m%C3%A9xico/av-56552818>

diversos usos, es una de las especies con más potencial de producción gracias a las propiedades del suelo y la vegetación de la región; la lechuguilla se utiliza principalmente para elaborar ixtle, el cual también se ocupa en productos cosméticos y como sustituto de cerdas para cepillos industriales, de albañilería, entre otros.

Un análisis realizado en la cuenca de abasto Cuatrociénegas – Mina, Nuevo León (2018) indica que la cadena de valor de la candelilla tiene un potencial de desarrollo alto, en donde se podría alcanzar una producción de 186,062 toneladas para la subcuenca de Cuatrociénegas – Castaños, y la lechuguilla tiene un potencial medio con alrededor de 106,021 toneladas. También resalta el caso del mezquite con un alto potencial de desarrollo de la cadena de valor. En el caso de la cera de candelilla, aunque cuenta con cadenas de valor consolidadas en el territorio, algunas limitantes que mencionan los autores es la forma artesanal de extracción de ceras y la destrucción de las plantas, visibilizando la necesidad de contar con formas más efectivas de manejo de la planta y métodos de extracción de cera óptimos (García, 2018, págs. 357-359).

La ganadería extensiva también es una actividad importante, misma que representa algunas problemáticas debido a que el pastoreo excesivo ha ejercido un impacto negativo en la degradación de los suelos de la región, además de que afectan el desarrollo de la vegetación. En cuanto a la producción, el ganado bovino en pie es el predominante en el municipio, cuya producción en el año 2021 fue de 1,043 toneladas, con un precio de \$31 pesos por cada kilo, por lo que su valor de producción sobrepasa los \$32 millones de pesos⁹. El crecimiento de la actividad ganadera se refleja invariablemente en el incremento de la producción de especies forrajeras.

Otras actividades en el territorio resaltan la minería, obteniendo diversidad de sustancias como yeso, sales minerales, arcilla, celestita, fluorita, dolomita, calcita y cal, y otro tipo de material como travertino, caliza, y agregados pétreos como grava, arena y limo; cabe mencionar que para la explotación dentro del APFF se requieren de permisos por parte de

⁹ Datos del Anuario Estadístico de la Producción Ganadera al 2021. Fuente: SIAP, https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

SEMARNAT (Vélez, 2013). A nivel estatal, la producción minera (estimado al 2020) tuvo un valor de \$30,194 millones de pesos en productos metálicos y no metálicos¹⁰.

5. Rivalidad en los usos del agua y problemáticas socioambientales en Cuatrociénegas.

Como se mencionó anteriormente, las concesiones o asignaciones que otorga CONAGUA son reflejo de los diversos usos principales que se le otorgan al agua; dichas concesiones se realizan con base en la disponibilidad hídrica de cuencas y acuíferos. Con base en los datos del Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) se presenta una revisión de las concesiones de agua registradas para el municipio de Cuatro Ciénegas al año 2021, donde se encontró lo siguiente:

Tabla 2: Usos del agua en el municipio de Cuatro Ciénegas

Uso del agua	Núm. de títulos	Volumen de agua superficial (m ³ /año)	Núm. de títulos	Volumen de agua subterránea (m ³ /año)	Porcentaje uso del agua subterránea	Núm. de títulos total
Agrícola	234	7,009,745	9	61,143,030	87%	225
Pecuario	46	84,800	23	120,967	0.17%	23
Público Urbano	108	95,334	13	309,846	0.44%	95
Diferentes usos	17	0	0	8,779,327	12%	17
Doméstico	9	0	0	1,314	0.001%	9
Servicios	1	0	0	2,890	0.004%	1
*Conservación ecológica	1	9,460,800	1	0	NR	0
Total	416	16,650,679	46	70,357,374		370
**Industrial	1		Volumen de descarga por día: 1.25 m ³ por día			
**Servicios	3		Volumen de descarga: 15.4 m ³ por día			

Fuente: Elaboración propia con base en información del REPGA para el municipio Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Uso no consuntivo. **No contemplan uso extractivo, sino de descarga de agua por día.

La tabla muestra que el uso que más títulos de concesión tiene, tanto para uso superficial como subterránea, es el agrícola, seguido por el uso público urbano. La agricultura aprovecha lo equivalente al 78% del total del agua concesionada en Cuatrociénegas; mientras que el uso

¹⁰ Fuente: Servicio Geológico Mexicano (2021). “Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2020”. Obtenido de: https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2020_Edicion_2021.pdf

público urbano apenas aprovecha el 0.56% del agua concesionada. En el caso del agua superficial, resalta que la concesión más grande está destinada para la conservación ecológica con un 57% del volumen estimado, lo cual se abordará más adelante. En el caso del agua subterránea también resalta el caso de “diferentes usos”, los cuales utilizan el 12% del agua subterránea concesionada, aunque esos usos no se detallan en el REPGA y se otorgan en su mayoría a personas físicas.

Con relación al agua subterránea, si bien estos datos se circunscriben al municipio de Cuatro Ciénegas, se han encontrado algunas inconsistencias y falta de información actualizada. Por una parte, de acuerdo con el último Acuerdo sobre la zona reglamentada del acuífero Cuatrociénegas (clave 0528) publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), indica que el acuífero muestra una importante escasez de agua debido a las bajas precipitación y la elevada evaporación, y se estableció que el volumen disponible para concesión o asignación pueden ser de hasta 11.08 Mm³ (Presidencia de la República, 2013).

Sin embargo, en el DOF del año 2008, se mencionó que la disponibilidad para concesiones o asignaciones podría ser de hasta 9.76 Mm³, además de reconocer que el drenado artificial ha llevado a la pérdida de agua en el Valle, además de que se recomendó, en primera instancia, que se estableciese la veda¹¹ para extracción y uso del agua subterránea (SEMARNAT, 2008). El decreto del año 2013, arriba mencionado, no sólo tiene un límite ligeramente superior de volumen disponible para concesiones o asignaciones, sino que el acuífero es decretado como zona reglamentada y no con veda, por lo que se puede seguir explotando o aprovechando el agua del subsuelo, atendiendo las restricciones establecidas en el decreto.

Los últimos datos disponibles sobre la disponibilidad de agua en los acuíferos indican que el acuífero Cuatrociénegas se encuentra con un déficit de -11.7 Mm³ por año, y desde el año

¹¹ De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, una zona de veda refiere a áreas específicas en las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos en donde no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los ya establecidos, y se controlan mediante reglamentos específicos. Estas vedas se establecen *en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos* (art. 3 – LXV).

2018 se encuentra en negativo. La recarga está estimada en 143 Mm³ y la extracción en 24 Mm³, misma que se profundizó durante el año 2020. Por otra parte, los datos del REPDA sobre las concesiones para el acuífero Cuatrociénegas (clave 0528) actualmente se encuentran desde 1997, e indica que hay 75 títulos de los cuales 88% es para uso agrícola, 9.3% para uso pecuario y 2.6% para “diferentes usos”. Cabe destacar que no hay registros de títulos de concesión de los años 2008 – 2014, y, a partir del 2015 cuenta con el registro de 53 títulos que, en conjunto, suman 3.62 Mm³, lo cual implica que se han otorgado el 70% de los títulos de concesión pese a las constantes llamadas a la regulación e incluso la veda en el acuífero.

