



Santiago de Querétaro, Qro. 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Facultad de Ciencias Naturales

Impacto de la explotación del agua en el socio-ecosistema de la Microcuenca Sonoyta, Sonora.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

G. A. María Teresa Zamorano Sámano

Director de Tesis:

Dr. Oscar Ricardo García Rubio

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



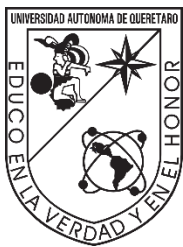
SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

Impacto de la explotación del agua en el socio-ecosistema de la Microcuenca Sonoyta, Sonora.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

G.A. María Teresa Zamorano Sámano

Director de Tesis:

Dr. Oscar Ricardo García Rubio

Dr. Oscar Ricardo García Rubio

Presidente

Mtra. Milagros Córdova Athanasiadis

Secretario

Dra. Tamara Guadalupe Sánchez Osorno

Vocal

M. en GIC. René Fernando Tobar Díaz

Suplente

Mtro. José Carlos Dorantes Castro

Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Tabla de contenido

Agradecimientos	1
1 Introducción	2
2 Objetivo general	10
2.1 Objetivos particulares.....	10
3 Área de estudio	10
4 Descripción de los métodos empleados	13
4.1 Contexto histórico.....	13
4.2 Mapeo de actores clave.....	13
4.3 Entrevistas semiestructuradas.....	15
4.4 Identificación de los impactos socio-ecosistémicos	16
4.5 Evaluación del potencial turístico mediante el LCA.....	16
5 Discusión de resultados	17
5.1 Contexto histórico.....	17
5.2 Mapeo de Actores.....	18
5.3 Análisis de los conflictos socioambientales	22
5.4 Impactos socio-ecosistémicos	23
5.5 Gestión del turismo para la conservación del ecosistema	24
5.5.1 Diagnóstico	25
5.5.2 Identificación de unidades funcionales.....	25
5.5.3 Rango de oportunidad para visitantes (ROVAP)	26
5.5.4 Capacidad de Carga Turística (CCT).....	26
5.5.5 Estrategias alternativas de operación	27
6 Conclusiones	27
7 Referencias	29
8 Anexos	33
8.1 Anexo 1. Artículo “Conflictos por el agua en la microcuenca Sonoyta: Ejidos, conservación y gestión del agua. “	34
8.2 Anexo 2. Artículo “CCT”	56

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) por el apoyo brindado mediante la beca otorgada durante mis estudios de posgrado, sin la cual este trabajo no habría sido posible.

Expreso también mi sincero reconocimiento a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y, de manera especial, a la Dirección de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, por las facilidades otorgadas y por su valioso acompañamiento a lo largo del desarrollo de este estudio.

Este trabajo se enmarca en los proyectos financiados por el Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo (PROREST), correspondientes a los años 2021 y 2022: Estudio de diagnóstico para la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (PROREST 2021) y Estudio de Límite de Cambio Aceptable para regular las actividades turístico-recreativas en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (PROREST 2022). Mi participación en estos proyectos fortaleció las bases técnicas, metodológicas y territoriales que sustentan esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de forma directa o indirecta, contribuyeron con su tiempo, disposición y experiencia al desarrollo de este trabajo.

1 Resumen

La tenencia ejidal de la tierra en México y las Áreas Naturales Protegidas representan dos procesos históricos con objetivos diferentes, pero que a menudo comparten territorio y generan conflictos, especialmente en la gestión de recursos naturales como el agua. En contextos como el de la microcuenca Sonoyta, donde las presiones sobre el agua son intensas, la coexistencia de ejidos y ANPs ha generado tensiones por el uso del recurso hídrico. La crisis ambiental, caracterizada por la sobreexplotación de acuíferos y el cambio climático, subraya la necesidad de un enfoque integrado en la gestión territorial. Este trabajo analiza la interacción entre ejidos, ANPs y cuencas hidrográficas en la microcuenca Sonoyta, donde la biodiversidad es alta pero los conflictos por el agua son crecientes. La metodología de estudio incluyó una revisión bibliográfica exhaustiva y entrevistas semiestructuradas con actores clave para comprender las perspectivas locales sobre el uso del agua y las políticas de conservación. Los resultados muestran que la creación de la Reserva afectó negativamente a los ejidatarios, limitando sus actividades productivas tradicionales. Esto resultó en un abandono de los asentamientos humanos en la zona protegida. El uso insostenible del agua en la región ha causado la sobreexplotación del acuífero, especialmente para actividades agrícolas, lo que ha reducido los niveles freáticos y puesto en riesgo la sostenibilidad del recurso, así como el deterioro del humedal “Agua Dulce”, aumentando el riesgo de extinción local de algunas especies como el Cachorrito del Desierto. La extracción hídrica en la microcuenca Sonoyta ha incrementado considerablemente debido a la expansión de la frontera agrícola y el aumento de asentamientos humanos. Esta sobreexplotación, sumada a la reducción de los niveles freáticos, está provocando un colapso ecológico en el área. Por un lado, las políticas de conservación impuestas por la creación de la ANPs han impedido que los ejidatarios utilicen las tierras para actividades productivas, lo que genera tensiones con las autoridades ambientales, que priorizan la conservación sobre el desarrollo económico local. Asimismo, la falta de soluciones claras para el manejo del agua ha intensificado la competencia entre los distintos actores, desde ejidatarios hasta autoridades federales y estatales, quienes a menudo carecen de coordinación. La

falta de un enfoque integrado en la gestión hídrica ha contribuido al deterioro del entorno, afectando tanto la calidad del agua como la biodiversidad de la región. La tortuga Sonorense, que habita en los humedales de la microcuenca, es solo un ejemplo de las especies que enfrentan el peligro de extinción debido a la alteración de sus hábitats por la reducción de los niveles de agua. Se concluye que, para garantizar la sostenibilidad del uso del agua en la microcuenca Sonoyta, es fundamental implementar una gestión hídrica integrada, que combine la conservación de los ecosistemas con el desarrollo económico local. Esto incluye la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles y el fortalecimiento de la participación de los ejidatarios en la toma de decisiones, con el fin de reducir los conflictos y promover un desarrollo equilibrado y respetuoso con el medio ambiente. Por otro lado, la gestión del turismo en ANP's es crucial debido a los beneficios sociambientales que genera, pero puede ser negativo por la degradación que ocasiona el exceso de afluencia, al sobrepasar la capacidad de regeneración de los ecosistemas, que puede ocasionar marginación y vulnerabilidad. Con el fin de enfrentar estos desafíos, se integraron los métodos de CCT, LCA, y el ROVAP, aplicadas en la RBPGDA, Sonora, México. La investigación combinó un diagnóstico socioambiental del área, estimaciones de Capacidad de carga física, real y efectiva, la evaluación de la capacidad de manejo que tiene el área, así como el análisis de la percepción de los visitantes a través de encuestas y el análisis de la percepción comunitaria mediante el análisis FODA y MAFE. En conjunto, se evidencia que el LCA complementa el valor numérico de la CCT al incorporar un monitoreo constante para detectar impactos tempranos. En conclusión, el manejo adaptativo, sustentado en la gobernanza colaborativa, es crucial para la conservación de los ecosistemas de la reserva, así como para mejorar la experiencia del visitante.

Palabras Clave: Conservación; Límite de Cambio Aceptable; Sobreexplotación del agua; Turismo.

2 Abstrac

The Ejido Land Tenure System in Mexico and Protected Natural Areas represent two historical processes with different objectives, yet they often share territory and generate conflicts, especially in the management of natural resources such as water. In sceneries such as the Sonoyta micro-watershed, where pressure on water resources is intense, the coexistence of ejidos and Biosphera Reserve has led to tensions over water use. The environmental crisis characterized by overexploitation of aquifers and climate change underscores the need for an integrated approach to territorial management. This study analyzes the interaction between ejidos, PNAs, and watersheds in the Sonoyta micro-watershed, where biodiversity is high but conflicts over water use are increasing. The research methodology included an extensive literature review and semi-structured interviews with key stakeholders to understand local perspectives on water use and conservation policies. The results show that the creation of the Reserve negatively impacted ejidatarios, limiting their traditional productive activities. This led to the abandonment of human settlements within the protected area; Unsustainable water use in the region has caused overexploitation of the aquifer, particularly for agricultural activities, which has lowered water table levels and endangered the sustainability of the resource, as well as caused deterioration of the “Agua Dulce” wetland, increasing the risk of local extinction for some species such as the Desert Pupfish “Cachorrito del desierto”. Water extraction in the Sonoyta micro-watershed has significantly increased due to the expansion of agricultural frontiers and the growth of human settlements. This overexploitation, combined with declining water table levels, is leading to ecological collapse in the area. On one hand, conservation policies imposed by the creation of the PNA have prevented ejidatarios from using the land for productive activities, generating tensions with environmental authorities who prioritize conservation over local economic development. On the other hand, the lack of clear solutions for water management has intensified competition among different stakeholders from ejidatarios to federal and state authorities who often lack of coordination. The absence of an integrated approach to water management has contributed to environmental degradation, affecting both water quality and regional biodiversity.

The Sonoran Turtle, which inhabits the wetlands of the micro-watershed, is just one example of the species facing extinction due to habitat alteration caused by reduced water levels. The article concludes that to ensure sustainable water use in the Sonoyta micro-watershed, it is essential to implement integrated water management that combines ecosystem conservation with local economic development. This includes adopting more sustainable agricultural practices and strengthening the participation of ejidatarios in decision-making, in order to reduce conflicts and promote balanced, environmentally respectful development. On the other hand, Tourism management in protected natural areas (PNAs) is crucial due to the socio-environmental benefits it generates, but it can also be negative due to the degradation caused by excessive visitor, which exceed the capacity of ecosystems to self-regenerate and can lead to marginalization and vulnerability. In order to address these challenges, CCT, LCA, and ROVAP methods were integrated and applied in the RBPGDA, Sonora, Mexico. The research combined a socio-environmental diagnosis of the area, estimates of physical, actual, and effective carrying capacity, an assessment of the area's management capacity, as well as an analysis of visitor perceptions through surveys and an analysis of community perceptions using SWOT and MAPE analysis. Together, it is evident that LCA complements the numerical value of CCT by incorporating constant monitoring to detect early impacts. In conclusion, adaptive management, based on collaborative governance, is crucial for the conservation of the reserve's ecosystems, as well as for improving the visitor experience.

Keywords: Acceptable Change Limit; Conservation; Tourism; Water overexploitation.

3 Introducción

En las últimas décadas, el mundo ha experimentado una profunda transformación ambiental derivada de las actividades antrópicas, las cuales han alterado de manera significativa a los ecosistemas naturales e inclusive el bienestar humano (Rojas, 2022). Entre estas transformaciones, la crisis del agua se ha convertido en uno de los retos más urgentes del siglo XXI, ya que su escasez y mal manejo no solo

amenazan la biodiversidad, sino también la sostenibilidad de las comunidades humanas (Rojas, 2022). Actualmente, una cuarta parte de la población mundial enfrenta una seria escasez de agua durante al menos un mes al año, situación que se agrava en zonas áridas como en el noroeste de México (Milne, 2021).

Esta problemática también se manifiesta a nivel local, especialmente en comunidades rurales que dependen directamente del agua para sus actividades económicas como la agricultura y la ganadería. Aunque tanto la conservación como el desarrollo buscan el bienestar humano, suelen surgir conflictos por la competencia en el uso de los recursos naturales. En algunos casos, como en Estados Unidos y Botswana (Sapignoli y Hitchcock, 2023), lo que plantea la necesidad de encontrar un equilibrio entre conservación ecológica y bienestar social.

Desde finales del siglo XIX, surgieron las primeras Áreas Naturales Protegidas (ANP) en el mundo, y en 1917 se decretó en México el primer Parque Nacional: el Desierto de los Leones, centrado en la protección del agua (DOF, 1917). Durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, México formalizó su Sistema Nacional de Reservas Forestales y Parques Nacionales (González *et al.*, 2014). A partir de la década de 1970, se introdujeron nuevos enfoques de gestión, incluyendo la fórmula de reserva de la biosfera (Brenner y Job, 2022), las cuales buscan preservar la biodiversidad, promover la investigación y educación ambiental, y mantener servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano (Schüttler *et al.*, 2023).

La escasez de agua no solo representa una amenaza ambiental y social, sino que también es un factor clave en la transformación de los paisajes (Díaz Caravantes y Wilder, 2014) y del uso del suelo, especialmente en regiones con esquemas de propiedad colectiva como los ejidos, y con figuras de conservación como las ANP (Ruiz-Ortega y Pacheco-Vega, 2021). En este contexto, los conflictos por el agua adquieren una dimensión territorial, ya que involucran decisiones sobre cómo, para quién y con qué fines se utiliza el recurso (Monsiváis-Montoliu y Zamora-Sáenz, 2025). Así, la gestión del agua y la conservación de los ecosistemas no pueden entenderse por separado, sino como procesos entrelazados que reflejan las

tensiones entre distintas formas de habitar, producir y preservar el territorio (Monsiváis-Montoliu y Zamora-Sáenz, 2025).

Sin embargo, los objetivos de conservación establecidos para las ANP no siempre se alinean con los intereses de las comunidades ejidales. Mientras que los ejidos promueven la producción agropecuaria y el desarrollo económico (Watters, 2021); las ANP buscan preservar la biodiversidad, mantener los servicios ecosistémicos, mitigar los efectos del cambio climático (Bonacic *et al.*, 2022), promover la investigación (Urbano *et al.*, 2024) y la educación ambiental (Nuñez-Torres *et al.*, 2023). Aun así, hay evidencia de que la propiedad común ejidal puede ser incluso más efectiva para conservar ecosistemas, como en el caso de los bosques tropicales secos de Yucatán (Lawrence *et al.*, 2020).

En este panorama, uno de los aspectos más alarmantes es la escasez y el uso inadecuado del agua, específicamente en regiones áridas y semiáridas. En estos lugares, como en Sonora, México, los acuíferos y las aguas superficiales han sido explotados superado sus límites sostenibles, un fenómeno que, como menciona Yang *et al.* (2024) para el caso de China, refleja la falta de una gestión adecuada de los recursos hídricos. La crisis hídrica en Sonora, agudizada por el uso ineficiente del agua en la agricultura y en las zonas urbanas, es un ejemplo claro de como la carencia de gestión de este recurso vital puede amenazar tanto la subsistencia de las comunidades como la conservación (Díaz-Caravantes *et al.*, 2021; Díaz-Caravantes *et al.*, 2022).

En este contexto, la cuenca del Río Sonora representa una unidad territorial clave, debido a su importancia para la agricultura y el abastecimiento de agua. Sin embargo, enfrenta una presión significativa debido a la sobreexplotación de los recursos hídricos, la contaminación y el cambio climático, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias de manejo sostenible (Búrquez y Martínez-Yrizar, 2000).

Dentro de esta región se encuentra la microcuenca Sonoyta, ubicada al noroeste de la Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBPGDA), esta microcuenca alberga ecosistemas únicos, como el sitio Ramsar “Agua Dulce”, que depende del flujo constante del agua subterránea (Zhao *et al.*, 2021; ONU, 2022).

La interacción entre la microcuenca Sonoyta y estos dos importantes sitios ecológicos, la RBPGDA y el sitio Ramsar “Agua Dulce”, crea un complejo sistema de interdependencia (CONANP, 1994). La preservación del agua subterránea y superficial en la microcuenca es crucial no solo para el abastecimiento de los habitantes locales, sino también para la biodiversidad regional que depende de estas fuentes hídricas para sobrevivir (Convención de Ramsar sobre los Humedales, 2021). La gestión del agua en estos espacios no puede abordarse de forma aislada, ya que las actividades humanas que afectan al Río Sonoyta, como la extracción de agua y la contaminación, también impactan directamente a las especies que habitan en sitio Ramsar “Agua Dulce” y en las áreas circundantes de la reserva (Convención de Ramsar sobre los Humedales, 2021).

Sin embargo, el aumento en la explotación excesiva del agua evidenciado por el abatimiento de 1.19 metros en los niveles freáticos durante un periodo de cinco años, se perfila como una de las principales amenazas para la microcuenca de Sonoyta y su biota (Vanderplank *et al.*, 2014; Borunda, 2020; CONAGUA, 2024).

El crecimiento en la superficie cultivada (+26 %) y de asentamientos humanos (+166 %) ha intensificado la presión sobre el agua. La extracción hídrica pasó de 9.2 hm³/año en 1973 a 43.43 hm³/año en 1978 (García-Rubio *et al.*, 2021; CONAGUA, 2024), lo cual ha provocado una disminución de la presión hidrostática del acuífero y una reducción de los flujos superficiales del Río Sonoyta, con impactos directos sobre el sitio Ramsar “Agua Dulce”.

Existe un conflicto estructural que se presenta en muchas ANP de México: la tensión entre los objetivos productivos de los ejidos y los objetivos de conservación de las áreas protegidas. Esta situación se vuelve crítica cuando se suma la presión por el agua en contextos áridos como Sonoyta, donde múltiples actores (ejidatarios, pequeños propietarios, agricultores, autoridades ambientales y usuarios urbanos) compiten por un recurso escaso y cada vez más deteriorado.

Frente a este panorama, es necesario explorar alternativas que permitan un uso más sostenible del territorio y del agua, particularmente en contextos donde las actividades tradicionales, como la agricultura, enfrentan limitaciones severas por la

baja aptitud del suelo y la escasez hídrica (García *et al.*, 2021). En contraste, el alto valor paisajístico, ecológico y simbólico del territorio sugiere un potencial significativo para el desarrollo de actividades turístico-recreativas de bajo impacto, las cuales podrían representar una alternativa viable para la diversificación económica local (García *et al.*, 2022). Por ello, este estudio también considera el turismo de naturaleza como una opción estratégica, evaluando su viabilidad y sostenibilidad mediante un análisis del límite de cambio aceptable, como herramienta para conciliar los objetivos de conservación con las aspiraciones de desarrollo de las comunidades locales (Cifuentes *et al.*, 1999).

Esta tensión entre conservación y producción, aunada a la creciente escasez de agua, obliga a repensar los usos del territorio en función de su viabilidad ecológica y social. Si bien el turismo puede representar una opción sustentable, es fundamental comprender primero la magnitud de la crisis hídrica en la región. En la microcuenca de Sonoyta, esta problemática se traduce en una sobreexplotación del agua subterránea, con efectos evidentes en el ecosistema y en la viabilidad de las actividades humanas. La falta de coordinación institucional y social agrava los conflictos y dificulta la implementación de estrategias efectivas para la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

Analizar el impacto de la explotación del agua en el socio-ecosistema de la microcuenca Sonoyta es crucial para entender cómo la interacción entre factores ecológicos, sociales y económicos configura un territorio en riesgo. Este análisis permitirá identificar los puntos críticos donde convergen las tensiones entre el desarrollo económico rural y la conservación ambiental.

Este estudio adopta el enfoque de gestión integrada de cuencas, lo que permite comprender las dinámicas ambientales y sociales desde una perspectiva holística. Este enfoque no solo integra la dimensión ecológica del agua, sino que reconoce los derechos, necesidades y conocimientos de las comunidades locales. Con ello, se espera aportar elementos clave para una gestión equitativa y sostenible del agua en territorios con alta vulnerabilidad ambiental y social.

4 Objetivo general

Analizar los impactos socioambientales generados por el conflicto entre ejidos y la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, en relación con el uso del agua subterránea y su impacto en el sitio RAMSAR “Agua Dulce”, considerando el potencial del turismo como una alternativa sustentable.

4.1 Objetivos particulares

- Recabar los antecedentes históricos del uso del agua en Sonoyta.
- Identificar a los actores clave, en las áreas y el uso que hacen del agua subterránea.
- Conocer las percepciones, demandas y estrategias de los ejidatarios frente a las restricciones ambientales.
- Describir los impactos ecológicos del uso del agua en el sitio Ramsar “Agua Dulce”.
- Evaluar el potencial turístico del área como una alternativa sustentable.

5 Área de estudio

La microcuenca de Sonoyta se encuentra dentro de la región hidrológica RH-8 Sonora Norte, que tiene un escurrimiento medio anual de 211 hm³/año (CONAGUA, 2024). En esta región se localizan tres microcuencas dentro de la RBPGDA. La microcuenca Desierto de Altar, que abarca la mayor parte del área de la reserva, se extiende desde el noroeste hasta el sureste. Por otro lado, la microcuenca Ejido Luis Echeverría Álvarez, la más pequeña, se ubica en el noreste de la reserva. Finalmente, la microcuenca Sonoyta, situada entre estas dos, y que presenta escurrimientos intermitentes de primer a séptimo grado, con numerosos arroyos y cauces que corresponden a la parte baja de la cuenca Sonoyta (CONAGUA, 2024).

Este territorio pertenece a la vasta región del Desierto Sonorense, caracterizado por su clima árido y semiseco, lo cual favorece la escasa precipitación. Las temperaturas varían considerablemente, con mínimas de hasta -9.5° C en invierno y máximas de hasta 49° C en verano. La precipitación anual promedio no supera los 195 mm, lo que resulta en un entorno desafiante para la vida, tanto vegetal como

animal. A pesar de las condiciones geográficas y climáticas de la región, los procesos de adaptación de los organismos han favorecido una impresionante biodiversidad. La convergencia de las provincias biogeográficas en la zona ha permitido la proliferación de especies endémicas y protegidas, como se refleja en la flora y fauna que habita la microcuenca Sonoyta (Fig. 1) (Gutiérrez-Ruacho *et al.*, 2012).

La microcuenca Sonoyta se encuentra inmersa en la parte noroeste de la RBPGDA, una de las áreas naturales más importantes de la región. No solo es crucial para la biodiversidad, sino también para las actividades humanas que dependen de sus limitados recursos hídricos. Esta microcuenca es una de las pocas fuentes de agua en un entorno tan árido, desempeñando un papel fundamental en la dinámica ecológica de la región. La RBPGDA está ubicada aproximadamente entre las coordenadas 31°51'00" N, 113°32'00" W, un sitio que representa un punto de convergencia de varios ecosistemas frágiles, que son el hogar de especies como el borrego cimarrón y diversas aves migratorias (Fig. 1) (García *et al.*, 2021).

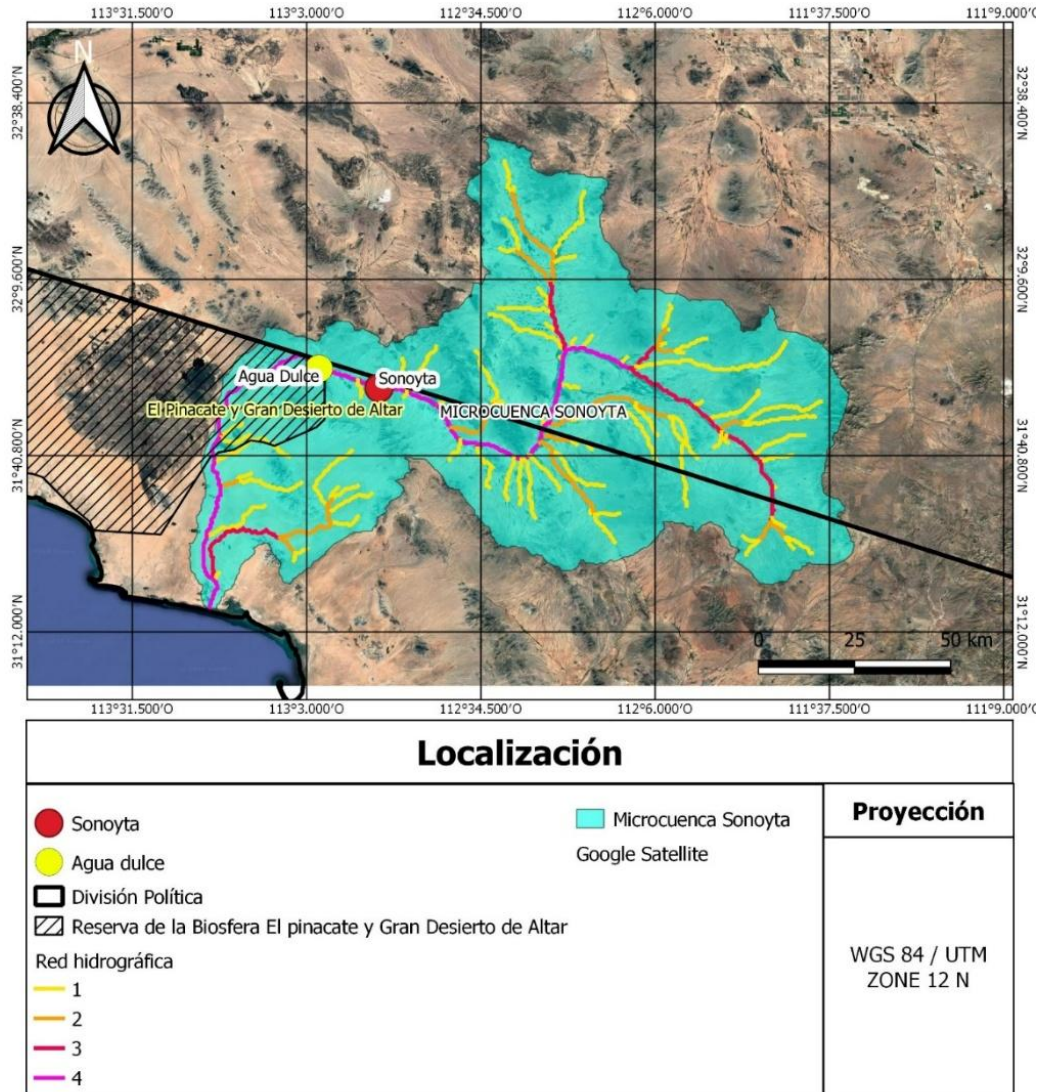


Figura 1. Localización de microcuenca Sonoyta y sitio RAMSAR Agua Dulce. Elaboración propia.

La relevancia de la microcuenca Sonoyta se magnifica aún más cuando se considera que dentro de esta región se localiza el sitio Ramsar “Agua Dulce”, inscrito por su importancia ecológica y su función como hábitat de aves migratorias. Ubicado estratégicamente al noroeste de Sonora ($31^{\circ}43' N$, $113^{\circ}34' W$), este humedal funciona como refugio vital para especies que recorren largas distancias, como el pelicano blanco y diversas especies de pato, su conservación resulta esencial para mantener la salud de la cuenca del Río Sonoyta y la integridad de su vegetación ribereña (Ramsar, 2008).

6 Descripción de los métodos empleados

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, empleando herramientas documentales, participativas y de análisis social con el fin de comprender el uso y gestión del agua subterránea en la microcuenca Sonoyta, su vínculo con la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBPGDA), y el impacto de las actividades humanas sobre el sitio Ramsar “Agua Dulce”. El proceso metodológico se estructuró en cinco etapas complementarias: contexto histórico, mapeo de actores clave, entrevistas semiestructuradas, análisis de los impactos socio-ecosistémicos y la aplicación del método de Límite de Cambio Aceptable (LCA) para evaluar el potencial turístico del área.

6.1 Contexto histórico

En la primera etapa se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva con el propósito de construir un marco teórico y contextual sólido para describir el contexto histórico respecto al manejo del agua en el área. Se consultaron libros especializados en ecología, manejo del agua en zonas áridas, políticas ambientales, y conservación en Áreas Naturales Protegidas (ANP). Asimismo, se analizaron artículos científicos, tesis académicas e informes técnicos emitidos por instituciones como CONANP, CONAGUA e INEGI. Esta revisión permitió recuperar los antecedentes históricos del uso del agua en la región, documentar los impactos socioambientales provocados por las actividades humanas, y detectar vacíos de información para orientar el trabajo de campo posterior.

6.2 Mapeo de actores clave

Para identificar a los actores clave vinculados con la gestión del agua y la conservación en el área de influencia de la RBPGDA, se desarrolló un mapeo de actores con base en una metodología adaptada de Figari y Pereira (2020). Esta herramienta permitió representar gráficamente la configuración institucional y social del territorio, considerando el tipo de actores, su cercanía a los objetivos de conservación y los vínculos entre ellos.

A diferencia de otros enfoques que dependen de entrevistas o talleres participativos, en este caso se optó por una estrategia basada en la observación directa, la revisión

documental y reuniones con el personal técnico de la RBPGDA. Esta decisión metodológica se justificó por dos razones principales: en primer lugar, debido a las limitaciones de tiempo y accesibilidad en ciertas zonas del territorio por los severos problemas de inseguridad, lo cual dificultó la aplicación sistemática de entrevistas; y, en segundo lugar, porque el objetivo de este ejercicio era construir un diagnóstico institucional preliminar a partir de fuentes verificables y visibles, sin intervenir directamente en las dinámicas de los actores involucrados.

El procedimiento de este método se estructuró en tres fases. La primera consistió en reuniones de trabajo con personal de la RBPGDA, quienes compartieron su conocimiento técnico y operativo sobre los principales actores que inciden en la reserva y su entorno. Esta etapa permitió generar un listado inicial de actores, así como identificar vínculos funcionales relevantes.

La segunda fase consistió en recorridos de campo por distintas zonas del área de estudio. A través de la observación directa se documentaron actores presentes en el territorio, infraestructura productiva, señalética institucional, actividades comunitarias y formas de apropiación del espacio vinculadas al uso del agua y otros recursos naturales. Estas observaciones fueron registradas de forma sistemática. Además, se usó la información que se obtuvo en durante las entrevistas a los distintos actores para la contextualización del uso del agua (ver siguiente sección), las cuales ayudaron a comprender las dinámicas y relaciones entre los actores clave y con ello ubicarlos de una manera objetiva en el mapa.

En la tercera fase se revisaron documentos técnicos, investigaciones previas, planes de manejo y materiales de difusión institucional, con el objetivo de complementar y triangular la información obtenida previamente. Esta revisión documental permitió verificar la participación de ciertos actores que, si bien no estaban presentes físicamente durante los recorridos, tienen un papel relevante dentro del sistema de gobernanza.

Una vez consolidada la información, se procedió a construir el mapa de actores. Para ello, se utilizó un esquema circular dividido en cuatro cuadrantes temáticos

según Figari y Pereira (2020): 1) Político-institucional; 2) Social y cultural; 3) Técnico y de conocimiento; 4) Económico-productivo y de servicios.

En el centro del esquema se ubicó a la RBPGDA como actor central. A su alrededor se trazaron tres círculos concéntricos que representan el grado de cercanía de cada actor respecto a los objetivos de la reserva: Cercano (actores con participación activa y directa); Medio (actores con influencia indirecta o intermitente); y alejado (actores con escasa o nula interacción).

Los actores individuales se representaron con cuadrados verdes, mientras que los colectivos (como ejidos, dependencias u organizaciones sociales) se representaron con círculos azules. Los vínculos observados entre actores se graficaron mediante líneas con distintas simbologías, según su intensidad y naturaleza (fluida y fuerte, esporádica, conflictiva, etc.), siguiendo el modelo de Figari y Pereira (2020).

6.3 Entrevistas semiestructuradas

En la tercera etapa se recolectó información primaria a través de entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores clave de la región, con base en la metodología propuesta por Villarreal-Puga y Cid-García (2022). Se llevaron a cabo 19 entrevistas a representantes de los ejidos (cubriendo el 100% de los ejidatarios de la reserva ubicados dentro de la microcuenca), así como los líderes comunitarios, propietarios privados y funcionarios de CONAGUA, SADER y CONANP. Las entrevistas abordaron el uso del agua subterránea, prácticas productivas (agrícolas, ganaderas y mineras), percepción sobre las políticas de conservación, y propuestas de aprovechamiento sustentable del territorio.

Para garantizar la confiabilidad de los datos, se aplicaron estrategias de validación como la triangulación con fuentes secundarias, la inclusión de perfiles técnicos institucionales, y la repetición de entrevistas en distintos momentos. Esto permitió contrastar discursos, identificar puntos de conflicto o consenso, y enriquecer la interpretación de los resultados.

6.4 Identificación de los impactos socio-ecosistémicos

Los impactos socio-ecosistémicos se identificaron mediante la triangulación entre revisión documental, entrevistas semiestructuradas, mapeo de actores y observaciones de campo. Esta integración permitió vincular la sobreexplotación del acuífero con efectos ecológicos, como la pérdida de hábitats y biodiversidad en el sitio Ramsar “Agua Dulce”, y sociales, como la migración, el abandono productivo y la percepción de exclusión entre ejidatarios. Se contrastaron fuentes técnicas e institucionales para validar los hallazgos.