Tanto el acuífero Cuatrociénegas como los acuíferos adyacentes, El Hundido y Cuatrociénegas- Ocampo, se encuentran en condición de sobreexplotación; sin embargo, los datos de la disponibilidad en razón de la recarga y la extracción no son consistentes en el caso de Cuatrociénegas, como se muestra en la siguiente tabla (3), y se ilustra en las gráficas subsecuentes:

Tabla 3: Situación actual de los acuíferos Cuatrociénegas, Cuatrociénegas – Ocampo y El Hundido

Acuífero	Disponibilidad	Recarga	Extracción	VCAS	VAPTYR	VAPRH
0504 Cuatrociénegas-Ocampo	-22.4 Mm ³	57.9	73.9	47.9	3.0	1.8
0506 El Hundido	-5.15 Mm ³	20.1	25.2	23	1.4	0.0
0528 Cuatrociénegas	-11.7 Mm ³	143	24.5	6.3	2.6	7.8

Fuente: Elaboración propia con base datos de CONAGUA (SINA, 2022); (DOF, 2020).

*VCAS: Volumen concesionado o asignado de aguas subterráneas

*VAPTYR: Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA.

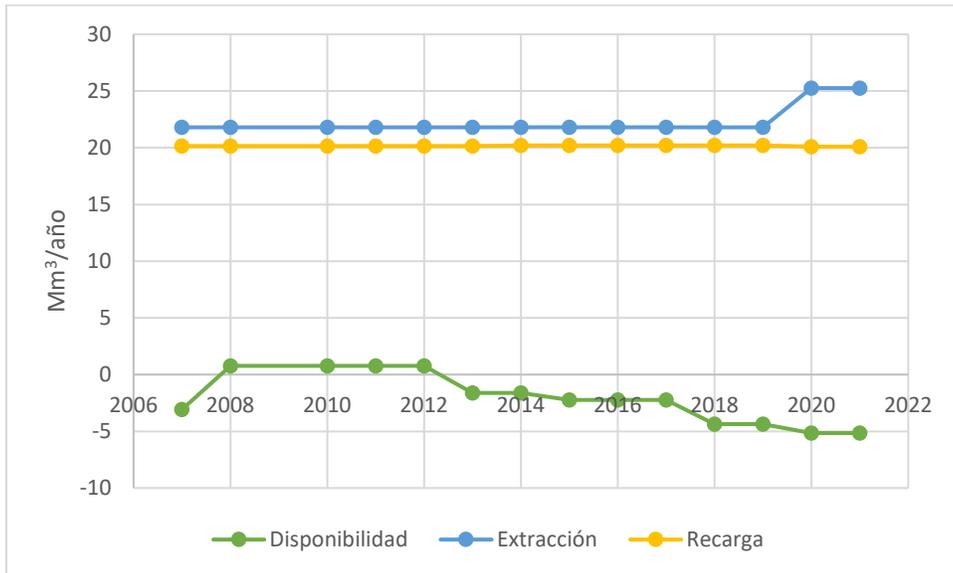
*VAPRH: Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica.

Gráfica 2: Relación de disponibilidad, extracción y recarga en el acuífero de Cuatrociénegas – Ocampo, 2007-2021.



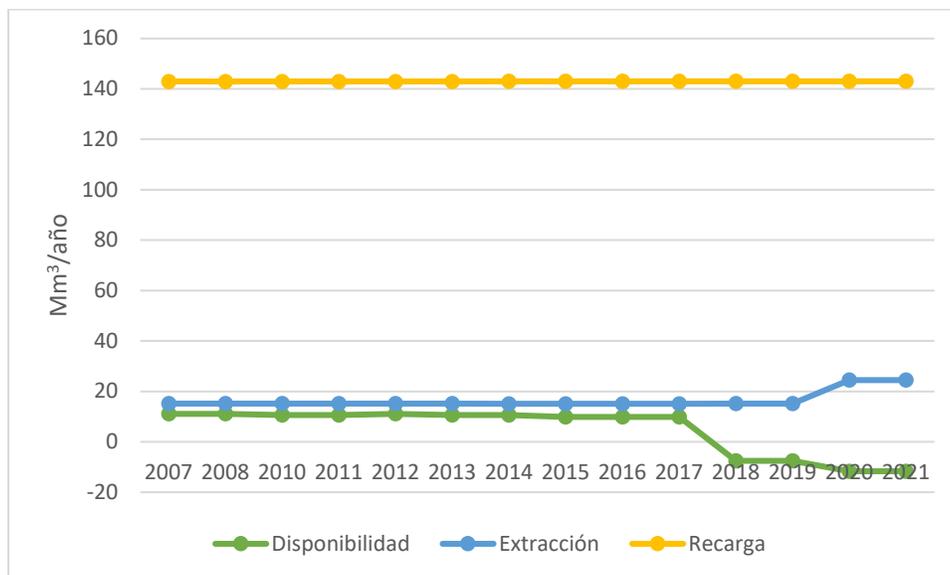
Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2022.

Gráfica 3: Relación de disponibilidad, extracción y recarga en el acuífero de El Hundido, 2007-2021.



Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2022.

Gráfica 4: Relación de disponibilidad, extracción y recarga en el acuífero de Cuatrociénegas, 2007-2021.



Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2022.

Si bien la disponibilidad de los tres acuíferos se encuentra en déficit, el caso del de Cuatrociénegas llama la atención por los datos que muestra de recarga (143 Mm^3), ya que el número es casi 6 veces mayor a la extracción y 12 veces más que la disponibilidad, misma que disminuyó drásticamente a partir del año 2018. De acuerdo con información de la Gerencia de Aguas Subterráneas (2020), este número dispar debe considerar la descarga natural comprometida del agua superficial, es decir los volúmenes de agua concesionados del caudal base de los ríos, así como las descargas que se deben conservar para propósitos ecosistémicos y para no afectar a acuíferos adyacentes; en este caso, la descarga representa un valor de 130 Mm^3 anuales, considerando la suma de 99.5 Mm^3 anuales de descarga de las pozas y 30.6 Mm^3 anuales por evapotranspiración. Este valor relativo a la descarga explica la disparidad existente entre la recarga del acuífero en relación con la extracción y disponibilidad (Subdirección General Técnica de la Gerencia de Aguas Subterráneas, 2020, págs. 24-25).

Inconsistencias en las concesiones y extracción adicional.

La organización PRONATURA Noreste realizó un análisis de las concesiones para uso de agua superficial y subterránea en la zona en donde se ubica el APFF, y que corresponde al acuífero 0528 Cuatrociénegas. PRONATURA (2018) encontró inconsistencias en los registros del REPDA para ambos casos; por una parte, menciona que de la Poza La Becerra, cuyo canal es para uso agrícola, extrae alrededor de 23 Mm³, cuando su título de concesión reconoce 0.8 Mm³, es decir, se extraen 22.22 Mm³ adicionales no considerados en el REPDA (PRONATURA, 2018); tras una segunda revisión al año 2022, no se encuentra en el registro el título del Manantial Pozo La Becerra.

Por otra parte, en relación con las concesiones para extracción de agua subterránea, la organización también encontró varias inconsistencias, la principal es que diversos títulos de concesión están registrados para el acuífero Cuatro Ciénegas – Ocampo (clave 0504), pero la extracción se realiza del de Cuatrociénegas. El uso del agua corresponde en un 95% para la agricultura, y el volumen sería superior a los 10 Mm³ por año. Así mismo, la organización encontró concesiones dentro del APFF, las cuales requieren permisos adicionales para cambio de uso de suelo y manifestación de impacto ambiental (PRONATURA, 2018, pág. 24).

Aunado a lo anterior, el sistema de información de CONAGUA muestra al acuífero 0528 como “no sobreexplotado” y se encuentra reglamentado, pero no está en veda pese a que tiene un déficit de -11.7 Mm³ anuales, cuestión que ya se había recomendado desde el año 2008. El último título de concesión se otorgó para uso agrícola a un particular con un volumen de 210 mil m³ anuales. Para ahondar en este punto se requeriría de un mayor análisis que contemple elementos técnicos, políticos y sociales para comprender la reticencia ante la veda y continuar con el otorgamiento de concesiones.

Críticas al uso agrícola del agua.

En términos generales, el uso agrícola ha sido sujeto de diversos debates ya que no se ha logrado promover un uso eficiente del agua, es decir, todavía se requieren de más inversiones

para la tecnificación y/o modernización de infraestructura hidroagrícola. A ello se suman las tarifas accesibles para el bombeo, lo que da pie a una mayor extracción de agua del subsuelo, además de que los usuarios agrícolas están exentos de pagar derechos por el agua (art. 192, fracción D de la Ley Federal de Derechos).

En el Valle de Cuatrociénegas, el consumo de agua subterránea rebasa los 70 millones de m³ al año, y el uso agrícola equivale al 87%. El cultivo de alfalfa, por ejemplo, consume una gran cantidad de agua en una región que tiene pocas lluvias y donde se es muy susceptible a la evapotranspiración. Sin embargo, de acuerdo con el Director del APFF, Juan Carlos Ibarra Flores¹², el precio de la alfalfa es muy bajo (cercano a los 3 pesos por kilo) y para la cual se ocupan alrededor de 30 mil m³ de agua cada año. La alfalfa forrajera ha sido uno de los cultivos más criticados por el uso intensivo de agua.

Sin embargo, también debe tenerse en mente la vulnerabilidad de Cuatrociénegas ante el cambio climático. De acuerdo con el Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC) (CONANP, 2014), la región tendrá un incremento en la temperatura equivalente a un 1° adicional para un plazo de dos a tres décadas, y es posible que estos incrementos se sigan dando hacia finales de siglo. Por otra parte, el régimen de precipitaciones tendrá una variación menor pero la disponibilidad de agua sí podría disminuir; la combinación de altas temperaturas con escasas lluvias puede conducir a menos humedad en el suelo, lo que afectará mayormente a la vegetación debido al estrés hídrico (CONANP, 2014, págs. 30-31).

En el caso de las actividades productivas, incluyendo el cultivo de alfalfa, se analizaron para el PACC en conjunto con actores locales. Entre los riesgos relacionados al cambio climático que impactan destaca: granizadas, lluvias torrenciales, sequías, plagas, especies invasoras y, en menor medida, las heladas. La evaluación de los diferentes riesgos identificados, aplicados a diversas actividades incluyendo el turismo, el cultivo de nopal, el aprovechamiento de candelilla, así como la conservación ecosistémica, refleja que el cultivo de alfalfa es el más vulnerable al cambio climático; aunado a su necesidad de agua, se resalta que el cultivo no puede ser sustentable (CONANP, 2014, pág. 14).

¹² La información se proporcionó vía telefónica.

En esta línea, destaca un trabajo de Howitt y Medellín (2008) quienes realizaron un modelo agrícola de equilibrio parcial para la cuenca del Río Bravo. Los autores se focalizaron en 45 fincas de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, en las que seleccionaron diversas variables de análisis como: tipo de cultivo (la alfalfa incluida), la superficie y el uso del agua, y se plantearon cinco escenarios de posible política pública, encabezada por la disminución de la disponibilidad del agua. Una de las observaciones del análisis refleja que, con un hipotético precio sombra alto del agua, se observan pérdidas de utilidades netas para el productor, sobre todo para los que tienen fincas pequeñas; caso similar en el escenario de costos altos del agua (que se puede asociar a las cuotas de los distritos de riego), en donde los cultivos más sensibles como la alfalfa disminuyen (Howitt & Medellín, 2008, pág. 179).

Impactos y problemáticas socioambientales asociadas a la agricultura y la ganadería.

De acuerdo con Pisanty y Rodríguez (2017), el cambio de uso de suelo que ha dado paso a las actividades extractivas y de producción agrícola son amenazas claras a la biodiversidad, pero se resalta la cuestión del agua de forma especial. Las autoras indican que el agua del APFF se comunica de forma subterránea, lo que también refleja una interconexión entre los acuíferos de la zona y los acuíferos vecinos que también se encuentran sobreexplotados. Los cuerpos superficiales como la laguna Churince, el Río Mezquites y otros cuerpos de agua también están perdiendo agua de forma continua y acelerada, lo cual tiene un fuerte impacto en la región, pues se alterarían severamente elementos como las dunas de yeso, habría hundimientos del suelo que provocarían pérdida de refugios para diversas especies, además de que se secarían pozas y arroyos que son hogar de peces, caracoles, crustáceos y tortugas (2017, págs. 88-92).

La pérdida de biodiversidad es uno de los aspectos que causan mayor preocupación. La introducción de especies exóticas también juega un papel central, pues desplazan a las especies nativas, además de que causan disturbios a nivel ecosistémico. Hay especies como el carrizo, el cedro, el lirio y el zacate buffel que pueden incluso bloquear el flujo del agua o,

en casos de incendio, incrementar el riesgo de incendios de alta intensidad. Las especies de fauna, por ejemplo, los peces como la Mojarra Tilapia, Cíclido Joya y Carpa Asiática también son producto de una acuacultura mal manejada, que cuenta a su vez con incentivos gubernamentales para llevarse a cabo (De La Maza M. , 2017, pág. 33). Las especies invasoras son de difícil control, pues tienen la capacidad de desplazar a las especies nativas y propagarse con facilidad (Pisanty & Rodríguez, 2017).

La introducción de ganado y el pastoreo afecta la composición y estructura de la vegetación, donde también se da paso a especies invasoras como el carrizo, que tiene el potencial de desplazar a la flora nativa (Encina, 2018, pág. 126). Las especies vegetales de importancia comercial como el mezquite y la candelilla son explotadas en diversas partes del APFF, y otras más, principalmente las cactáceas, son removidas para dar paso a especies forrajeras para el ganado. Las especies amenazadas y en peligro son aquellas que se encuentra en los ambientes acuáticos de la región, como los estromatolitos que pueden ser pisoteados debido a las actividades ganaderas y recreativas (PROFAUNA, 1999, págs. 35-36).

El cambio climático es un factor que se debe tomar en cuenta como una amenaza para el APFF. La región padece de altas temperaturas que han contribuido con la incidencia de incendios forestales, y se estima que su régimen de lluvias será más escaso. Los humedales, los peces endémicos, los pastos halófitos y su biota son los objetos de conservación prioritarios ya que son más susceptibles o vulnerables a los incendios, sequías o plagas. Por ejemplo, la tortuga bisagra – considerada una de las especies amenazadas de la región – requieren de suficiente disponibilidad de agua para su subsistencia, al igual que los estromatolitos que serían altamente vulnerables a las sequías (CONANP, 2014, págs. 33-38).

Uso del agua con fines recreativos.

El interés turístico en el Valle ha ido en aumento. De acuerdo con García y López (2017), en el año 2004 se registró una afluencia de alrededor de 20 mil personas, un número significativamente mayor al número de habitantes del municipio, quienes saturaron puntos

clave como el Río Mezquites, la Poza de la Becerra, los balnearios del Corredor Ecoturístico¹³ y el humedal Las Playitas., así como otros sitios de interés como las Dunas de Yeso, las pozas, la fauna endémica y los estromatolitos. Del factor turismo se puede desprender un balance positivo y negativo: la derrama económica para los habitantes se incrementa, así como las posibilidades de tener un empleo en el sector, así como detonar otras áreas de oportunidad en alimentación y hospedaje. La parte negativa impacta, en primera instancia, en el ecosistema del Valle ya que el exceso de visitantes afecta en la vegetación, en los suelos, genera contaminación, y posible pérdida de biodiversidad.