6.5 Evaluación del potencial turístico mediante el LCA

Finalmente, se incorporó el método de Límite de Cambio Aceptable (LCA), propuesto por Cifuentes *et al.* (1999), con el objetivo de evaluar el potencial turístico de la microcuenca como una alternativa económicamente viable y ambientalmente compatible con los objetivos de conservación de la RBPGDA. Esta herramienta permitió identificar indicadores clave de intervención, establecer umbrales aceptables de cambio ambiental, y proponer lineamientos para la gestión sustentable del turismo. A diferencia de la agricultura (actividad limitada por la baja aptitud del suelo), el turismo de naturaleza se identificó como una opción con mayor viabilidad ecológica y social en la región.

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación permitió obtener una comprensión integral sobre la gestión del agua en la microcuenca Sonoyta, considerando datos de diversas fuentes y utilizando técnicas tanto cualitativas como cuantitativas. Este enfoque no solo proporcionó una visión detallada de las dinámicas locales de uso del agua, sino que también permitió identificar los impactos sociales y ambientales de las actividades humanas, así como las interacciones entre las comunidades locales, las autoridades y las políticas de conservación. A través de este proceso, se estableció una base sólida para la formulación de recomendaciones orientadas hacia una gestión sostenible del agua en la región.

7 Discusión de resultados

7.1 Contexto histórico

Se identificó que, durante la década de 1970, en el marco de una política nacional de reforma agraria, se promovió la formación de 25 ejidos en la región de El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora, con el objetivo de fomentar actividades productivas mediante apoyos institucionales, capacitación técnica y asistencia para la agricultura y ganadería (Ocaña, 1994). A pesar de los esfuerzos iniciales, que incluyeron la siembra de diversos cultivos y la perforación de pozos, los ejidatarios comenzaron a abandonar estas actividades ante la falta de continuidad en los apoyos y los escasos resultados productivos. Para 1994, aún persistían familias dedicadas al sector agropecuario; sin embargo, hacia 2001 la población residente había disminuido drásticamente (Brusca y Bryner, 2004). Los testimonios locales señalan que la creación de la RBPGDA fue percibida como una forma de expropiación, al limitar el acceso al territorio ejidal y eliminar incentivos para la permanencia. Esta situación aceleró el abandono de los asentamientos humanos dentro del área protegida.

Los testimonios y registro históricos muestran que la creación de la RBPGDA fue percibida como una forma de expropiación, ya que se limitaron los usos tradicionales del territorio ejidal y se eliminaron los incentivos para la permanencia, lo cual con el paso del tiempo aceleró el abandono de las tierras dentro de la RBPGDA. La imposición de nuevas normas, como la prohibición de actividades agrícolas y ganaderas en zonas específicas, afectó directamente a los medios de sustento económico de las comunidades locales. En este sentido se observó un proceso de autoexclusión y migración hacia áreas urbanas cercanas e incluso a Estados Unidos, impulsado también por otros factores como la inseguridad por la delincuencia organizada.

En cuanto a los impactos ambientales, la revisión documental recuperó datos relevantes como los del estudio geohidrológico elaborado en 1978 sobre el acuífero Sonoyta, que identificó variaciones importantes en la profundidad del nivel estático, desde 10 hasta 120 metros, influenciado por el río Sonoyta (CONAGUA, 2024). La

información reciente muestra que para 2024 se estima una extracción anual de 7,496,877 m³ de agua subterránea en esta región, de los cuales el 96% se destina a actividades agrícolas, principalmente para el cultivo de espárrago y uva. Esta situación ha generado una sobreexplotación del acuífero, donde la extracción rebasa la recarga natural, provocando un balance negativo que pone en riesgo la sustentabilidad del recurso (CONAGUA, 2024).

Desde el punto de vista ecológico, se documentaron severos impactos en áreas frágiles como el sitio Ramsar “Agua Dulce”, localizado en el río Sonoyta. La pérdida de hábitat y la extinción local de especies están asociadas con la sobreexplotación del agua subterránea, el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas y la contaminación del agua (Vanderplank *et al.*, 2014; ONU, 2022; Borunda, 2020). Específicamente, se reporta la extinción local del charal de aleta larga en el sitio Ramsar debido a la pérdida de condiciones de hábitat adecuadas (Izaguirre, 2007; Murguía, 2000), lo que confirma el deterioro del ecosistema como consecuencia de las presiones antrópicas.

7.2 Mapeo de Actores

El mapeo de actores, basado en la metodología de Figari y Pereira (2020), permitió identificar y representar visualmente a los actores involucrados en la gestión del agua en la microcuenca Sonoyta. Se construyó un esquema circular con la RBPGDA como actor central, y se clasificaron los actores en cuatro cuadrantes (Gobierno, Social/Cultural, Académico y Servicios/Otros) y tres niveles de cercanía (cercano, medio y alejado) (Fig. 2).

Entre los actores más cercanos a la toma de decisiones del manejo del agua dentro de la RBPGDA destacan CONAGUA y CONANP (Gobierno) (Fig. 2), debido a su rol institucional y normativo. CONAGUA concentra las atribuciones legales sobre la gestión del recurso hídrico como las concesiones de volumen y el monitoreo del acuífero, mientras que CONANP es responsable de la administración y conservación del ANP, con capacidad para regular actividades dentro de la reserva. Esta cercanía se refleja en su alta incidencia en la toma de decisiones, definición de

estrategias, regulaciones y proyectos que impactan de forma directa en la disponibilidad y uso del agua y los recursos naturales.

Los ejidatarios se ubicaron en un nivel igual de próximo en el esquema (cercano), dentro de la categoría social-cultural, debido a su papel activo en el uso cotidiano del agua, tanto para actividades agrícolas y ganaderas como para el abastecimiento doméstico (Fig. 2). Sin embargo, aunque muchos de estos ejidatarios no usan el recurso de manera directa en sus actividades personales ni participan oficialmente en las decisiones sobre su gestión, en la práctica suelen vender el agua de sus concesiones a empresas para el riego de campos agrícolas cercanos. Su interacción constante con el territorio y el recurso hídrico los convierte en actores clave; no obstante, su capacidad de incidencia en la toma de decisiones es limitada en comparación con las instituciones gubernamentales, lo que genera tensiones en los procesos de gobernanza.

En un nivel intermedio (medio) en la toma de decisiones sobre el manejo del recurso hídrico, se posicionaron a SADER, los agricultores, ganaderos organizados, universidades y algunos propietarios privados que inciden dentro de la RBPGDA. Estos grupos tienen una participación parcial o limitada en los procesos de decisión, principalmente en función de proyectos específicos, asesorías. SADER interviene a través de apoyos productivos y de programas de desarrollo rural, si bien fomentan la actividad agrícola y ganadera, no siempre están alineados con las estrategias de manejo integral del recurso hídrico ni de conservación de la RBPGDA. Por su parte, las universidades contribuyen con investigación aplicada, generación de datos y monitoreo, pero sin un vínculo directo con los mecanismos formales de gobernanza del agua. Finalmente, los propietarios privados ejercen cierta influencia territorial debido a la posesión de parcelas con acceso al agua; no obstante, su articulación con otros actores es incipiente y caree de coordinación efectiva que permita integrar sus intereses a los procesos de gestión.

A un nivel más alejado en la toma de decisiones sobre el recurso hídrico dentro de la RBPGDA (Fig. 2), se ubicaron a los investigadores independientes y a las empresas agrícolas externas (se encuentran en la zona de influencia de la reserva),

cuya vinculación con los procesos de gestión dentro de la reserva es escasa. Los investigadores participan ocasionalmente mediante estudios puntuales o asesorías técnicas. Por su parte, las empresas agrícolas privadas, a pesar de su alto impacto en la extracción de agua para cultivos de exportación como el espárrago, uva, jitomate o algodón, operan con poca coordinación con la comunidad local y con las autoridades dentro de la reserva. Debido a esta limitada interacción, este actor se ubicó en un nivel lejano a la toma de decisiones. Sin embargo, aunque en teoría estas no tienen una incidencia directa en la gestión del agua dentro de la RBPGDA, en la práctica compran el recurso a los propietarios de los pozos ubicados dentro de la reserva para asegurar un mayor volumen de agua destinado al riego de cultivos.

Este análisis espacial de los actores permitió visualizar desequilibrios y vacíos de articulación dentro del sistema de gobernanza hídrica dentro de la RBPGDA. Se observó, por ejemplo, que mientras los ejidatarios y productores locales son los principales usuarios directos del agua, su influencia en las decisiones estratégicas es limitada frente a las instituciones con mayor poder normativo. Asimismo, el vínculo entre el sector académico y las autoridades es débil, lo que reduce el aprovechamiento de información científica para una gestión adaptativa. En conjunto, este mapeo de actores facilita comprender las dinámicas de poder, cooperación y exclusión que moldean el manejo del agua e la microcuenca, y ofrecer un punto de partida para proponer estrategias de gobernanza más incluyentes, así como equitativas.

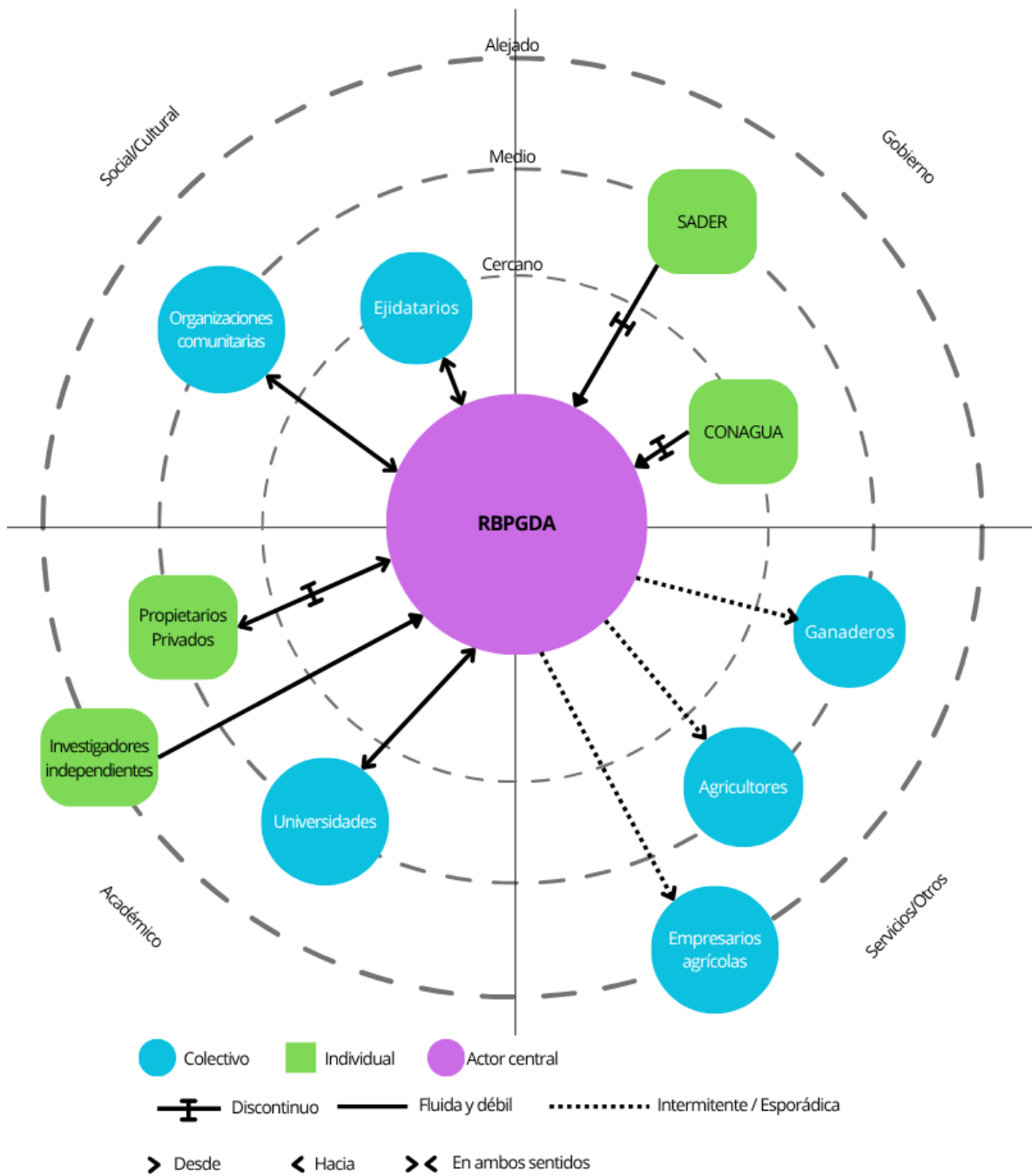


Figura 2. Esquema de mapeo de actores. Construido a partir del método de Figari y Pereira (2020).

7.3 Análisis de los conflictos socioambientales

Esta sección aborda el análisis de los conflictos socioambientales en la microcuenca Sonoyta, identificados a partir de las entrevistas con los actores claves del área. Se examinan las percepciones sobre la creación de la RBPGDA, las tensiones por el acceso y el uso del agua, y las limitadas alternativas de desarrollo económico que han influido en el abandono del territorio y la migración.

Se llevaron a cabo 19 entrevistas semiestructuradas con ejidatarios, propietarios, líderes comunitarios y representantes de instituciones como SADER y CONANP. Este enfoque cualitativo permitió a los participantes expresarse de manera libre.

Uno de los hallazgos centrales fue la percepción de que la creación de la RBPGDA fue una forma de expropiación simbólica, ya que se prohibieron algunas prácticas económicas y productivas como la ganadería y la agricultura sin ofrecer alternativas viables de desarrollo. Esta percepción se sintetiza en testimonios que se refieren a la creación del área protegida como “el gran engaño”. La pérdida del derecho a cultivar, pastorear o aprovechar el agua dentro de la reserva provocó el abandono progresivo de los asentamientos que se encontraban dentro de esta ANP, lo que se ha traducido en migración y profundo sentimiento de exclusión.

Respecto a las actividades económicas, los entrevistados identificaron como principales prácticas la ganadería de baja escala, la agricultura limitada por infraestructura, la apicultura incipiente promovida por la CONANP, y la minería artesanal. La ganadería persiste en zonas de amortiguamiento, principalmente en el ejido Valle del Pinacate, donde se crían vacas, ovejas y cabras para carne y elaboración de queso. La agricultura, a pesar de estar restringida, es la actividad que más interés genera entre los ejidatarios, especialmente con cultivos como dátil y alfalfa. Algunos señalaron que empresas privadas han arrendado terrenos en la zona de influencia de la RBPGDA para extraer agua y cultivar productos como espárrago, lo cual ha incrementado la presión sobre los recursos hídricos. La apicultura, aunque apoyada por instancias federales, enfrenta bajos niveles de producción y comercialización, mientras que la minería, especialmente de oro y materiales pétreos, continúa en pequeña escala con propuestas para expandirse.

Estas entrevistas también pusieron en evidencia la percepción de que sí existe agua en el subsuelo, pero que las condiciones climáticas, legales y económicas dificultan su aprovechamiento. La falta de apoyos, sumada a las restricciones de uso y a la inseguridad en la región, ha desmotivado a las nuevas generaciones para permanecer en el territorio.

7.4 Impactos socio-ecosistémicos

La combinación de los métodos empleados permitió identificar los principales impactos sociales y ecológicos derivados del uso del agua en la microcuenca Sonoyta. En términos socioeconómicos, la imposición de normas de conservación en la RBPGDA sin alternativas de desarrollo claras ha derivado en procesos de migración, debilitamiento del tejido social y abandono de las actividades tradicionales. Las restricciones sobre el uso de tierra y agua, junto con la percepción de exclusión por parte de los ejidatarios, han generado tensiones entre las comunidades locales y las autoridades ambientales.

En el plano institucional, los resultados muestran una débil articulación entre actores. Aunque CONAGUA, SADER y CONANP tienen presencia en la región, sus intervenciones no siempre están coordinadas, y en muchos casos, la participación comunitaria en la toma de decisiones es limitada. Esto se traduce en políticas que no responden a las necesidades ni capacidades locales, y en una gestión del agua fragmentada.