Para las autoridades refleja la necesidad de planificación y gestión del turismo, considerando puntos como manejo de residuos, hospedaje, acceso a alimentos, así como aspectos relacionados con el cuidado del entorno (educación ambiental). García y López (2017) indican que la importancia de generar un ordenamiento en la actividad turística conllevó a conflictos con los pobladores locales, ya que tuvieron que limitar algunas oportunidades recreativas, particularmente en los cuerpos de agua; en este punto, resaltan la necesidad de vincular la conservación del APFF con el desarrollo turístico, con énfasis en el agua como un recurso vital para el desarrollo de todas las actividades productivas (cita, página 309).

Actualmente, datos proporcionados por el Director del APFF estima que anualmente hay alrededor de 150 mil visitantes; desafortunadamente, la dirección del área no cuenta con los recursos para hacer un monitoreo preciso de los visitantes¹⁴, ya que en su mayor parte son los propietarios privados los que promocionan visitas y actividades recreativas en el área. Esto suele llevarse a cabo sin planificación y sin un manejo adecuado que pueda focalizarse en la protección de los ecosistemas. Lo que más se puede observar, a consideración del Director, es que la afluencia de visitantes propició el desarrollo de hoteles y hostales, algunos

¹³ Los autores indican que este corredor se instituyó en el año 2002, con apoyo de la CONANP, para el desarrollo de infraestructura como palapas, albercas, señalética, y sitios para cocinar. Sin embargo, algunos balnearios no funcionaron conforme a lo esperado, y otros no se constituyeron de forma redituable para las comunidades (2014, pág. 305).

¹⁴ Cabe resaltar que el presupuesto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha disminuido considerablemente a partir del año 2016, profundizándose en los subsecuentes años, siendo el 2020 el año con menor monto presupuestal (Vega, 2020, pág. 299). Se estima que 3 de cada 4 pesos del presupuesto se destina a la CONAGUA, mientras que la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), por otra parte, cuenta con apenas 2.5% del presupuesto, lo equivalente a destinar \$9.56 pesos por hectárea de las ANP (García, Brown, Palmeros, & Castillo, 2020, pág. 21).

de gran lujo, que *se presume* no cuentan con políticas de protección ambiental¹⁵. Esto no sólo implica una mayor presión sobre los ecosistemas de Cuatrociénegas, sino que hay una mayor demanda de agua para consumo doméstico y urbano.

La importancia del uso ambiental o ecológico del agua en Cuatrociénegas.

El Valle de Cuatrociénegas resalta por ser un ecosistema único a nivel mundial. Al estar ubicado en el desierto chihuahuense, su sistema de lagunas y humedales, así como la presencia de diversas especies de flora y fauna endémicas, son elementos que contribuyeron con su denominación como APFF. Además, se ha convertido en un atractor de turismo gracias a la belleza escénica que le caracteriza, tanto por sus pozas como por sus dunas de yeso. Tomando en consideración estos elementos, así como otros factores ya mencionados, Cuatrociénegas es un sitio que provee diversos servicios ecosistémicos destacando:

- Servicios de provisión: agua, recursos forestales no maderables y minerales.
- Servicios culturales: estéticos, recreativos o turísticos y educativos.
- Servicios de soporte ecológico: hábitat de diversas especies endémicas de flora y fauna, conservación de especies microbianas.

En el Valle se encuentran diversos ejidos que se dedican principalmente a la agricultura. De estos resalta el ejido Antiguos Mineros del Norte, quienes trabajaron en el diagnóstico e implementación de varias acciones tales como la rehabilitación de la red de agua, mejoras en los sistemas de riego, implementación de huertos familiares y la autorización del ejido para destinar una parte del agua sobrante hacia los humedales, ríos y pozas que más lo requerían.

En este contexto, la organización PRONATURA Noreste entró en un proceso de negociación con los ejidatarios para tener una transferencia de derechos para uso del agua de lo agrícola a lo ambiental, y poder negociar este cambio ante CONAGUA bajo los argumentos legales: art. 4 Constitucional sobre el derecho a un medio ambiente, y bajo el art. 3, fracción LIV de

¹⁵ Se solicitó dicha información a hoteles en la zona, particularmente al Hotel de lujo Hacienda 1800, quienes no regresaron la comunicación tras solicitar más información sobre políticas ambientales.

la LAN sobre el uso ambiental o para conservación ecológica. La concesión para el uso ambiental considera un volumen de 9.46 Mm³ por año, y fue autorizada por la CONAGUA en el año 2014. Se considera la primera concesión¹⁶ de agua para uso ecológico en el país (Bezaury-Creel, 2017, pág. 51).

Dado que el uso agrícola es el que más ha mermado a Cuatrociénegas, lo cual se observa con los canales de Saca Salada y Santa Tecla (que llevan el agua incluso a varios kilómetros fuera de la región), se han considerado diversas estrategias para la conservación de los ecosistemas, siendo esta concesión la más sobresaliente, la cual equivale al 58% del uso del agua superficial. Pese a este hito, el equipo de PRONATURA ha tenido dificultades y conflictos con los productores locales, pues la organización estima que la extracción de agua de la región es mucho mayor de lo que se tiene registrado en el REPDA, lo cual se mencionó anteriormente, teniendo como consecuencia una merma en la función ecológica de los ecosistemas en el APFF, así como la pérdida de biodiversidad.

Rivalidad entre usuarios.

De acuerdo con Óscar Leal¹⁷, esta concesión se ubica en Pozas Azules, uno de los cuerpos de agua más característicos de Cuatrociénegas, y tiene una vigencia de 30 años. Sin embargo, esto ha causado cierta animadversión dentro de la administración actual de CONAGUA, quienes comentaron (al equipo de Pronatura) que el otorgamiento de la concesión fue “arbitrario” y no se debió haber dado. Sin embargo, el Dr. Leal explicó que, pese a la contemplación de la concesión en la LAN, se tuvo que ejercer presión mediante demandas para que se emitiera el título de la concesión y, encima de ello, en los documentos relativos a las concesiones no tienen “uso ambiental” como variable. Comentó también que una posible razón hacia este rechazo es que, como el uso ecológico es no consuntivo, no implica pago de derechos.

¹⁶ Hay un antecedente en Chihuahua del año 2009, en donde se dio una concesión para el manantial geotermal de San José de Pandos, pero ésta no se concretó.

¹⁷ El Dr. Óscar Leal es Coordinador del Programa Agua de la organización PRONATURA Noreste. Con el fin de ahondar en la situación actual, se llevó a cabo una entrevista el día 14 de enero del 2021 vía zoom para propósitos académicos.

Otro elemento para tener en consideración es que las concesiones están vinculadas a un punto geográfico determinado. La concesión, la cual es de aproximadamente 10% de la corriente de agua a Pozas Azules, está vinculada al Rancho Pronatura, y es en este lugar en donde el agua sigue su trayecto natural entre las pozas. La cuestión es que en el resto del Valle de Cuatrociénegas sí hay una mayor extracción de agua para otros usos, por lo tanto, *debería* haber un caudal por cada cuerpo de agua. PRONATURA tuvo la intención de “particionar” la concesión, es decir, que de ésta se pueda dividir entre otros puntos de extracción, lo cual sí se puede hacer de acuerdo con lo estipulado por la ley. El problema es que, a diferencia de otras concesiones (principalmente para uso agrícola), CONAGUA no autorizó la partición para Pozas Azules.

Por otro lado, los productores locales consideran que, sin agua, no pueden producir alimento alguno y, por lo tanto, no tendrían ingresos suficientes. El equipo de PRONATURA ha trabajado *in situ* para evitar que se sigan dando extracciones de agua; desafortunadamente, los conflictos entre productores y conservacionistas han llegado, incluso, a las amenazas de muerte hacia los segundos, y a una escasa intervención de CONAGUA para regular los usos y legalizar las extracciones (Peña, 2021).

Otras estrategias desde el APFF Cuatrociénegas.

Además de la concesión para uso ecológico, se han considerado otras medidas para mitigar el impacto negativo por la extracción de agua superficial y subterránea que afecta al Valle. La dirección del APFF permite llevar a cabo diversas actividades¹⁸ de sensibilización, investigación y educación ambiental dentro del área natural protegida. Mediante la revista “el Garabatal” fomentan el conocimiento sobre temas clave para Cuatrociénegas. En su edición 37 del año 2016, se focalizaron en la estrategia para reducir la demanda de agua y fomentar la recuperación del humedal mediante 6 acciones:

1. Conocimiento: se trata del estado de conservación de la zona, los servicios ambientales que provee, así como su importancia para la sostenibilidad de la vida.

¹⁸ Los documentos de estas estrategias fueron facilitados por la Dirección del APFF.

2. Compromisos: fomenta la reconversión de cultivos hacia aquellos de menor demanda de agua, incentiva el riego eficiente y mejores prácticas agrícolas.
3. Alternativas: permite la inclusión de proyectos innovadores para el uso eficiente del agua, haciendo partícipes a los jóvenes del municipio.
4. Restauración: en este componente, llevan a cabo acciones de control de especies invasoras como el carrizo, peces como la tilapia y el pez joya, además de conservar el humedal.
5. Monitoreo: se enfoca principalmente en indicadores de recuperación del humedal, así como seguimiento a especies como la tortuga bisagra, utilizada como especie insignia del APFF.
6. Aprendizaje: conlleva el eslabonamiento de los aprendizajes adquiridos en las acciones anteriores, además de reforzar acciones como el monitoreo de las pozas y una mejor administración del humedal.

Otra estrategia reciente es la de “Las prácticas agrícolas en el APFF Cuatrociénegas fomentan la conservación de los humedales y los servicios ambientales”. Tomando en consideración las problemáticas mencionadas anteriormente, esta estrategia se plantea como objetivo: *recuperar los niveles de agua de los manantiales e incrementar las áreas inundables para garantizar los procesos ecológicos y servicios ambientales que presten los humedales de esta Área Natural Protegida*” (APFF Cuatrociénegas, 2020). De acuerdo con el Director del APFF, uno de los puntos centrales es promover siembras de nopaleras, vid, higueras, nogales y granadas que ocupan menos agua, y son más adecuadas a las condiciones climáticas y de suelos que hay en la región. La meta es que 48 productores hagan esta reconversión, impactando en una superficie de 17 hectáreas con un sistema de riego eficiente (2020, pág. 13).

Otra estrategia es la de “La actividad turística en el APFF Cuatrociénegas se realiza de manera ordenada y regulada” (APFF Cuatrociénegas, 2020). Para esta, se consideran cuatro componentes:

1. Cooperación entre las instituciones involucradas: se fomenta la inclusión de diversos actores, desde entidades de gobierno, organizaciones sociales, así como prestadores

de servicios turísticos, negocios de hoteles y restaurantes, además de los habitantes de la región. La finalidad es fortalecer los esfuerzos hacia la disminución de los impactos que genera el turismo en los ecosistemas.

2. Promoción y conocimiento: en este punto, se fomenta el desarrollo de capacidades para los prestadores de servicios turísticos sobre la importancia del APFF, para que contribuyan en la conservación y protección de la biodiversidad.
3. Impulso de acciones de manejo: en este rubro se toma en consideración la mejora de la infraestructura, señalética y acciones de sensibilización y responsabilidad para los visitantes, con la finalidad de que contribuyan con el cuidado de la zona.
4. Evaluación y monitoreo de impactos: permite llevar un seguimiento de los impactos en las áreas con mayor afluencia de visitantes y analizar si estos impactos son negativos o positivos, lo cual contribuirá con la toma de medidas correctivas para redefinir actividades turísticas tomando en cuenta la capacidad de carga de los ecosistemas.

Posibles líneas de análisis e investigación sobre el uso del agua en Cuatrociénegas.

Cuatrociénegas ha sido objeto de diversos estudios, particularmente desde la biología y otras disciplinas, los cuales resaltan la importancia del sitio y sus recursos, particularmente el agua. Sin embargo, dada la complejidad que representa la gestión del agua en un lugar donde ésta es cada vez más escasa, y la rivalidad por el recurso es mayor, se pueden efectuar diversos análisis desde el ámbito de la economía ambiental y ecológica, de las cuales se desprenden potenciales líneas de investigación que pueden contribuir con una mejor toma de decisiones, principalmente para brindar un *valor* al agua y su importancia en diversos usos en un sitio con un escenario crítico como lo es Cuatrociénegas.

Vargas, *et. al.* (2013) mencionan que parte de la política hidráulica tradicional se basó en una *gestión de la oferta*, a través de la cual se fomentó el desarrollo de infraestructura para incrementar el acceso y cantidad del agua para diversos usos. Las tendencias hacia el manejo integral del agua van hacia la *gestión de la demanda*, que tomen en consideración incentivos

o reformas que fomenten una mejor gestión del agua, así como motivar un consumo adecuado acorde a todos los usos, incluyendo el ecológico.

Como se abordó anteriormente, el uso de agua en la agricultura ha sido el punto más discutido (y preocupante), así como el impacto que tiene en el ecosistema del APFF; sin embargo, todavía son necesarios más análisis y estudios desde la economía que permitan, por una parte, brindar más elementos sobre el valor del agua en la agricultura para tomar decisiones que permitan un uso eficiente del recurso, y por otra parte, visibilizar los diversos beneficios que brinda Cuatrociénegas a través de los servicios ambientales que otorga.

Ejercicios de valoración económica.

La valoración económica permite otorgar un valor a los servicios provistos por el medio ambiente, los cuales pueden ser: valores de uso o consuntivos, como es el caso del agua, y valores de no uso que pueden ser valores de herencia, legado o filantrópicos, o valores intrínsecos o de existencia. El reconocimiento de éstos permite otorgar un valor económico a diversos bienes o servicios ecosistémicos, lo que permitiría, entre otros aspectos, determinar niveles adecuados para impuestos ambientales o estándares de control de contaminación. Para determinar un valor económico se encuentran diversos métodos de valoración (Perman, Ma, Common, Maddison, & McGilvray, 2011, págs. 411-413), los cuales se pueden utilizar en conjunto con otros modelos vinculados a la economía.