En cuanto a los impactos ecológicos, el estudio geohidrológico de 1978 y los datos actuales de CONAGUA (2024) evidencian una fuerte sobreexplotación del acuífero Sonoyta. Entre 1973 y 1978 se extrajeron 131.58 hm³ de agua subterránea (promedio anual de 26.32 hm³), mientras que para 2024 se estima una extracción de 7.5 millones de m³ anuales, en su mayoría destinados a la agricultura intensiva. Esta presión ha contribuido al descenso del nivel freático y a un balance hídrico negativo.

Los efectos de esta explotación se reflejan en la pérdida de hábitats naturales, la desecación de cuerpos de agua y la extinción local de especies endémicas. El sitio Ramsar “Agua Dulce”, por ejemplo, ha registrado desde 1997 un deterioro ecológico

significativo. Especies como el charal de aleta larga han desaparecido localmente, mientras otras como la tortuga pecho quebrado sonoreño y el cachorrito del desierto enfrentan riesgos graves debido a la pérdida de condiciones adecuadas de hábitat (Izaguirre, 2007; Murguía, 2000; Vanderplank *et al.*, 2014).

Así, los resultados integrados evidencian una crisis socioambiental en la microcuenca, donde el manejo del agua ha sido incompatible tanto con la conservación efectiva como con el desarrollo sostenible de las comunidades locales.

7.5 Gestión del turismo para la conservación del ecosistema

Dada la creciente escasez de agua, la baja aptitud de los suelos y las limitaciones productivas derivadas de las normas de conservación, se consideró necesario explorar otras formas de uso del territorio. De acuerdo con García *et al.* (2021), el 93.61% del área de la RBPGDA no es apta para la agricultura y el 73.12% no presenta condiciones para actividades agropecuarias. Sin embargo, toda la reserva presenta atractivos naturales y visuales con potencial turístico: un 22.03% tiene aptitud alta para el turismo, 3% aptitud media y 43.33% aptitud baja, principalmente por falta de infraestructura. Este panorama sugiere que, bajo una adecuada planificación, el turismo de naturaleza podría representar una alternativa sustentable para la región.

En este contexto, se consideró pertinente aplicar el método de Límite de Cambio Aceptable (LCA), el cual permite identificar umbrales ecológicos y sociales de tolerancia al turismo, de la misma manera que orienta estrategias de manejo para conservar los recursos naturales sin excluir completamente el uso recreativo del territorio.

La evaluación de la gestión turística en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBPGDA) permite analizar la viabilidad del turismo como una alternativa sustentable ante los conflictos por el agua, las restricciones productivas impuestas a los ejidatarios y el deterioro del ecosistema. Si bien esta tesis centra su análisis en el impacto del uso del agua en el socio-ecosistema de la microcuenca Sonoyta, resulta pertinente considerar que el turismo de naturaleza, bajo una

adecuada gestión, podría representar una opción para diversificar la economía local sin comprometer los recursos hídricos ni el equilibrio ecológico. En este sentido, se aplicaron metodologías como el LCA, la Capacidad de Carga Turística (CCT) y el Rango de Oportunidades para Visitantes (ROVAP), que permitieron identificar los límites de uso y las oportunidades de mejora en la gestión turística de la reserva.

Los resultados de la evaluación aplicada en la RBPGDA a través de metodologías de planificación turística sustentable permitieron obtener un diagnóstico detallado del uso público y del estado de conservación de los principales senderos.

7.5.1 Diagnóstico

Se identificaron los valores naturales, culturales y recreativos relevantes para el turismo, así como problemáticas derivadas de la afluencia turística, como erosión, generación de residuos y deterioro del paisaje. Las actividades turísticas actuales están centradas en la visita a los cráteres senderos interpretativos y zonas de campamento, lo cual genera presión sobre ciertas aéreas, especialmente en temporadas altas; sin embargo, la RBPGD solo recibe un promedio de 28,125 visitantes al año (García *et al.*, 2022).

7.5.2 Identificación de unidades funcionales

En la definición de las unidades funcionales dentro de la reserva, se identificaron nodos de actividad turística clave, los sitios turísticos con mayor flujo de visitantes y relevancia para la gestión turística, que incluyen: seis senderos (Biológico, Geológico, General, Dunas, Cono Mayo y El Elegante); un mirador (Cerro Colorado); y tres campamentos (Dunas, Tecolote y Cono Rojo). Estos sitios fueron delimitados por sus características ecológicas, nivel de intervención, tipo de uso y acceso, permitiendo su análisis individualizado.

En cuanto a los nodos de actividad, estos corresponden a puntos clave dentro de las unidades funcionales donde se concentran actividades turísticas significativas, como: las áreas de acceso y salida de los senderos; zonas de observación (miradores); áreas de campamento que funcionan como base para actividades recreativas y educativas.

La identificación de estos elementos fue esencial para el diseño de estrategias de monitoreo, control del uso público y planificación del manejo turístico con base en la presión real ejercida sobre el entorno.

7.5.3 Rango de oportunidad para visitantes (ROVAP)

A través de la aplicación del enfoque ROVAP (Rango de Oportunidades para Visitantes en Áreas Naturales Protegidas), se clasificaron los sitios turísticos evaluados dentro de la RBPGDA. Ocho de los senderos y campamentos fueron categorizados como “Primitivo”, caracterizados por una infraestructura básica, baja intervención humana y contacto estrecho con la naturaleza. Solo el sendero Santa Clara y el campamento Cono Rojo fueron clasificados como “Prístino”, es decir, áreas con mínimo impacto humano, difícil acceso y alto valor ecológico. Esta clasificación permite orientar estrategias diferenciadas de gestión turística, dependiendo del grado de intervención, accesibilidad y servicios en cada sitio. Por ejemplo, los senderos interpretativos ubicados cerca del museo Schuk Toak muestran condiciones adecuadas para recibir visitantes, mientras que sitios más remotos, como Santa Clara o Cono Rojo, requieren planes específicos de regulación y monitoreo debido a su fragilidad ambiental.

7.5.4 Capacidad de Carga Turística (CCT)

El cálculo de Capacidad de Carga Turística se llevó a cabo en seis senderos, tres campamentos y dos rutas vehiculares. Los resultados muestran que la Capacidad de Carga Efectiva acumulada para los senderos no supera los 580 visitantes por día, mientras que las rutas vehiculares presentan una capacidad limitada a 48 vehículos diarios en la Ruta Escénica y 20 en la Ruta Cono Rojo. La Capacidad de Manejo, calculada con base al personal, la infraestructura y el equipamiento de la RBPGDA, arrojó un valor de 64.03% lo cual se considera medianamente satisfactorio. El personal fue el componente más débil con un 0.45, lo que evidencia la necesidad de fortalecer las capacidades operativas de la reserva. Al comparar estos resultados con los datos históricos de entrada al museo Schuk Toak, se observó que la visitación diaria no ha rebasado la CCE, lo que indica un uso aún sostenible en términos cuantitativos.

7.5.5 Estrategias alternativas de operación

Se desarrolló un protocolo de monitoreo basado en indicadores sociales y ambientales clave, como residuos sólidos, erosión, perturbación de flora y fauna, y percepción del visitante, con el fin de detectar a tiempo los impactos negativos y ajustar las estrategias de manejo conforme al Límite de Cambio Aceptable. Las estrategias alternativas se enfocaron en equilibrar la conservación de los recursos naturales con el uso recreativo mediante acciones organizadas en tres niveles: estrategias generales, sub-estrategias y acciones específicas. La operación se planteó bajo un enfoque adaptativo, con una estructura organizativa clara y la colaboración entre autoridades de distintos niveles, organizaciones civiles y comunidades locales. El éxito de estas medidas depende de una coordinación efectiva, asignación adecuada de recursos y la participación activa de actores comunitarios y académicos.

8 Conclusiones

El estudio de la microcuenca Sonoyta pone en evidencia una problemática compleja en la que convergen factores diversos factores, desde históricos, socioeconómicos, institucionales y ecológicos. La sobreexplotación del agua, evidenciada por la disminución sostenida de los niveles freáticos y el deterioro del balance hídrico, ha impactado directamente la funcionalidad ecológica de ecosistemas clave dentro de la RBPGDA, como en el Sitio Ramsar “Agua Dulce”. Esta situación no solo compromete la biodiversidad, como especies endémicas y en riesgo, sino que también limita las posibilidades de desarrollo de las comunidades locales que dependen de este recurso.

Esta investigación confirma que existen conflictos entre los objetivos de conservación de la Reserva y los intereses productivos de los ejidos y propietarios privados, lo que responde a un trasfondo estructural social. La implementación de políticas restrictivas, sin un acompañamiento que incluya alternativas económicas reales y sostenibles, ha derivado en procesos de migración, abandono de las actividades tradicionales y debilitamiento del tejido social. Esta percepción de exclusión, reforzada por la débil articulación entre los actores institucionales y/o

gubernamentales con la comunidad, ha generado desconfianza y ha obstaculizado la construcción de acuerdos de manejo compartido del territorio, así como de sus recursos naturales.

El mapeo de actores, las entrevistas semiestructuradas y la identificación de impactos socio-ecosistémicos han permitido visualizar las asimetrías de poder y los vacíos de coordinación en la gobernanza del agua. Se constata que los actores más cercanos a las decisiones como las instituciones gubernamentales y ciertos grupos productivos, no siempre logran establecer canales efectivos de diálogo con sectores intermedios y alejados, lo que provoca que las políticas y programas no respondan de forma integral a las condiciones locales.

Por otro lado, la aplicación de herramientas de planificación turística sustentable como el LCA, la CCT y el ROVAP, evidencio que, si bien el turismo de naturaleza en la RBPGDA actualmente no sobrepasa sus umbrales de uso aceptable, existe un margen importante para mejorar su gestión, diversificación de la oferta y distribución de los beneficios entre los ejidatarios, propietarios privados y conservación de manera equitativa. En este contexto donde el 93.6% del área no es apta para la agricultura, el turismo de bajo impacto se presenta como una opción estratégica para reducir la dependencia de actividades extractivas intensivas de agua, siempre y cuando se implementen mecanismos de control, monitoreo y capacitación que contribuya a la sostenibilidad del territorio.

El análisis desde el enfoque de gestión integrada de cuencas aporta un marco conceptual y operativo capaz de articular la dimensión ecológica con la social, reconociendo la importancia del agua como elemento central del territorio y la necesidad de integrar el conocimiento y las demandas de las comunidades en los procesos de toma de decisiones. Este enfoque promueve una visión de largo plazo, en la que la conservación y el desarrollo no se conciben como objetivos opuestos, sino como componentes complementarios de una estrategia de resiliencia socio-ecosistémica.

En síntesis, el futuro de la microcuenca Sonoyta dependerá de la capacidad para transitar hacia un modelo de gestión participativa, multisectorial y basada en evidencia científica, que contemple:

1. La reducción de la sobreexplotación del acuífero mediante un uso racional y equitativo del agua.
2. La implementación de alternativas económicas compatibles con la conservación, como el turismo de naturaleza planificado.
3. El fortalecimiento de la coordinación institucional y la participación social en la gobernanza.
4. La aplicación de herramientas de monitoreo y evaluación adaptativa que permitan ajustar las estrategias ante cambios ambientales y socioeconómicos.

Solo mediante una integración coherente de estos elementos será posible garantizar la conservación de los ecosistemas, la seguridad hídrica y el bienestar de las comunidades locales, asegurando la viabilidad ecológica y social de la microcuenca en el mediano y largo plazo.

9 Referencias

- Bonacic, C., Arévalo, C., Ibarra, J. T., Laker, J. (2022). The Importance of Protected Areas in Mitigating Climate Change and Conserving Ecosystems in Latin America and the Caribbean. En: Behnassi, M., Gupta, H., Barjees Baig, M., Noorka, I. R. (Eds.). *The Food Security, Biodiversity, and Climate Nexus*. Springer.
- Borunda, A. (2020). La sobreexplotación de los acuíferos está acabando con nuestros ríos.
- Brenner, L., Job, H. (2022). Reviewing the participatory management of UNESCO Biosphere Reserves: What do we miss by ignoring local academic knowledge in Mexico?. *Ambio* 51, 1726–1738.

- Brusca, R. C., y Bryner, G. C. (2004). A case study of two Mexican biosphere reserves: The Upper Gulf of California/Colorado River Delta and Pinacate/Gran Desierto de Altar Biosphere Reserves. En: Harrison, N. E. y Bryner, G. C. (Eds.). *Science and Politics in the International Environment*. pp. 21–52.
- Búrquez, A., y Martínez-Yrizar, A. (2000). El desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales. En: Almada-Bay, I. (Ed.). *Sonora 2000 a Debate: Problemas y Soluciones, Riesgos y Oportunidades* (Cap. El desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales). Ciudad de México: Cal y Arena.
- Cifuentes, M., Mesquita, C. A. B., Méndez, J., Morales, M. E., Aguilar, N., Cancino, D., Gallo, M., Jolón, M., Ramírez, C., Ribeiro, N., Sandoval, E. y Turcios, M. (1999). *Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica* (Serie Técnica No. 1). Turrialba, Costa Rica.
- CONAGUA [Comisión Nacional del Agua]. (2024). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Sonoyta-Puerto Peñasco (2603), estado de Sonora*. Pp. 30.
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. (1994). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar* [Resumen]. Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Sonora (SANPES).
- Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2021). *Los humedales pequeños: valores, amenazas y gestión*. Secretaría de la Convención de Ramsar. https://www.ramsar.org/sites/default/files/2025-04/STRP_PB7_small_wetlands_esp.pdf
- Díaz-Caravantes, R. E. y Wilder, M. (2014). Water, cities and peri-urban communities: Geographies of power in the context of drought in northwest Mexico. *Water Alternatives*, 7(3), 499–517.
- Díaz-Caravantes, R. E., Elizalde-Castillo, F. y Escoboza, P. (2021). Vulnerabilidad sociohídrica en comunidades del río Sonora. Un enfoque para los estudios de seguridad hídrica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 11(22), 00026. Epub 16 de febrero de 2024.

- Díaz-Caravantes, R. E., Pineda-Pablos, N. y Pallánez-Murrieta, M. (2022). Using water rights to identify groundwater density areas in the Sonora River basin. *Boletín de Estudios Geográficos*, 117, 33–50.
- DOF (1917). Declaración Parque Nacional el Desierto de los Leones. 27 de noviembre de 1917.
- Figari, M. y Pereira, D. (2020). Mapeo de actores: herramienta para la acción: la experiencia de la mesa de desarrollo rural de Tacuarembó. *Agrociencia Uruguay*, 24.
- García, O. R., Zamorano, M. T., Jiménez, J. y Luna, H. (2022). Estudio técnico de límite de cambio aceptable para regular las actividades turístico-recreativas de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar. CONANP.
- García-Rubio, O. R., Luna, H., Athanasiadis, M., Zamorano, M. T., y Mondragón, D. (2021). *Estudio Técnico de Diagnóstico para la Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar*. CONANP, México.
- González, O. H. A.; Cortés-Calva, P.; Íñiguez, D. L. I. y Ortega-Rubio, A. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 60, 7-15.
- Gutiérrez-Ruacho, O. G., Brito-Castillo, L., Villarruel-Sahagún, L., y Troyo-Diéquez, E. (2012). Distribución espacial de la temperatura y precipitación y su relación con la vegetación del estado de Sonora. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 11(2), 106–111. Universidad Autónoma Chapingo.
- Izaguirre, I. S. (2007). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar.
- Lawrence, T.J., Morreale, S.J., Stedman, R.C. *et al.* (2020). Linking changes in ejido land tenure to changes in landscape patterns over 30 years across Yucatán, México. *Reg Environ Change* 20, 136 <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01722-6>
- Milne, S. (2021). Cómo la escasez de agua está provocando cada vez más guerras en el mundo (y dónde serán los próximos conflictos). BBC Futur.