Líneas arriba se hizo mención del trabajo de Howitt y Medellín (2008), acerca de la aplicación de un modelo de equilibrio parcial en la cuenca del Río Bravo para analizar los posibles efectos de la disminución de disponibilidad hídrica para diversos cultivos, así como un incremento en los costos tanto del agua como de la mano de obra. De forma paralela, Yúnez y Rojas (2008) recurren a un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA) con la finalidad de analizar posibles escenarios en donde se den cambios exógenos en la provisión de agua, sobre todo de política pública e inversión. Los autores recurren al MEGA en donde se apoyan de: la matriz de contabilidad social con énfasis en datos de la actividad agrícola, el agua como factor de producción (basado en los costos de operación y mantenimiento), y los factores de producción tierra, capital físico y trabajo. Cabe mencionar que la obtención

de datos sobre Cuatrociénegas es un punto clave, ya que no hay suficiente en los sistemas de información, por lo que sería necesario hacer trabajo de campo para su documentación.

La aplicación de estos modelos puede ser de utilidad para sustentar cambios en las políticas agrícolas regionales, aunado al uso de ejercicios como la Función de Producción, la cual permitiría analizar los factores determinantes para la siembra de diversos productos agrícolas, por ejemplo, la posible correlación entre la alfalfa y la disponibilidad de agua. Así mismo, permitiría evaluar la factibilidad de otros productos como la uva, la nuez, o el nopal. La función de producción también brinda insumos para considerar los potenciales impactos del cambio climático por factores como la temperatura o la precipitación.

Con relación a la valoración económica de los servicios ambientales provistos por el APFF, las posibilidades de aplicar diversos métodos de valoración son más amplias. Pérez (2008) recurrió al método de Costo de Viaje y a la Valoración Contingente para obtener el valor económico total de Cuatrociénegas. Para poder abordar más variables de interés, tales como el agua o la biodiversidad, se puede aplicar un método de Experimentos de Elección (EE), el cual Perman, *et. al.* (2011), indican que el método de EE está basado en la preferencia declarada de los encuestados sobre una serie de “alternativas discretas” y solicitarles que elijan entre éstas. Dichas alternativas deben referir a los atributos de un lugar o sector determinado, por ejemplo, si se trata de una reserva natural se pueden considerar atributos: especies de aves, área destinada a bosques, el número de visitantes anuales a la reserva y el costo de acceso. A cada atributo se le asignan niveles, por ejemplo, una alternativa es tener 100 visitantes, otra 300, y otra 600.

Esta metodología comparte ciertas similitudes con la de Valoración Contingente (VC), al aplicarse mediante una encuesta a una población objetivo acerca de un escenario o mercado hipotético con respecto al sitio que se pretende valorar. Ambas metodologías permiten medir valores de no uso (como la belleza escénica), y el control del diseño experimental se encuentra en el investigador. Pero una de las diferencias más importantes es que los EE evita las respuestas de “sí y no” que podría tener una VC, pues se evita la pregunta directa sobre la disposición a pagar de los encuestados; en los EE los valores monetarios son implícitos.

Otra ventaja es que los EE permiten el cálculo de la disposición a pagar basado en el valor implícito de los atributos analizados, incluso si hay cambios en estos (Perman, Ma, Common, Maddison, & McGilvray, 2011, págs. 430-431).

La aplicación del método de Experimentos de Elección permite contar con un análisis más específico sobre atributos que pueden ser clave en la conservación de Cuatrociénegas y cuáles podrían ser las acciones y estrategias que se pueden seguir con base en los resultados encontrados, además de que permitiría identificar las áreas de mejora o fortalecimiento del APFF y tener claridad sobre los costos para llevar a cabo diversas actividades dentro y fuera del sitio tales como el monitoreo en usos y extracción del agua, el control biológico y levantamiento de información sobre los visitantes.

Valoración económica de Cuatrociénegas a través del turismo.

Aunque el turismo representa un reto significativo para los ecosistemas del APFF, también es un área de oportunidad particularmente para dar paso hacia la valoración de los servicios ecosistémicos como la belleza escénica y la recreación, lo cual podría reflejarse en una mayor derrama económica para las áreas naturales protegidas en lo general. En la literatura, se encuentra un análisis de Pérez (2008), quien realizó dos ejercicios de valoración económica de Cuatrociénegas, uno de Costo de Viaje y otro de Valoración Contingente cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4: Valoración económica mediante los métodos de Costo de Viaje y Valoración Contingente para Cuatrociénegas.

Método	Características	VARIABLES	Aplicación	Resultados
Costo de Viaje	Método de valoración indirecta de preferencias declaradas el cual se aplica para sitios de recreación, en donde los individuos asumen diversos gastos de viaje. Su enfoque es en los atributos de	Costos de transportación, alimentación, hospedaje y cuota de entrada.	El autor aplicó encuestas entre los visitantes, diferenciando entre los que son habitantes del municipio y los que provienen de otros sitios.	El autor obtuvo dos resultados para visitantes locales (78.10 por persona) y externos (511.85 por persona). Considerando el número de visitantes al año, estimo un VET del APFF en: \$40,305,787.73 pesos al 2008.

	recreación o disfrute del sitio.			
Valoración Contingente	Método de valoración directa de preferencias reveladas que permiten determinar la disposición a pagar (DAP) por determinados bienes ambientales, y puede medir valores de uso y de no uso.	Disposición a pagar por el uso recreativo del APFF, así como por las condiciones y uso de servicios ambientales provistos por la misma.	El autor aplicó encuestas entre los visitantes, a quienes se les informó sobre la problemática del sitio y de las acciones que se pueden llevar a cabo para su conservación y restauración.	De manera similar, el autor obtuvo dos resultados de DAP para los visitantes locales (9,610.55 en promedio por persona) y para los externos (4,426.26). Con base en ello, calculo una VET total, considerando ambos resultados, en \$88,700,129.60 pesos al 2008.

Fuente: Elaboración propia con base en Pérez (2008, págs. 31-59), Perman, et. al. (2011, págs. 451, 435).

Una de las cuestiones que Pérez destaca es la diversidad de visiones que puede haber alrededor del APFF y cómo éstas pueden chocar. Por ejemplo, los conservacionistas apelan por tener un número menor de visitantes ya que provoca daños en el sitio, además de que muchas veces dejan basura o realizan alteraciones en los hábitats. También menciona los conflictos de interés entre ambientalistas y quienes realizan actividades productivas dentro del área, o fuera de éste, pero ocupan una importante cantidad de agua para cultivos (como la alfalfa). El autor indica que se requiere contar con más información para tener una toma de decisiones más informada, tomando en consideración los diferentes puntos de vista (Pérez, 2008, pág. 68).

Conclusiones.

El manejo del agua en México aún cuenta con una estructura en donde la toma de decisiones considera los grandes usos consuntivos, principalmente el agrícola; sin embargo, persiste la falta de recursos para la innovación y para la transferencia de tecnología hacia un uso más eficiente del agua. Aún hace falta avances en el marco legal e institucional que integren, efectivamente, la visión del derecho humano al agua y de la seguridad hídrica. En materia ambiental, hay áreas de oportunidad en las que se coloque a los ecosistemas y los servicios provistos por éstos en el centro de un manejo integrado del agua, ya que son esenciales para la sostenibilidad del ciclo hidrológico y para la provisión de diversos servicios ecosistémicos fundamentales para la vida.

El manejo del agua en el área natural protegida de Cuatrociénegas sigue siendo uno de los mayores retos para todos los actores que están involucrados en el sitio, pero también para los que se encuentran fuera de él. La situación evidencia la necesidad de buscar alternativas intersectoriales e interdisciplinarias, es decir, que los actores involucrados trabajen colectivamente teniendo como objetivo común la preservación del agua y de los ecosistemas que conforman el APFF. Este actuar colectivo responde a las críticas que, en su momento, Garret Hardin destacó en “La Tragedia de los Comunes”, y que posteriormente Elinor Ostrom abordó en “El Gobierno de los Comunes”, donde propuso una serie de principios de diseño institucional que podrían retomarse para el caso de Cuatrociénegas, motivando arreglos de gobernanza para una mejor gestión del agua.