- Monsivais-Montoliu, B. y Zamora-Saenz, I. B. (2025). Contributions of biocultural approaches to the sustainable planning of peri-urban water landscapes: A case study of Mexico City, Mexico. *Landscape Ecology*, 40, 149.
- Murguía, R. M. L. (2000). El agua en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora, México: Comunidades, Vida Silvestre y la Frontera con Estados Unidos. *Natural Resources Journal*, 40, 411–434.
- Núñez-Torres, A., Arones-Huarcaya, A. y Yarasca-Aybar, C. (2023). Strategies for territorial tourism planning in natural protected areas (NPAs): Alto Mayo Protected Forest (BPAM), Peru. *City Territ Archit* 10, 15.
- Ocaña, S. (1994). Informe de la primera reunión de información y concertación en apoyo a la formulación del plan de manejo para la Reserva de la Biósfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar.
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. (2022). *Aguas subterráneas: Hacer visible el recurso invisible*. UNESCO, París.
- Ramsar. (2006-2008). *Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008* [Categorías aprobadas en la Recomendación 4.7 (1999) y modificadas por la Resolución VIII.13 de la 8ª Conferencia de las Partes Contratantes (2002) y Resoluciones IX.1, Anexo B, IX.6, IX.21 y IX.22 de la 9ª Conferencia de las Partes Contratantes (2005)]. Secretaría de la Convención Ramsar.
- Rojas, R. J. J. P. (2022). Resguardo ambiental en materia de agua subterránea urbana en torno a la infraestructura vial en el Área Metropolitana de Guadalajara. Línea 3 del tren eléctrico. *Revista de El Colegio de San Luis*, 10(21), 00031.
- Ruiz-Ortega, R. y Pacheco-Vega, R. (2021). Panorama de los conflictos subnacionales en torno al agua en México. Aplicación de una propuesta metodológica para su identificación y caracterización. *Espiral (Guadalajara)*, 28(82), 249-290.
- Sapignoli, M., Hitchcock, R.K. (2023). Biodiversity Conservation, Protected Areas, and Indigenous Peoples. En: Sapignoli, M., Hitchcock, R.K. (Eds.). *People, Parks, and Power*. *Springer Briefs in Anthropology*. Springer, Cham.

- Schüttler, E., Mackenzie, R., Muñoz-Petersen, L. (2023). Biocultural Conservation in Biosphere Reserves in Temperate Regions of Chile, Estonia, Germany, and Sweden. In: Rozzi, R., Tauro, A., Avriel-Avni, N., Wright, T., May Jr., R.H. (eds) *Field Environmental Philosophy*. Ecology and Ethics, 5. Springer, Cham.
- Urbano, F., Viterbi, R., Pedrotti, L. *et al.* Enhancing biodiversity conservation and monitoring in protected areas through efficient data management. *Environ Monit Assess* 196, 12 (2024).
- Vanderplank, S., Ezcurra, E., Delgadillo, J., *et al.* (2014). Conservation challenges in a threatened hotspot: Agriculture and plant biodiversity losses in Baja California, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 23, 2173–2182.
- Villarreal-Puga, J., y Cid-García, M. (2022). La Aplicación de Entrevistas Semiestructuradas en Distintas Modalidades Durante el Contexto de la Pandemia. *Revista Científica Hallazgos*, 21, 7(1), 52- 60.
- Watters, R. (2021). Southern Mexico: Revolution, Agrarian Reform, and Rural Development. En: Rural Latin America in Transition. Governance, Development, and Social Inclusion in Latin America. Palgrave Macmillan, Cham.
- Yang, J., Zheng, J., Han, C. *et al.* (2024). Analysis of sustainable water resource management and driving mechanism in arid region: a case study of Xinjiang, China, from 2005 to 2020. *Environ Sci Pollut Res* 31, 15900–15919.
- Zhao, Y., Norouzi, H., Azarderakhsh, M., y AghaKouchak, A. (2021). Global patterns of hottest, coldest and extreme diurnal variability on Earth. *American Meteorological Society*, 1–27.

10 Anexos

10.1 Anexo 1. Artículo “Conflictos por el agua en la microcuenca Sonoyta: Ejidos, conservación y gestión del agua. “

Conflictos por el agua en la microcuenca Sonoyta: Ejidos, conservación y gestión del agua.

Water conflicts in the Sonoyta microwatershed: Ejidos, conservation and water management.

María Teresa Zamorano-Sámamo^a <https://orcid.org/0000-0002-1342-7279>
Milagros Córdova-Athanasiadis^a <https://orcid.org/0009-0001-0944-4412>
Tamara Guadalupe Osorno Sánchez^b <https://orcid.org/0000-0001-8602-1432>
Oscar Ricardo García-Rubio^{a*} <https://orcid.org/0000-0003-2053-6550>

^a Laboratorio de Biogeografía e Integridad Biótica, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro., México.

^b Geografía Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro., México.

Autor para correspondencia: Oscar Ricardo García-Rubio. Correo electrónico: osrigaru@gmail.com

Resumen:

La tenencia ejidal de la tierra en México y las Áreas Naturales Protegidas representan dos procesos históricos con objetivos diferentes, pero que a menudo comparten territorio y generan conflictos, especialmente en la gestión de recursos naturales como el agua. En contextos como el de la microcuenca Sonoyta, donde las presiones sobre el agua son intensas, la coexistencia de ejidos y ANPs ha generado tensiones por el uso del recurso hídrico. La crisis ambiental, caracterizada por la sobreexplotación de acuíferos y el cambio climático, subraya la necesidad de un enfoque integrado en la gestión territorial. Este trabajo analiza la interacción entre ejidos, ANPs y cuencas hidrográficas en la microcuenca Sonoyta, donde la biodiversidad es alta pero los conflictos por el agua son crecientes. La metodología de estudio incluyó una revisión bibliográfica exhaustiva y entrevistas semiestructuradas con actores clave para comprender las perspectivas locales sobre el uso del agua y las políticas de conservación. Los resultados muestran que la creación de la Reserva afectó negativamente a los ejidatarios, limitando sus actividades productivas tradicionales. Esto resultó en un abandono de los asentamientos humanos en la zona protegida. El uso insostenible del agua en la región ha causado la sobreexplotación del acuífero, especialmente para actividades agrícolas, lo que ha reducido los niveles freáticos y puesto en riesgo la sostenibilidad del recurso, así como el deterioro del humedal “Agua Dulce”, aumentando el riesgo de extinción local de algunas especies como el Cachorrillo del Desierto. La extracción hídrica en la microcuenca Sonoyta ha incrementado considerablemente debido a la expansión de la

frontera agrícola y el aumento de asentamientos humanos. Esta sobreexplotación, sumada a la reducción de los niveles freáticos, está provocando un colapso ecológico en el área. Por un lado, las políticas de conservación impuestas por la creación de las ANPs han impedido que los ejidatarios utilicen las tierras para actividades productivas, lo que genera tensiones con las autoridades ambientales, que priorizan la conservación sobre el desarrollo económico local. Asimismo, la falta de soluciones claras para el manejo del agua ha intensificado la competencia entre los distintos actores, desde ejidatarios hasta autoridades federales y estatales, quienes a menudo carecen de coordinación. La falta de un enfoque integrado en la gestión hídrica ha contribuido al deterioro del entorno, afectando tanto la calidad del agua como la biodiversidad de la región. La tortuga Sonorense, que habita en los humedales de la microcuenca, es solo un ejemplo de las especies que enfrentan el peligro de extinción debido a la alteración de sus hábitats por la reducción de los niveles de agua. Se concluye que, para garantizar la sostenibilidad del uso del agua en la microcuenca Sonoyta, es fundamental implementar una gestión hídrica integrada, que combine la conservación de los ecosistemas con el desarrollo económico local. Esto incluye la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles y el fortalecimiento de la participación de los ejidatarios en la toma de decisiones, con el fin de reducir los conflictos y promover un desarrollo equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

Palabras-clave: Actividades humanas, Áreas Naturales Protegidas, Conservación, Sitio RAMSAR, Sobreexplotación hídrica.

Abstract:

The Ejido Land Tenure System in Mexico and Protected Natural Areas represent two historical processes with different objectives, yet they often share territory and generate conflicts, especially in the management of natural resources such as water. In sceneries such as the Sonoyta micro-watershed, where pressure on water resources is intense, the coexistence of ejidos and Biosphera Reserve has led to tensions over water use. The environmental crisis characterized by overexploitation of aquifers and climate change underscores the need for an integrated approach to territorial management. This study analyzes the interaction between ejidos, PNAs, and watersheds in the Sonoyta micro-watershed, where biodiversity is high but conflicts over water use are increasing. The research methodology included an extensive literature review and semi-structured interviews with key stakeholders to understand local perspectives on water use and conservation policies. The results show that the creation of the Reserve negatively impacted ejidatarios, limiting their traditional productive activities. This led to the abandonment of human settlements within the protected area; Unsustainable water use in the region has caused overexploitation of the aquifer, particularly for agricultural activities, which has lowered water table levels and endangered the sustainability of the resource, as well as caused deterioration of the “Agua Dulce” wetland, increasing the risk of local extinction for some species such as the Desert Pupfish “Cachorrito del desierto”. Water extraction in the Sonoyta micro-watershed has significantly increased due to the expansion of agricultural frontiers and the growth of human settlements. This overexploitation, combined with declining water table levels, is leading to ecological collapse in the area. On one hand, conservation policies imposed by the creation of the PNA have prevented ejidatarios from using the land for productive activities, generating tensions with environmental authorities who prioritize conservation over local economic development. On the other hand, the lack of clear solutions

for water management has intensified competition among different stakeholders from ejidatarios to federal and state authorities who often lack of coordination. The absence of an integrated approach to water management has contributed to environmental degradation, affecting both water quality and regional biodiversity. The Sonoran Turtle, which inhabits the wetlands of the micro-watershed, is just one example of the species facing extinction due to habitat alteration caused by reduced water levels. The article concludes that to ensure sustainable water use in the Sonoyta micro-watershed, it is essential to implement integrated water management that combines ecosystem conservation with local economic development. This includes adopting more sustainable agricultural practices and strengthening the participation of ejidatarios in decision-making, in order to reduce conflicts and promote balanced, environmentally respectful development.

Keywords: Conservation, Human activities, Protected Natural Areas, RAMSAR site, Water overexploitation.

Introducción

El concepto de ejido en México surgió cuando los españoles otorgaron algunos sitios para que pastara el ganado de los indígenas y pudieran cultivar sin que estos se confundieran con el ganado y los cultivos de los españoles (Goyas, 2020). El ejido en su forma actual apareció en la ley promulgada el 6 de enero de 1915, y fue en 1990 que se dio fin al reparto agrario con el objetivo de promover las asociaciones estratégicas para con ellas, incrementar la producción y diversificar las actividades económicas en los núcleos agrarios como lo menciona el artículo 27 constitucional y la Ley Agraria, las cuales asumen que los núcleos agrarios son creados para fines productivos (Candelas, 2019).

Por otro lado, a finales del siglo XIX surgieron las primeras áreas naturales protegidas (González et al., 2014), fue en 1917 cuando se creó el primer Parque Nacional en México, el Desierto de los Leones, enfocado en la conservación del agua (DOF, 1917). Durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, México formalizó su Sistema Nacional de Reservas Forestales y Parques Nacionales (González et al., 2014). En la década de 1970, se introdujeron nuevos enfoques de gestión, incluyendo la denominación de reserva de la biósfera (Brenner & Job, 2022). Estas áreas, tanto terrestres como marinas, tienen una historia global rica y desempeñan un papel vital en la conservación y gestión sostenible de recursos naturales (Schüttler et al., 2023). Su objetivo principal es preservar la biodiversidad, promover la investigación y educación ambiental, y mantener servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano (Schüttler et al., 2023). En resumen, las áreas naturales protegidas son herramientas fundamentales para la conservación de la naturaleza y el desarrollo sostenible (Kim et al., 2023).

Los objetivos de los ejidos y las áreas naturales protegidas (ANPs) no están alineados, mientras que los ejidos persiguen el objetivo de promover la producción agrícola y diversificar las actividades económicas en las comunidades agrarias (Watters, 2021), las ANPs buscan preservar la biodiversidad, mantener los servicios ecosistémicos, mitigar los efectos del cambio climático (Bonacic et al., 2022), promover la investigación (Urbano et al., 2024) y la educación ambiental (Nuñez-Torres et al., 2023). A pesar de esta disparidad de objetivos, Lawrence et al. (2020), encontraron que las regiones boscosas tropicales secas de

Yucatán, se conservan mejor en la propiedad común ejidal, que en las tierras administradas y privatizadas individualmente.

Aunque ambos buscan el desarrollo y el bienestar de las comunidades, a menudo pueden surgir conflictos debido a la incompatibilidad por el uso de la tierra y los recursos naturales (Rcart & Rico-Amorós, 2021); ello ha impulsado en algunos países como Estado Unidos y Botswana, a reubicar a los habitantes originales del sitio con la finalidad de conservarlo (Sapignoli & Hitchcock, 2023). No es el caso de México, en donde las ANPs tienen generalmente altas densidades de población, por lo que no sería viable mover a sus pobladores. En ese sentido, es crucial encontrar un equilibrio entre ambas instancias, para garantizar la sostenibilidad económica y ambiental en las áreas naturales protegidas.

En el contexto actual de la crisis ambiental, las ANPs desempeñan un papel fundamental en la conservación de los recursos hídricos, contribuyendo a la regulación del ciclo del agua, la recarga de acuíferos y la protección de cuencas hidrográficas. Sin embargo, la creciente demanda de agua por parte de comunidades locales y sectores productivos ha generado conflictos socioambientales en torno a su acceso y distribución. Por ejemplo, en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas, Coahuila, México, la gestión del agua ha provocado tensiones entre las políticas de conservación y las necesidades de la población local, evidenciando la dificultad de compatibilizar la preservación ecológica con el desarrollo económico y social (Ortiz & Romo, 2016). Estos conflictos resaltan la necesidad de implementar estrategias de gestión integrada que armonicen la conservación ambiental con el desarrollo social, promoviendo un uso sostenible del agua que garantice tanto la preservación de los ecosistemas como el bienestar de las comunidades dependientes de estos recursos.

En este contexto, en la actualidad se enfrenta una serie de crisis ambientales, que abarcan temas como el de la ecología política de la extracción de recursos naturales (Guzmán-Gallegos & Leifsen, 2022), que afecta el funcionamiento natural de la biosfera, al ejercer presiones muchas veces catastróficas para el bienestar natural y del mismo humano (Rojas, 2022). El crecimiento demográfico y la globalización han intensificado las presiones sobre los recursos naturales (Sibt-e-Ali et al., 2023), lo que ha llevado a graves problemas de contaminación ambiental (Al-Numan, 2024), cambios de uso de suelo (Hernandes et al., 2022), pérdidas significativas en las pesquerías (Nagtzaam & Brady, 2023) y la desaparición de grandes masas forestales (Diwediga et al., 2017). Empero, uno de los aspectos más alarmantes es la escasez y el uso inadecuado del agua. Los acuíferos subterráneos y las aguas superficiales en las regiones áridas han sido explotados más allá de sus límites (Yang et al., 2024). La escasez del agua representa una de las catástrofes más significativas del siglo XX (McNabb & Swenson, 2023), ya que tiene la capacidad de transformar radicalmente el hábitat natural de una región; además, tiene impactos en las actividades económicas (Yasmeen et al., 2024) y disminuye la calidad de vida de las personas (Rojas, 2022). En los últimos 40 años el uso del agua ha aumentado un 1 % y se predice que seguirá así por los siguientes 26 años (Hernández-Palafox & Mundo-Rosas, 2024).

Sus consecuencias son graves, por ejemplo, en Baja Verapaz, Guatemala, el cambio en el régimen hídrico, sumado al incremento de la demanda del agua en las ciudades adyacentes, ha generado el abatimiento de sus acuíferos, estos fenómenos han promovido la migración de pobladores de la ciudad Rabinal, que se ubica en la parte baja de la cuenca (Ramírez & Pineda, 2021). En México se experimenta un escenario similar, en donde la crisis del agua se ha convertido en un tema prioritario (Nava et al., 2024). En Sonora, la falta de agua por la sobre explotación de los acuíferos y su uso ineficiente en la agricultura y la zona urbana son

preocupaciones apremiantes desde hace más de una década, ello promovió el desplazamiento de los ejidatarios de bajos recursos, dejando solo a algunos grandes productores (Martínez & Quintero, 2009).