Después del análisis de la situación, se mencionan algunos retos que se identificaron sobre el reconocimiento y aplicación efectiva de la concesión para uso ecológico o ambiental. Estos también podrían considerarse como líneas de investigación posteriores:

1. Marco legal: reforzar la importancia e incluir como criterio prelatorio el uso ecológico o ambiental en cuencas clave, ya sea con las concesiones o fortaleciendo otros instrumentos tales como el caudal ecológico, el cual cuenta con importantes avances, pero no cuenta con un carácter obligatorio, así como tener la reglamentación necesaria tanto para el caudal mismo como para las reservas de agua, considerando que éstas

siguen vigentes. Por otro lado, si se han detectado tomas ilegales o perforaciones de pozos sin concesión en el sitio, se puede recurrir a las sanciones indicadas en los artículos 149 y 150 de la Ley de Bienes Nacionales.

2. Marco institucional: es importante centrar esfuerzos en el fortalecimiento institucional, particularmente en el tema del uso ambiental o ecológico del agua. Pese al reconocimiento de los instrumentos como la concesión, aún hay varios elementos que dificultan la implementación: los intereses de actores, el “huachicoleo” de agua (refiriéndose a las extracciones ilegales o a la venta del agua por parte de aquellos con títulos de concesión), la falta de transparencia en los volúmenes concesionados y extraídos, entre otros.
 - a. En este punto sobresalen los cambios dentro de las instituciones como un reto. La rotación de personal que haya sido previamente capacitado implica pérdidas en capital humano y mayores costos para capacitar al nuevo personal.
3. La toma de decisiones debe tener una fuerte base en la ciencia. Esto permitiría tener procesos técnicos más precisos que contribuyan al uso eficiente del recurso, y sobre todo contar con los caudales necesarios para garantizar el funcionamiento ecológico de los ecosistemas. En este punto intervienen aspectos como el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas, ya sea de la agricultura o del uso doméstico, que puedan dejarse fluir en el ambiente, lo que requiere de un control en las descargas por parte de la autoridad.
4. La parte relativa al monitoreo y la transparencia aún presentan rezagos. Es necesario invertir en mejores métodos de medición, ya que la red de monitoreo es insuficiente, así como facilitar la información y datos a los usuarios del agua y tomadores de decisión. Esto está vinculado con el punto 2, pues se considera que además del huachicoleo, hay un sobre concesión y extracciones adicionales que no están siendo verificadas o están asignadas de forma errónea.
5. El uso ecológico del agua no es una tarea exclusiva de la autoridad, sino que deben intervenir los diversos usuarios del agua y otros actores. En este punto es importante detonar procesos de desarrollo de capacidades, vinculado al punto 3, y en donde intervienen diversos actores (como miembros de la sociedad civil y la academia) que contribuyan con espacios de capacitación y concientización sobre el tema, así como

generar conocimiento sobre los beneficios de contar con medioambientes sanos y las diferentes formas de actuar desde la GIRH.

Referencias.

- Aboites, L., Birrichaga, D., & Garay, J. (2010). El manejo de las aguas mexicanas en el siglo XX. En B. Cisneros, M. Torregrosa, & L. Aboites, *El agua en México: cauces y encauces* (págs. 21-50). México: Academia Mexicana de Ciencias.
- Aldama, A. (. (julio-septiembre de 2007). Comportamiento hidrogeológico de los acuíferos Cuatrociénegas y El Hundido, Coahuila, México. *Ingeniería hidráulica en México*, XXII(3), 37-59.
- APFF Cuatrociénegas. (2020). *Estrategia: Turismo Ordenado 2020*. Coahuila: APFF Cuatrociénegas.
- APFF Cuatrociénegas. (2020). *Las prácticas agrícolas en el APFF Cuatrociénegas fomentan la conservación de los humedales y los servicios ambientales*. Coahuila: APFF Cuatrociénegas.
- Ávila, S., Guevara, A., & Muñoz, C. (2008). Cómo evitar el agotamiento de los acuíferos. Análisis del desacoplamiento del subsidio a la tarifa eléctrica de bombeo agrícola. En H. Guerrero, A. Yúnez, & J. Medellín, *El agua en México. Consecuencias de las políticas de intervención en el sector* (págs. 115-134). México: FCE.
- Barajas, I., Mahlknecht, J., Kaledin, J., Kjellén, M., & Mejía, A. (2015). *Agua y ciudades en América Latina: retos para el desarrollo sostenible*. Washington: BID.
- Bezaury-Creel, J. (. (2017). *Agua dulce. Conservación de la biodiversidad, prrotección de los servicios ambientales y restauración ecológica en México*. México: TNC / Walton Family Foundation.
- Carabias, J., & Landa, R. (2005). *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. Ciudad de México: UNAM;COLMEX; Fundación Gonzalo Río Arronte.
- CONAGUA. (2018). *Estadísticas del Agua en México*. México: CONAGUA.
- CONANP. (2014). *Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Cuatrociénegas*. México: SEMARNAT/FMCN.
- CONANP. (s.f.). *Sistema de información, monitoreo y evaluación para la conservación: Listado y número de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para la Regional Noreste y Sierra Madre Oriental*. México: CONANP.
- De La Maza, M. (2017). ¿La seguridad hídrica en el Valle de Cuatrociénegas es alcanzable?: Propuesta para el desarrollo de un programa de rescate de derechos de agua en Cuatro Ciénegas, Coahuila. En M. (. De La Maza, *Cuatro Ciénegas y su estado de conservación a través de sus peces* (págs. 142-161). Monterrey: Pronatura Noreste.
- De La Maza, M. (2017). Los peces de Cuatrociénegas. En M. (. De la Maza, *Cuatro Ciénegas y su estado de conservación a través de sus peces* (págs. 32-79). Monterrey: PRONATURA Noreste.
- EMA. (2018). *Estudio de cuenca de abasto Cuatrociénegas Coahuila - Mina Nuevo León*. Saltillo: SEMARNAT.

- Encina, J. (2018). Vegetación del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. En CONABIO, *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de estado, volumen II* (págs. 119-126). México: CONABIO.
- FAO. (2021). *Progress on level of water stress. Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.4.2*. Roma: FAO.
- García, A., Brown, M., Palmeros, M., & Castillo, A. (2020). *Cuidar lo que importa. Presupuesto para el patrimonio natural. Una mirada al presupuesto para las Áreas Naturales Protegidas*. Ciudad de México: FUNDAR; Sociedad de Historia Natural Niparajá; Pronatura Noroeste.
- García, I., & López, A. (2017). Cuatrociénegas: conflictos asociados al turismo en un área natural protegida. *Cuadernos de Turismo*(40), 295-314. doi:<http://dx.doi.org/10.6018/turismo.40.309711>
- García, M. (. (2018). *Estudio de cuenca de abasto Cuatrociénegas, Coahuila - Mina, Nuevo León*. Saltillo: CONAFOR; EMA.
- González, F., & Arriaga, J. (. (2021). *Los valores del agua*. Ciudad de México: UNAM; CERSHI.
- Hardin, G. (1968). La tragedia de los bienes comunes. *Science*.
- Howitt, R., & Medellín, J. (2008). Un modelo regional agrícola de equilibrio parcial. El caso de la cuenca del Río Bravo. En H. Guerrero, A. Yúnez, & J. Medellín, *El agua en México. Consecuencias de las políticas de intervención en el sector* (págs. 151-182). México: FCE.
- Leal, A. (2017). Hidrología de Cuatro Ciénegas y su relación con los humedales. En M. (. De La Maza, *Cuatro Ciénegas y su estado de conservación a través de sus peces* (págs. 22-25). Monterrey: Pronatura Noreste.
- Martínez, P., Alatríste, A., Ortiz, F., & Irla, F. (2018). Fenómenos extremos y variabilidad climática. En P. (. Martínez, *La cuenca del Río Bravo y el cambio climático* (págs. 73-94). Puebla: UDLAP.
- Montemayor, J. e. (2010). Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 145-156. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n2/v1n2a6.pdf>
- Ortiz, S., & Romo, M. d. (Mayo-Agosto de 2016). Impactos socioambientales de la gestión del agua en el área natural protegida de Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Región y sociedad*, XXVIII(66), 195-230.
- Pearce, D. (1985). *Economía Ambiental*. México: FCE.
- Peña, J. (31 de Mayo de 2021). *Salvar o destruir el Valle de Cuatrociénegas*. Obtenido de Borderhub: <https://www.borderhub.org/noticias-especiales/salvar-o-destruir--el-valle-de-cuatrociénegas/>
- Pérez, G. (2008). *Valoración económica mediante los métodos de costo de viaje y de valoración contingente del Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatrociénegas, Coahuila (APFFCC)*. Saltillo: UAAAN.

- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural resources and environmental economics* (4ta ed.). Essex: Pearson Education.
- Pisanty, I., & Rodríguez, M. (2017). Amenazas a la biodiversidad de Cuatro Ciénegas. En CONABIO, *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado, volumen I* (págs. 485-498). México: CONANP / Gobierno del estado de Coahuila.
- Presidencia de la República. (2 de Septiembre de 2013). *Decreto por el que se establece como zona reglamentada aquella que ocupa el acuífero denominado Cuatrociénegas, ubicado en el Estado de Coahuila*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5312514&fecha=02/09/2013
- PROFAUNA. (1999). *Programa de manejo del área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas*. México: INE.
- PRONATURA. (2018). *Seguridad hídrica del Valle de Cuatro Ciénegas. Un análisis de las concesiones subterráneas, volúmenes y usos del agua de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México*. Monterrey: Pronatura Noreste A.C.
- PRONATURA. (2018). *Seguridad hídrica del Valle de Cuatro Ciénegas. Un análisis de las concesiones superficiales, volúmenes y usos del agua de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México*. Monterrey: PRONATURA Noreste A.C.
- Ramsar. (25 de Agosto de 2002). *Ficha informativa de los humedales de Ramsar*. Obtenido de Ramsar sites: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX734RIS.pdf>
- Ruelas, L., Chávez, M., Barradas, V., Octaviano, A., & García, L. (2010). Uso ecológico. En B. Jiménez, M. Torregrosa, & L. Aboites, *El agua en México: cauces y encauces* (págs. 237-264). México: Academia Mexicana de Ciencias.
- Sarukhán, J. (. (2017). *Capital Natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectiva de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. México: CONABIO.
- SEMARNAT. (16 de Junio de 2008). *Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del Acuífero 0528 Cuatrociénegas y se modifican los límites y planos de localización que respecto del mismo*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5045495&fecha=16/06/2008
- Souza, V., & Eguiarte, L. (2017). Bacterias, estromatolitos y tapetes microbianos de Cuatro Ciénegas: un oasis donde se guardó el pasado de la tierra. En M. (. De La Maza, *Cuatro Ciénegas y su estado de conservación a través de sus peces* (págs. 26-31). Monterrey: Pronatura Noreste.
- Stiglitz, J. (2000). *La economía del sector público* (3ra ed.). (A. Bosch, Ed.) Barcelona: Antoni Bosch.
- Subdirección General Técnica de la Gerencia de Aguas Subterráneas. (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuatrociénegas (0528), Estado de Coahuila*. Ciudad de México: CONAGUA.
- Vargas, S. (. (2013). *Prevención de conflictos y cooperación en la gestión de los recursos hídricos en México*. Jiutepec: IMTA.

- Vega, E. (Abril-Junio de 2015). Usos consuntivos del agua y presiones antrópicas sobre las cuencas en México. *Cuencas de México*(1), 18-22.
- Vega, E. (Septiembre-Diciembre de 2020). La erosión presupuestal de la política ambiental mexicana: evidencias, argumentos y riesgos. *Economía UNAM*, 17(51), 296-305.
- Vega, E. (2021). Valor económico. En F. Villarreal, & J. (. Arriaga, *Los valores del agua* (págs. 33-36). México: UNAM; CERSHI.
- Vélez, J. (2013). *Inventario físico de los recursos minerales de la carta Cuatrociénegas G13-B59*. Cuatrociénegas: Servicio Geológico Mexicano.
- Yúnez, A., & Rojas, L. (2008). Perspectivas de la agricultura ante reducciones en la disponibilidad de agua para riego. En H. Guerrero, A. Yúnez, & J. Medellín, *El agua en México. Consecuencias de las políticas de intervención en el sector* (págs. 183-211). México: FCE.

Fuentes electrónicas.

- Cámara de Diputados. *Ley de Aguas Nacionales*. Diario Oficial de la Federación (última reforma 6 de enero del 2020). Obtenido de: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf
- Cámara de Diputados. *Ley General de Bienes Nacionales*. Diario Oficial de la Federación (última reforma 14 de septiembre del 2021). Obtenido de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGBN.pdf>
- Cámara de Diputados. *Ley Federal de Derechos*. Diario Oficial de la Federación (última reforma 12 de noviembre de 2021). Obtenido de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFD.pdf>
- CONAGUA. *Sistema Nacional de Información del Agua*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?Todos=todos>
- CONAGUA. Registro Público de Derechos de Agua (REPDA): <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>
- Data México, Cuatro Ciénegas: <https://datamexico.org/es/profile/geo/cuatro-cienegas#economia>
- Datos del Anuario Estadístico de la Producción Ganadera al 2020. Fuente: SIAP, https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- DW (2021). “La narco-nuez: otro lucrativo negocio del crimen organizado en México”, DW (Mayo, 2022). Obtenido de: <https://www.dw.com/es/la-narco-nuez-otro-lucrativo-negocio-del-crimen-organizado-en-m%C3%A9xico/av-56552818>
- FAO, AQUASTAT para México: <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html>
- Global Water Partnership: <https://www.gwp.org/en/GWP-CEE/about/why/what-is-iwrm/>

Gobierno de Nuevo León: “Emite Gobierno de NL Declaratoria de Emergencia por sequía”: <https://www.nl.gob.mx/boletines-comunicados-y-avisos/emite-gobierno-de-nl-declaratoria-de-emergencia-por-sequia>

López, O.; Jacobs, A. (2018). “En una ciudad con poca agua, la Coca-Cola y la diabetes se multiplican”, *The New York Times* (16 de julio de 2018). Obtenido de: <https://www.nytimes.com/es/2018/07/16/espanol/america-latina/chiapas-coca-cola-diabetes-agua.html>

Monitor de Sequía, CONAGUA: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>

PIB por entidad federativa, INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/>

Servicio Geológico Mexicano (2021). “Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2020”. Obtenido de: https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2020_Edicion_2021.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Obtenido de: nube.siap.gob.mx

Unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) en Cuatrociénegas. Obtenido de: sema.gob.mx/descargas/VS/lista_UMA_Registradas.pdf

United Nations, *Global issues*. Water: <https://www.un.org/en/global-issues/water>