Esta situación crítica refleja la ausencia de una gestión adecuada de los recursos hídricos, lo que con el paso del tiempo ha tenido como principal necesidad implementar diversas medidas para conservar y utilizar de manera sostenible este vital recurso (Mallick et al., 2023). Este escenario plantea una serie de prerrogativas que deben de abordarse de forma holística; para ello, este estudio parte de la microcuenca como un eje rector que ayuda a entender la problemática del sitio y cómo el factor antrópico ha impactado al socio-ecosistema local.

La cuenca es más que un simple espacio delimitado por un parteaguas, donde el agua actúa como elemento conductor y se evalúan aspectos hídricos; las cuencas son unidades base que tienen diferentes escalas (subcuenca, microcuenca y unidad de escurrimiento) (Araque et al., 2019), que consideran las diversas formas de apropiación (Medina & Guevara-Hernández, 2018), usos y costumbres (Bellaubí, 2017), la organización social (Reyes et al., 2021) y la variedad de actores presentes en ellas (Tinoco-Navarro et al., 2020), así como su relación intrínseca con el medio ambiente (Londoño, 2001). Este enfoque toma en cuenta la gestión y manejo de los recursos naturales (Sánchez et al., 2003), en el que se promueven acciones para el desarrollo del territorio, contemplando un beneficio económico local en armonía con el medio ambiente (Llanez & Sacristán, 2021).

Existe una relación importante entre el reparto de las tierras (tenencia de la tierra) y las áreas naturales protegidas con la perspectiva de cuencas (Vicencio & Bringas, 2014; Trujillo-Díaz & Cruz-Morales, 2021), ya que esta revela un sistema complejo en el que se entrecruzan aspectos políticos, económicos y ambientales (Villatoro, 2017), llamados socio-ecosistemas (Ortega et al., 2014). Además, en este contexto de la relación entre los ejidos, ANPs y la gestión de cuencas, es crucial considerar cómo estas diversas dimensiones interactúan y afectan en la disponibilidad y calidad del agua, la biodiversidad y el bienestar humano (Dorantes, 2018).

En el caso específico de Sonora, la gestión de cuencas adquiere una relevancia especial debido a las condiciones áridas y semiáridas que caracterizan la región (Pineda et al., 2014), así como a los desafíos asociados con el uso eficiente y equitativo del agua en un contexto de crecimiento demográfico y desarrollo económico (Huaquisto & Chambilla, 2019). La cuenca hidrográfica del Río Sonora, por ejemplo, es vital para la agricultura de riego (Díaz & Camou, 2005), la industria y el abastecimiento de agua potable en la región (CONAGUA, 2024), pero también enfrenta presiones significativas debido a la sobreexplotación de los recursos hídricos (INEGI, 2017), la contaminación y el cambio climático (Jaimes-Valdez et al., 2022).

La microcuenca Sonoyta se encuentra en el desierto Sonorense, el cual se ubica en una posición geográfica que le confiere un clima dominante BWhw (x'), muy seco semicálido, con lluvias en verano, invierno y escasas todo el año; las temperaturas máximas varían de 30° - 43° C, y las mínimas de 9° - 12° C. Las lluvias son escasas y esporádicas, la precipitación media anual es de 184.4 mm (CONAGUA, 2024). Esta característica, en adición a la convergencia de las provincias biogeográficas, han promovido la gran diversidad biológica que alberga (Gutiérrez-Ruacho et al., 2012), con un número significativo de especies protegidas por las leyes mexicanas (DOF, 2019), y un número relevante de especies vegetales endémicas (Felger, 2000). Sin embargo, la biodiversidad protegida por la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBPGDA), se ve amenazada por las

actividades antrópicas en la zona del área de influencia de la reserva, en la que se extiende la microcuenca de Sonoyta.

El mayor impacto se ha registrado en el sitio RAMSAR “Agua Dulce” un lugar de importancia para la conservación de las aves, tortugas y peces. Este estudio, analiza cómo las actividades antrópicas que se llevan a cabo en la microcuenca Sonoyta han impactado la integridad del sitio, principalmente al reducir el aporte de agua que lo alimenta.

Métodos

La investigación consta de dos etapas, que permitieron recopilar y analizar la información obtenida. En la primera etapa, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica exhaustiva usando el motor de búsqueda de Google, en diversas editoriales (SpringerLink, Scielo, ScienceDirect, ResearchGate, Google académico, Jstor), consultando diversas fuentes (libros especializados, artículos originales, tesis, etc.); además, se consultaron datos de instituciones clave como la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Municipio de Sonoyta. Esto proporcionó un marco sólido de conocimiento y estableció una base comprensiva sobre el tema.

En una segunda etapa, se llevaron a cabo entrevistas semi estructuradas con actores clave (n = 19), pertenecientes a los grupos de ejidatarios, propietarios privados y autoridades de gobierno. Los participantes compartieron sus puntos de vista de manera libre y abierta, lo que generó una rica y variada gama de datos cualitativos. Además, las entrevistas permitieron una apreciación más completa del contexto socioeconómico y cultural, así como de los usos y costumbres locales relacionados con el recurso hídrico, a través de las percepciones, experiencias y conocimientos de los actores involucrados. En las entrevistas se tocaron temas sobre las actividades laborales, económicas, vida silvestre, turismo, minería, la relación con las autoridades ambientales y la organización de los núcleos agrarios.

Es importante tener en cuenta, como señala Diefenbach (2008), que, si bien las entrevistas son una herramienta invaluable para explorar las percepciones y experiencias de los participantes, también enfrentan ciertas limitaciones. Estas incluyen la posibilidad de sesgos o inexactitudes en las respuestas, así como la influencia de factores contextuales en la interpretación de los datos. Por lo tanto, se implementaron estrategias adicionales para mejorar la calidad y la fiabilidad de la información obtenida, como el aumento en el número de entrevistas (n=19) y la inclusión de personas con experiencia en instituciones relevantes como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). También se realizaron entrevistas repetidas con los mismos participantes y se buscó la convergencia de diferentes fuentes de datos para validar y enriquecer los hallazgos de la investigación.

Desarrollo

La acogida en El Pinacate ¡El gran engaño!

Históricamente la formación de los ejidos en los municipios de San Luis Río Colorado, Puerto Peñasco y General Plutarco Elías Calles, Sonora; como en el resto del país, atendieron a una política enfocada a detonar el desarrollo a través de actividades productivas, principalmente agrícolas y pecuarias. En la década de los 70 la Secretaría de la Reforma

Agraria presentó un proyecto para trasladar la propiedad de la tierra a 25 ejidos en la zona de El Pinacate y Gran Desierto de Altar. Los nuevos ejidatarios recibieron las tierras con la promesa de las autoridades de ayudarles a operar las actividades productivas, mediante la capacitación técnica y apoyo tecnológico para la práctica agrícola y ganadera. Inicialmente se sembraron varios cultivos, algunos ejidatarios mencionaron “...yo sembraba alfalfa, maíz, avena, sorgo, sandía y trigo, pero ya no siembro por la falta de agua”. Sin embargo, a pesar de que se apoyó la perforación de pozos y se otorgaron apoyos para la compra de semilla, así como para la adquisición de otros insumos agrícolas y pecuarios, los ejidatarios fueron abandonando estas actividades. Ocaña (1994) menciona que fue por una mala racha de producción y por la cartera vencida de los ejidatarios.

En 1994, en el ejido de Punta Peñasco vivían seis familias dedicadas a la agricultura y la ganadería (Figura 1); para el 2001, la RBPGDA tenía pocos asentamientos humanos, que sumaban entre 100 y 200 personas (Brusca et al., 2004), hoy día son un par de decenas los residentes, y de ellos, solo unos cuantos viven de forma regular dentro de la reserva. A decir de ellos, las principales razones para abandonar estos asentamientos, fueron la suspensión de los apoyos al campo, a la ganadería y el decreto de creación de la RBPGDA, que implica su expropiación. Uno de los ejidatarios entrevistado menciona: vivíamos en nuestro ejido, pero desde que se creó la reserva ya no nos dejan ni entrar al ejido [...]. (Diario de campo).



Figura 1. Cultivo de alfalfa, Ejido Punta Peñasco. 1992. Cortesía Alfredo Souza.

La creación de la reserva y las nuevas normas: La autoexclusión

La RBPGDA se decretó el 10 de junio de 1993 (DOF, 1993) “Por ser de interés público, se declara área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biósfera, la región conocida como El Pinacate y Gran Desierto de Altar ubicada en los Municipios de Plutarco Elías Calles, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, en el Estado de Sonora, con una superficie total de 714,556 hectáreas, integrada por la zona núcleo I denominada Sierra El Pinacate y Bahía Adair con superficie de 228,112 hectáreas, la zona núcleo II denominada Sierra el Rosario con superficie de 41,392 hectáreas, y una zona de amortiguamiento con superficie de 445,051 hectáreas”.

La expropiación es un instrumento que busca lograr el equilibrio entre el interés público y el interés de los propietarios (Herrera, 2019); sin embargo, es una de las figuras jurídicas que atenta contra la propiedad de las tierras y los territorios indígenas (Cao, 2023). La expropiación, es una acción unilateral promovida por los titulares de la administración pública federal o estatal, cuyo fin es el privar a los propietarios (privados, ejidales, comunales), del uso, goce, disfrute y disposición de sus bienes, a favor de una utilidad pública (López, 2007). Bajo esta nueva modalidad, se contemplan una serie de limitaciones que extinguen de forma parcial los atributos del propietario, de tal forma que dejan de gozar de todas las facultades inherentes a la extensión actual de su derecho (López, 2007). Bajo estos fundamentos, las áreas naturales protegidas de México y del mundo, plantean una serie de acciones y restricciones que se pueden llevar en ella (DOF, 2024), dependiendo de la denominación de zonificación que se trate. Esto incluye establecer indicadores como la capacidad de carga de senderos, la frecuencia de actividades recreativas de alto impacto y la evaluación de las condiciones del suelo y vegetación; por ejemplo, en las zonas núcleo, las actividades antrópicas son limitadas, con el fin de llevar a cabo un proceso de conservación sumamente estricto (DOF, 2024); mientras que en otras (*e. g.* subzona de uso público) se permite llevar a cabo actividades de esparcimiento e incluso la construcción de infraestructura para la atención a los visitantes, o actividades productivas como la agricultura y ganadería (DOF, 2024).

Como antes se mencionó, su valor biofísico es tal que, el 25 de octubre de 1995 se incorporó a la red de Reservas del Programa El Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO; posteriormente, el 25 de septiembre de 2007 fue nombrado el Sitio RAMSAR “Agua Dulce”, el cual es un humedal clave para la conservación de la biota dentro de la RBPGDA, particularmente en la microcuenca Sonoyta, ya que sustenta la biodiversidad de la región, además de albergar especies endémicas y regular el ciclo hidrológico (Kenza et al., 2018). La reserva se incorporó el 21 de junio de 2013, en la 37ava Sesión del Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO, a la Lista de Patrimonio Mundial. Con su entrada en vigor, las actividades permitidas y no permitidas en la reserva, impusieron una serie de restricciones a los ejidatarios, que transgredió el modo de vida de sus habitantes, ya que éstos tenían usos y costumbres que no son acordes con las disposiciones de las autoridades ambientales.

Tras la declaratoria, se instauró una política de uso de suelo que contradice lo que la figura ejidal supone para el desarrollo social. Es importante señalar que, en el momento en el que se creó la reserva existían tres principales actividades económicas: la agricultura, la ganadería y la minería a cielo abierto (la actividad más redituable), todas actividades de alto consumo de agua (Brusca et al., 2004). Se trazó una zonificación que abarca la Zona Núcleo, donde se permiten actividades tradicionales por los Tohono O’odham, investigación científica y monitoreo ambiental, pero se prohíben la agricultura y la alteración de hábitats. En las Zonas de Uso Restringido, Amortiguamiento, Aprovechamiento Sustentable se permite campismo, educación ambiental, investigación científica y turismo de bajo impacto, pero se prohíbe la agricultura, la explotación forestal y actividades que afecten los hábitats. En la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas, Aprovechamiento Especial y Asentamientos Humanos se permiten actividades sustentables como agricultura y ganadería, turismo de bajo impacto, pero se prohíben actividades que alteren los hábitats.

En términos generales, los ejidatarios señalan que la reserva les impide llevar a cabo las actividades productivas que solían practicar, por lo que su impresión sobre las autoridades de la reserva es negativa:

Lo que me viene a la mente cuando pienso en la reserva es en restricciones, no poder usar nuestras tierras [...]. Se creó la reserva y ya no vivimos ni en ella ni en nuestro Ejido, no nos dejan entrar [...]. Las autoridades federales crearon la reserva de la biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar y nos prohibieron terminantemente explotar, mover una sola rama del ejido. Nosotros explotábamos unas minas de morusa, y la comercializamos en Peñasco, Sonora, San Luis, a la altura de Los Vidrios [...]. Es lamentable la situación a la que nos han orillado a los ejidatarios, como si nos estuvieran cobrando facturas que no debemos [...]. Les hemos propuesto unas 10, 15, 20 veces soluciones [...]. Nos quitaron la posesión de nuestras tierras, no la propiedad [...]. La propuesta es que nos compren nuestros terrenos, que nos renten por 50, 100 años, que nos indemnicen [...]. (Entrevistas)

Como se ha señalado, a pesar de que se apoyó la perforación de pozos y se otorgó financiamiento, los ejidatarios fueron abandonando sus actividades tradicionales. A principios del siglo XXI, la RBPGDA tenía unos pocos asentamientos humanos con entre 100 y 200 personas (Brusca et al., 2004), hoy día son un par de decenas los residentes, y de ellos, solo unos cuantos viven de forma regular. A decir de los ejidatarios, las principales razones para abandonar estos asentamientos, fueron la suspensión de los apoyos al campo, a la ganadería y el decreto de la RBPGDA. Los ejidatarios mencionan:

Vivíamos en nuestro ejido, pero desde que se creó la reserva ya no nos dejan ni entrar al ejido [...]. La cosa se fue apagando del 93 para acá, porque ya no había apoyos, decían que esos terrenos estaban dedicados a la conservación entonces la gente fue migrando, se fueron a buscar de que vivir [...]. Tuve que salirme de la reserva porque no hay trabajo ahí [...]. Las administraciones que han estado, a nosotros no nos han servido para nada, no han hecho nada [...]. El otro pinche viejo le quería vender la propiedad de nosotros a Slim [...]. La reserva prohibió todo eso, ya no quieren ni que te salgas del camino [...]. Nos decían, bueno porque no se ponen a recolectar fruta de pitaya, pero yo pienso una cosa, el terreno es de nosotros y a lo mejor nosotros tenemos que poner unas condiciones, tenemos una resolución presidencial donde somos dueños, para que nos vengán a decir es de ustedes, pero no pueden hacer nada [...]. (Entrevistas)

También el crimen organizado ha sido una de los causantes del abandono de las tierras, algunos ejidatarios y propietarios mencionan:

Comenzaron los problemas y todo, querían que les vendiera [...]. La realidad es que les dan chance a los mañosos y los mañosos los han estado sacando a los de Río Colorado inclusive ahí donde tenían el ganadito le mataron a uno, ya les dio miedo [...]. (Entrevistas)

Actualmente se pueden observar pequeños núcleos habitacionales abandonados (mayormente en la región noroeste de la RBPGDA), que nunca tuvieron infraestructura para agua potable, drenaje, electricidad. Figura 3). Este fue un factor determinante para su abandono, ya que el gobierno no dotó de infraestructura para la vivienda, ni se instalaron los servicios básicos que se habían prometido a los nuevos ejidos:

Poco a poco nos fuimos saliendo del ejido por la falta de servicios [...], indica un ejidatario. (Entrevistas)



Figura 3. Casas habitación abandonadas situadas dentro del polígono de la RBPGDA.

Por otro lado, no se puede dejar de observar el problema del tráfico de personas y automóviles. Aunque es una práctica ya arraigada en la región, se ha acrecentado en tiempos recientes; por ello, no deja de ser un factor crítico para que los ejidatarios ocupen su territorio. Varios ejidatarios piensan que las autoridades no han hecho su trabajo. Mencionan que hay un incremento de tráfico de drogas y vehículos:

Ante el abandono actual de esos terrenos por las instituciones de gobierno los traficantes han hecho de las suyas [...]. El paso de vehículos chocolate es mayor y pasa por en medio de la reserva [...]. (Entrevistas)

Varios ejidatarios aseguran que el tráfico pasa a través de los caminos que atraviesan la RBPGDA. El tráfico de personas ha aumentado, en Sonoyta casi a cualquier hora del día se ven inmigrantes que son transportados en camionetas a los puntos de cruce fronterizo ilegal. Un ejidatario menciona:

En Sonoyta, antes de llegar al pueblo, a las afueras se paró el camioncito, y se bajaron las orientales se saludaron, se rieron y se llevaron a las tres orientales [...]. (Entrevistas)

Cabe resaltar que, uno de los argumentos que señalan los ejidatarios de Valle del Pinacate para mantener cerrado el paso a los cráteres, es el llevar a cabo una protesta social contra la inseguridad.

Pero sin duda, el factor que más ha influido en el abandono de los ejidos es la vocación del suelo. En la reserva no se pueden llevar a cabo actividades agropecuarias de forma intensiva, el 93.6 % y 73.1 % del área de la RBPGDA, no son aptas para la agricultura y ganadería respectivamente (García et al., 2021). Ibarra (1992, citado en Adame, 2007), menciona que era conocido de las autoridades de gobierno que la mayor parte del territorio trasladado a los ejidatarios se encontraba en zonas desérticas y que poseían una condición no laborable y de agostadero.

Por el contrario, la impresión de varios ejidatarios es que hay una dotación de agua ilimitada en el subsuelo, ya que argumentan que perforan y obtienen el líquido:

No, si el agua no se acaba, baja toda de estados Unidos, y aquí sale a chorros [...]. (Entrevistas)

Al considerar que el agua no es un factor limitante para llevar a cabo actividades agropecuarias, claman por apoyos para impulsar este sector productivo. Aunque cabe señalar que los mismos usuarios de los pozos mencionan que hay cierto grado de abatimiento. Lo

cierto es que, poco es el territorio que se puede emplear para la actividad agrícola y ganadera; y debido a las características físico-geográficas, climáticas e hídricas, existen severas limitaciones lo que implica costos de producción elevados que desalientan a llevar a cabo las prácticas agropecuarias.

Los impactos del uso del territorio son evidentes en la parte noreste de la reserva, específicamente al compararse con el estado de conservación que se observa al cruzar el borde fronterizo (Shafer, 1991). Soto-Berelov & Madsen (2011) mencionan que, en México las políticas gubernamentales y la economía del país han alentado a los ejidatarios y los propietarios privados de tierras a maximizar el uso productivo de la tierra. Sin embargo, las necesidades que imponen estas actividades y el apoyo económico que requieren impactó fuertemente a la capacidad de producción de los ejidatarios, quienes solicitaron apoyos a la reserva para mantener las actividades agropecuarias, al paso de unos pocos años estos apoyos cesaron y con ello decayó la actividad productiva dentro de la RBPGDA.

La política federal apunta a un menor o nulo pastoreo y agricultura en las áreas naturales protegidas, que ha derivado en un desarrollo económico casi nulo, en la desaparición de los asentamientos humanos y a la migración de los habitantes (Piñar et al., 2011). El abandono de las zonas ejidales en la RBPGDA es multifactorial, como se ha expuesto, son varios los factores que en sinergia ocasionaron la migración de los ejidatarios a las tres ciudades que flanquean la reserva, siendo una de ellas Sonoyta, e inclusive fuera del territorio nacional (García et al., 2021).

Algunos factores son secundarios, como el origen natal de los ejidatarios que es muy heterogéneo, ya que proceden de diferentes estados del centro-norte de la república mexicana, los nuevos habitantes de esta zona desértica no estaban acostumbrados a sembrar o criar ganado bajo condiciones biofísicas tan hostiles; ello, más la falta de apego y amor por sus tierras influyó para abandonar los terrenos ejidales. Otros son resultado directo de circunstancias como la falta de servicios básicos, la creciente inseguridad y las limitaciones para llevar a cabo actividades agropecuarias viables.

Los impactos socio ecosistémicos de las actividades productivas

Actualmente, la actividad pecuaria y agrícola dentro de la RBPGDA es muy escasa, y la mayor parte de las actividades productivas se han mudado a la zona de influencia de la reserva. Al cuestionar a los ejidatarios sobre qué actividades productivas quisieran desarrollar o consideran ideales para su ejido, no mencionaron otras diferentes a las que han desarrollado desde que se crearon los ejidos; con excepción de la apicultura que recientemente la CONANP promovió entre los ejidatarios (Figura 2).

Las actividades pecuarias aún representan la principal actividad económica en la RBPGDA, a pesar de que se lleva a muy baja escala, se observan rebaños vacunos, ovinos y caprinos, que en su mayoría se crían para venta de carne, aunque también sirven para la producción de quesos (e. g. ejido Valle del Pinacate). Por ello, los ejidatarios siguen considerando a esta actividad como fundamental para ellos, y siguen pidiendo que se pueda llevar a cabo en las zonas de amortiguamiento de la RBPGDA. De igual forma, la agricultura es de baja escala, hay cultivos de dátil y alfalfa, los ejidatarios aluden que se debe a la falta de infraestructura y servicios básicos como lo son el agua y la energía eléctrica, ya que reconocen que es muy caro tener cultivos en la región, pese a ello, esta es la actividad que más ejidatarios quisieran implementar en sus terrenos (Figura 2).

Es importante señalar que algunas empresas rentan las tierras (en el área de influencia) para poder extraer una mayor cantidad de agua a la permitida con el fin de regar cultivos de alto consumo de agua como el espárrago. Sin embargo, como se ha mencionado la vocación natural del suelo, no es compatible con las prácticas agropecuarias, ya que los severos efectos de la elevada radiación, poca precipitación y baja disponibilidad de agua subterránea, resulta en un abatimiento acelerado de la reserva de agua subterránea disponible.

La apicultura es la tercera actividad económica más importante dentro de la reserva, esta actividad de reciente implementación se lleva a cabo gracias a los apoyos del gobierno federal. Algunos ejidos como Los Norteños y Jaime Jerez recibieron 25 colmenas cada uno; el proyecto está en sus inicios y habrá que evaluar su contribución a la economía local en el mediano plazo. Por ejemplo, en el ejido Jaime Jerez mencionan que únicamente se produjeron 2 L de miel en la última temporada, este resultado ha desalentado a los ejidatarios a recibir nuevas colmenas, ya que sienten que no representa un aporte significativo a su economía, y si una inversión de su tiempo para su cuidado; por ello, pasó a ser la actividad productiva en la que menos piensan los ejidatarios (Figura 3).

La minería se sigue considerando como una actividad económica muy rentable, muchos ejidatarios recuerdan que la extracción de morusa y otros materiales pétreos eran una fuente de ingresos sustancial para sus familias. Hoy día se lleva a cabo la búsqueda de oro dentro de la reserva a escala artesanal, se menciona que tal trabajo lo hacen principalmente los pápagos, en los arroyos del Río Sonoyta. En las márgenes del mismo río se extrae grava y arena de manera ilegal. Algunos ejidatarios, pretenden proponer proyectos de minería a gran escala (sin duda de gran impacto ambiental) como la explotación de silicio y la extracción de carbonato de sodio.

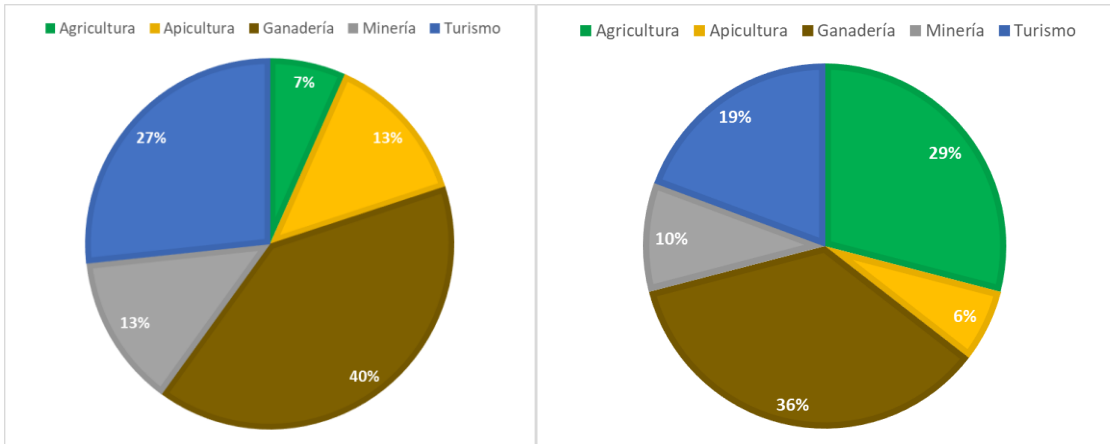


Figura 3. A la izquierda las actividades que se llevan a cabo actualmente en la RBPGDA, a la derecha las actividades que proponen los ejidatarios en la RBPGDA. Elaboración propia con los datos de las entrevistas a los ejidatarios de la RBPGDA

Impacto de las actividades productivas sobre la disponibilidad del agua

En 1978 se llevó a cabo un estudio geohidrológico en el acuífero Sonoyta que se centró en la evaluación del acuífero, sus condiciones de explotación y la determinación del volumen aprovechable de aguas subterráneas (CONAGUA, 2024). El acuífero se dividió en 4

regiones, aquí se presentan los datos para la región 2 (Occidente de la ciudad de Sonoyta) que es donde se encuentra el área de estudio.

La piezometría indica que la profundidad del nivel estático varió de 120 a 10 m, desde la zona cercana a la costa hacia las porciones central y del centro al norte del acuífero vuelve a bajar de 40 a 10 m. En los estrechamientos montañosos del extremo noreste, cerca del límite con Estados Unidos, la profundidad al nivel estático es de 5 m debido a la influencia del Río Sonoyta y el menor espesor de los materiales de relleno (CONAGUA, 2024). La elevación de los niveles estáticos mostró que el flujo subterráneo principal es de norte a sur, mientras que en la parte alta de la cuenca es de este a oeste, continuando luego paralelo al Río Sonoyta hasta el Golfo de California. En 1997, la mayoría de los pozos estaban inactivos, lo que mantuvo la dirección del flujo sin cambios significativos. Los valores de elevación del nivel estático variaban entre 10 y 250 m.s.n.m. (CONAGUA, 2024).

Entre 1973 y 1978, se evaluó el balance de aguas subterráneas para la Región 2 del acuífero Sonoyta considerando las extracciones por bombeo. En este periodo la extracción de agua subterránea varió de 9.2 a 43.43 hm³/año, en total se extrajeron 131.58 hm³, lo que equivale a un promedio de 26.32 hm³/año (CONAGUA, 2024). Las salidas subterráneas, derivadas del flujo base del río, se estimaron en 6.91 hm³/año, además, en una superficie de 508.2 Km², se registró un abatimiento de 1.19 metros en cinco años (CONAGUA, 2024).

Las diferentes actividades que se llevan a cabo dentro y en el área de influencia de la RBPGDA, requieren de agua. De tal forma que la determinación de su tasa de extracción y el monitoreo del abatimiento de los mantos freáticos es indispensable para regular todas las actividades. Para el año 2024, se estima que se extraerá un aproximado de 7,495,660.6 m³ de aguas subterráneas (tabla 1), y 1,216.4 m³ de aguas superficiales dando en total 7,496,877 m³ al año; aunque solo el 32 % de los pozos son de uso agrícola, el 96% del agua se emplea para este fin, seguida por el 3.5 % que es de uso público urbano.

Tabla 1. Volumen de agua ocupado por actividad en la Región 2 del acuífero Sonoyta. Elaboración propia con los datos del Localizador REPDA de aguas nacionales, zonas federales y descargas de aguas residuales (REPDA, 2024).

Uso del Agua	Aprovechamiento	Pozos	%	Volumen concesionado m ³ /año	%
Agricultura	Subterránea	21	32.31	7,206,000	96.14
Pecuario	Subterránea	18	27.69	14,242.1	0.19
Público urbano	Subterránea	12	18.46	264,514.4	3.52
Doméstico	Subterránea	13	20.00	5,793.1	0.08
Servicios	Subterránea	1	1.54	5,111	0.07

Estas disminuciones en los niveles freáticos reflejan un agotamiento progresivo del acuífero, que se ha exacerbado por la sobreexplotación para usos agrícolas (Palacios-Vélez & Escobar-Villagrán, 2016). La extracción de agua supera con creces la recarga natural, lo que resulta en un balance negativo y en la reducción del almacenamiento del acuífero.

En la microcuenca Sonoyta se encuentran extensas zonas agrícolas que las trabajan tanto ejidatarios como propietarios privados y empresas. La explotación del recurso hídrico es fundamental para el desarrollo de la agricultura en esta región (Duarte, 2014), especialmente para cultivos como el espárrago, uva, algodón y algunos otros que requieren altos volúmenes de riego (Vázquez, 2007). Es importante considerar que el uso del agua en la agricultura en

zonas áridas como Sonora puede plantear desafíos en términos de sostenibilidad y gestión adecuada de los recursos hídricos para garantizar su disponibilidad a largo plazo (Martínez, 2006). Perú fue el mayor exportador de espárragos del mundo, los cultivares estaban en el desierto de Ica, ubicados a 400 Km al sur de Lima, al agotarse las escasas fuentes de agua subterránea su producción se cayó (Muñoz, 2016).

Por ello, es imperante adoptar estrategias de manejo sostenible, implementar prácticas agrícolas y seleccionar cultivos afines a las condiciones locales, que sean respetuosas con el ambiente y que promuevan la conservación de los ecosistemas locales en el desierto de Sonora.

Impactos en el ambiente natural

La asociación entre la pérdida de hábitat y la desaparición de especies está bien documentada; sin embargo, hay factores que aumentan considerablemente el riesgo de extirpación o extinción local para taxones endémicos en áreas ecológicamente frágiles (Vanderplank et al., 2014). Las razones detrás de la disminución en las poblaciones de las especies son variadas e incluyen la pérdida de hábitat, por cambios de uso de suelo (Bustamante et al., 2023), la contaminación de las aguas y los sistemas terrestres (Ogidi & Akpan, 2022) y la interacción con especies no nativas, que genera competencia por alimento y espacio, además de incrementar la depredación y el parasitismo (Khan et al., 2022). De igual forma, el uso del recurso hídrico (e. g. extracción de agua de manantiales, reducción de flujos en grandes cauces, trasvase de agua, etc.), tiene consecuencias negativas sobre los socio-ecosistemas.

De manera natural, las aguas subterráneas actúan como amortiguadores de los cuerpos de agua superficial durante las épocas de sequía; pero debido a que la extracción del agua subterránea es más rápida, de lo que los acuíferos se pueden recargar, se ha ocasionado una importante desecación de cuerpos de agua en todo el mundo (ONU, 2022). Graaf et al. (2019), mencionan que del 15 al 21% de las cuencas hidrográficas globales, de las que se extrae agua subterránea, han superado el umbral ecológico crítico para su recuperación. Por supuesto, este fenómeno es especialmente preocupante en los “hotspots” donde especies raras y/o endémicas tienden a coexistir, como lo hacen en la RBPGDA, donde se conjuntan características físico-biológicas que los hacen muy vulnerables a las alteraciones humanas.

Los humedales generalmente existen debido a la interacción de las aguas subterráneas y superficiales (Vanderplank et al., 2014); estos hábitats son particularmente susceptibles, ya que son ecosistemas frágiles que a menudo albergan especies ecológicamente restringidas, especialmente en ambientes desérticos. Borunda (2020), describe cómo la sobreexplotación del agua subterránea en Arizona, EE. UU., ha disminuido el flujo del agua del Río San Pedro, debido a que se abastece principalmente de agua subterránea y no de la precipitación, ocasionando graves afectaciones sobre las especies de flora y fauna del sitio.

El 2 de febrero de 2008, se designó el sitio RAMSAR 1813 "Agua Dulce", que corre a lo largo de un tramo del Río Sonoyta, debido a su abundancia de humedales perennes, biodiversidad y la presencia de especies endémicas. Este lugar presenta condiciones climáticas extremas que lo hacen un sitio vulnerable, ya que su temperatura puede alcanzar los 56.7° C en el verano, y descender hasta los -8.3° C en invierno, mientras que apenas recibe 52 mm promedio de precipitación pluvial anual (Zhao et al., 2021).

Este sitio RAMSAR es el hábitat de dos especies representativas del área, la Tortuga pecho quebrado Sonorense (*Kinosternon sonoriense* subsp. *longifemorale*) y el Cachorrito del

desierto (*Cyprinodon macularius*), las cuales tienen un alto valor ya que son endémicas del Río Sonoyta (Izaguirre, 2007); por ello, fueron incluidas en la NOM-059 como especies en Peligro (DOF, 2019). Desde 1997, se ha observado un fenómeno preocupante: la desaparición progresiva del sitio RAMSAR “Agua Dulce”, una sección del Río Sonoyta que históricamente siempre había contado con agua dulce (Murguía, 2000). Esta transformación ya ha cobrado una extinción local, el Charal de aleta larga (*Agosia chrysogaster*), que desapareció de “Agua Dulce”, debido a que sus requerimientos de hábitat incluyen un flujo continuo y una mayor profundidad del cuerpo de agua, condiciones que se han perdido en el Río Sonoyta (The Sonoran Desert Network, s.f.).

Conclusiones

La creación de la RBPGDA ha generado impactos negativos significativos en las comunidades ejidales de la región, particularmente en relación con el uso de los recursos naturales. Las restricciones impuestas sobre la minería, la ganadería y la agricultura han afectado gravemente la economía local, limitando las fuentes tradicionales de ingreso. La expropiación de tierras y la redefinición del acceso a recursos clave han provocado conflictos entre los ejidatarios y las autoridades ambientales, originando tensiones sobre la gestión de los recursos naturales.

A pesar de estas restricciones, algunos ejidatarios han logrado identificar nuevas oportunidades económicas en actividades como la apicultura y el turismo de naturaleza, aunque enfrentan dificultades como la falta de acceso a financiamiento y capacitación adecuada. Sin embargo, la falta de opciones económicas sostenibles dentro de la RBPGDA ha impulsado la migración de los ejidatarios hacia los centros urbanos, una tendencia que ha aumentado en los últimos años.

Si bien el impacto ambiental de la reserva ha sido positivo en términos de conservación, la falta de inclusión de los ejidatarios en la toma de decisiones ha generado descontento y una percepción generalizada de injusticia. Para mejorar esta situación, es esencial fortalecer los mecanismos de participación y desarrollar estrategias de desarrollo que integren las necesidades económicas de las comunidades locales con los objetivos de conservación de las ANPs.

En cuanto a la microcuenca Sonoyta, las actividades productivas en el área de influencia de la reserva, especialmente la extracción de agua subterránea para la agricultura en Sonoyta, han tenido un impacto negativo sobre el acuífero Sonoyta, exacerbando su sobreexplotación y provocando la reducción de los niveles freáticos en la zona baja de la microcuenca. A pesar de que la agricultura solo usa el 32% de los pozos, esta actividad consume el 96% del volumen total de agua extraída, lo que representa un patrón insostenible de uso del recurso hídrico en la microcuenca Sonoyta; como lo constataron algunos ejidatarios y las autoridades de la CONANP.

Es urgente implementar estrategias de manejo sostenible de los recursos hídricos, como la adopción de prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones locales y la promoción de cultivos de baja demanda de agua (e. g. dátil), para mitigar estos efectos. De no adoptarse medidas efectivas, el agotamiento del recurso hídrico podría afectar tanto la biodiversidad como la estabilidad económica de la región. La disminución del agua en el sitio RAMSAR

“Agua Dulce”, ya ha llevado a la extinción de un pez, y pone en grave peligro a especies endémicas como la Tortuga pecho quebrado Sonorense y el Cachorrito del desierto. En suma, la sostenibilidad del uso del agua en la microcuenca Sonoyta depende de la implementación de una gestión hídrica integrada que contemple tanto las necesidades productivas como la conservación de los ecosistemas. Esto requiere políticas públicas eficientes, monitoreo constante de los niveles de los acuíferos y la adopción de prácticas agrícolas más responsables, con el fin de mitigar los efectos de la sobreexplotación y asegurar la conservación de la biodiversidad a largo plazo.

Referencias

- Adame, S. (2007). *Desarrollo local y calidad de vida en la Reserva de la Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora*. [Tesis de Doctorado]. El Colegio de la Frontera Norte.
- Al-Numan, B. S. O. (2024). Construction Industry Role in Natural Resources Depletion and How to Reduce It. En: Al-Quraishi, A. M. F. & Mustafa, Y. T. (Eds.). *Natural Resources Deterioration in MENA Region*. Earth and Environmental Sciences Library. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-58315-5_6
- Araque, M., Vásquez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C. & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Bellaubí, F. F. X. (2017). Elementos para una propuesta de un modelo “hidrosocial” de gobernanza en el Departamento de Cochabamba (Bolivia). *Acta Nova*, 8, 1683-0768. pp. 145-156.
- Bonacic, C., Arévalo, C., Ibarra, J. T. & Laker, J. (2022). The Importance of Protected Areas in Mitigating Climate Change and Conserving Ecosystems in Latin America and the Caribbean. En:
- Borunda, A. (2020). *La sobreexplotación de los acuíferos está acabando con nuestros ríos*. National Geographic. Recuperado en: [La sobreexplotación de los acuíferos está acabando con nuestros ríos | National Geographic](#)
- Brenner, L., & Job, H. (2022). Reviewing the participatory management of UNESCO Biosphere Reserves: What do we miss by ignoring local academic knowledge in Mexico?. *Ambio*, 51, 1726–1738. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01672-1>
- Brusca, R. C., Bryner, G. C., Harrison, N. E., & Bryner, G. C. (2004). A case study of two Mexican biosphere reserves: The Upper Gulf of California/Colorado River Delta and Pinacate/Gran Desierto de Altar biosphere reserves. *Science and politics in the international environment*. pp. 21–52.
- Bustamante, M. M. C., Calaça, F. J. S., Pompermaier, V. T., da Silva, M. R. S. S. & Silveira, R. (2023). Effects of Land Use Changes on Soil Biodiversity Conservation. En: Søndergaard, N., de Sá, C. D. & Barros-Platiau, A. F. (Eds.). *Sustainability Challenges of Brazilian Agriculture*. Environment & Policy, 64. Springer, Cham.

- Candelas, R. R. (2019). *La relevancia de los ejidos y las comunidades rurales en la estructura social de México*. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública.
- Cao, U. (2023). Márgenes en lucha por la centralidad. Electricidad y cosmovisiones indígenas en un movimiento de resistencia civil mexicano. *Nuevo Mundo Mundos Nuevos, Colloques*. <https://doi.org/10.4000/nuevomundo.91288>
- CONAGUA (2024). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Sonoyta-Puerto Peñasco (2603), estado de Sonora*. pp. 30.
- Díaz, C. R. E. & Camou, H. E. (2005). El agua en Sonora: tan cerca y tan lejos. Estudio de caso del ejido Molino de Camou. *Región y Sociedad*, 17 (34). <https://orcid.org/0000-0002-4117-2197>
- Diefenbach, T. (2008). Are case studies more than sophisticated storytelling?: Methodological problems of qualitative empirical research mainly based on semi-structured interviews. *Quality & Quantity*, 43:875–894.
- Diwediga, B., Agodzo, S., Wala, K. (2017). Assessment of multifunctional landscapes dynamics in the mountainous basin of the Mo River (Togo, West Africa). *Journal of Geographical Sciences*, 27, 579–605. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1394-4>
- DOF [Diario Oficial de la Federación]. (1917). *Declaración Parque Nacional el Desierto de los Leones*. 27 de noviembre de 1917.
- DOF [Diario Oficial de la Federación]. (2019). *NOM-059-SEMARNAT-2010, Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. 30 de diciembre de 2010.
- DOF [Diario Oficial de la Federación]. (2024). *LEGEEPA. Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente*. 01 de abril de 2024.
- Dorantes, C. J. C. (2018). La paradoja hídrica. Gestión del agua y procesos de intervención en la subcuenca el Zamorano, Colón, Querétaro. *Mirada Antropológica*, 13(14): 57-71.
- Duarte, M. L. A. (2014). *Disponibilidad del recurso hídrico y caracterización hidrogeoquímica de la subcuenca del municipio de Caborca, Sonora*. [Tesis de Maestría]. CICESE.
- Felger, R. S. (2000). *Flora of the Gran Desierto and Río Colorado of Northwestern Mexico*. The University of Arizona Press, pp. 673.
- González, O. H. A., Cortés-Calva, P., Íñiguez, D. L. I. & Ortega-Rubio, A. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (60): 7-15.
- Goyas, M. R. (2020). Tierras por razón de pueblo. Ejidos y fundos legales de los pueblos de indios durante la época colonial. *Estudios de historia novohispana*, (63): 67-102. <https://doi.org/10.22201/iih.24486922e.2020.63.75367>

- Graaf, I., Gleeson, T., van Beek, R., Sutanudjaja, E., & Bierkens, M. (2019). Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature*, 574.
- Guzmán-Gallegos, M. A., Leifsen, E. (2022). Anthropology, the Environment, and Environmental Crisis. En: McCallum, D. (Eds.). *The Palgrave Handbook of the History of Human Sciences*. Palgrave Macmillan, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4106-3_18-1
- Hernandes, T. A. D., de Oliveira Bordonal, R., Duft, D. G. (2022). Implications of regional agricultural land use dynamics and deforestation associated with sugarcane expansion for soil carbon stocks in Brazil. *Regional Environment Change*, (22): 49. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01907-1>
- Hernández-Palafox, C. & Mundo-Rosas, V. (2024). Otras comunicaciones escasez del agua, salud y bienestar. *Revista de Educación Bioquímica*, 43(1): 39-41.
- Herrera, M. C. R. (2019). El concepto de indemnización por expropiaciones en la justicia constitucional. *Revista del Centro de Estudios Constitucionales*, (2): 195-215.
- Huaquisto, C. S. & Chambilla, F. I. G. (2019). Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno. *Investigación & Desarrollo*, 19(1): 1814-6333. DOI: 10.23881/idupbo.019.1-9i.
- Izaguirre, I. S. (2007). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar.
- Jaimes-Valdez, M. A., Jacobo-Hernández, C. A. & Flores-Corral, A. D. (2022). La sostenibilidad de la actividad ganadera en Sonoyta, Sonora, México. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 22(43): 1-18.
- Khan, R., Iqbal, I. M., Ullah, A., Ullah, Z. & Khan, S. M. (2022). Invasive Alien Species: An Emerging Challenge for the Biodiversity. En: Öztürk, M., Khan, S. M., Altay, V., Efe, R., Egamberdieva, D. & Khassanov, F. O. (Eds.). *Biodiversity, Conservation and Sustainability in Asia*. Springer.
- Kim, Y., Tanaka, K. & Perrings, C. (2023). The Impact of International Conservation Agreements on Protected Areas: Empirical Findings from the Convention on Biological Diversity Using Causal Inference. *Environmental Management*, (72): 203–218. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01818-9>
- Lawrence, T. J., Morreale, S. J., Stedman, R. C. et al. (2020). Linking changes in ejido land tenure to changes in landscape patterns over 30 years across Yucatán, México. *Reg Environ Change*, (20): 136. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01722-6>
- Llanez, A. F. H. & Sacristán, C. P. (2021). Desarrollo territorial y economía solidaria: análisis desde el concepto de desarrollo, el medio ambiente y la incorporación de las comunidades en una estrategia de desarrollo territorial. *Tendencias*, 22 (1): 2539-0554. <https://doi.org/10.22267/rtend.212201.163>

- Londoño, A. C. H. (2001). *Cuencas hidrográficas: bases conceptuales - caracterización - planificación-administración*. Universidad del Tolima Facultad de Ingeniería Forestal departamento de ingeniería. Ibagué.
- López, F. (2007). Pueblos indígenas y megaproyectos en México. Aparicio, M. (Ed.). *Las nuevas rutas del despojo en Los derechos de los pueblos indígenas a los recursos naturales y al territorio: conflictos y desafíos en América Latina*. Barcelona, España: Icaria Editorial
- Mallick, R., Rai, S., Dwivedi, K., Shukla, N. & Bhardwaj, A. (2023). Water Resource Management—A Sustainable Approach Towards Ground Water Conservation. En: Shukla, P., Singh, P., Singh, R.M. (Eds.). *Environmental Processes and Management*. Water Science and Technology Library. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20208-7_11
- Martínez, J. (2006). Agua y sostenibilidad: algunas claves desde los sistemas áridos. *Polis*, 14.
- Martínez, R. A. & Quintero S. M. L. (2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. *Revista Digital Universitaria*. <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art51/int51.htm>>
- McNabb, D. E. & Swenson, C. R. (2023). From Water Stress to a Water Crisis. En: McNabb, D- E. & Swenson, C. R. (Eds.). *America's Water Crises*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27380-3_2
- Medina, L. & Guevara-Hernández, F. (2018). Apropiación territorial y recursos hídricos en la cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta, México. *Agua y Territorio*, 12: 2340-8472. pp. 133-144. DOI 10.17561/at.12.3505
- Muñoz, I. (2016). Agroexportación y sobreexplotación del acuífero de Ica en Perú. *Anthropologica*, 34(37). <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.18800/anthropologica.201602.005>
- Murguía, R. M. L. (2000). El agua en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora, México: Comunidades, Vida Silvestre y la Frontera con Estados Unidos. *Natural Resources Journal*, 40: 411-434
- Nagtzaam, G. & Brady, U. (2023). The State of the World's Natural Resources. In: Brinkmann, R. (Eds) *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-01949-4_34
- Nava, L.F., Torres Bernardino, L. & Orozco, I. (2024). Crisis Water Management in Mexico. En: Brears, R. (Eds.). *The Palgrave Encyclopedia of Sustainable Resources and Ecosystem Resilience*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67776-3_56-1
- Núñez-Torres, A., Arones-Huarcaya, A. & Yarasca-Aybar, C. (2023). Strategies for territorial tourism planning in natural protected areas (NPAs): Alto Mayo Protected Forest (BPAM), Peru. *City Territ Archit*, 10: 15. <https://doi.org/10.1186/s40410-023-00200-w>
- Ocaña, S. (1994). *Informe de la primera reunión de información y concertación en apoyo a la formulación del plan de manejo para la Reserva de la Biósfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar*. Centro Ecológico de la Universidad de Sonora.

- Ogidi, O. I. & Akpan, U. M. (2022). Aquatic Biodiversity Loss: Impacts of Pollution and Anthropogenic Activities and Strategies for Conservation. En: Chibueze Izah, S. (Eds.). *Biodiversity in Africa: Potentials, Threats and Conservation*. Sustainable Development and Biodiversity, 29. Springer, Singapore.
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. (2022). Aguas subterráneas, Hacer visible el recurso invisible. UNESCO, París.
- Ortega, U. T., Mastrangelo, M. E., Villarroel, T. D. et al. (2014). Estudios transdisciplinarios en socio-ecosistemas: reflexiones teóricas y su aplicación en contextos latinoamericanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; Investigación Ambiental, Ciencia y política pública; 6; 2; 12-2014; 151-164. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/43261>
- Ortiz Acosta, S. E., & Romo Aguilar, M. de L. (2016). Impactos socioambientales de la gestión del agua en el área natural protegida de Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Región y Sociedad*, 28(66), 1–30.
- Palacios-Vélez, O. L. & Escobar-Villagrán, B. S. (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(2), 5-16. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000200005&lng=es&tlng=es.
- Pineda, P. N., Moreno, V. J. L., Salazar, A. A. & Lutz, L. A. N. (2014). Derechos de agua y gestión por cuencas en México. El caso del río Sonora. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 21 (61).
- Piñar, A. A., Nava, T. M. E. y Viñas, O. D. K. (2011). Migración y ecoturismo en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas (México). *Pasos. Revista de Turismo y Patrimonio*, 9(2): 383-396.
- Ramírez, A. M.E. & Pineda, A. D. A. (2021). Migración a causa de los factores asociados a la escasez de recursos hídricos por el cambio climático en Baja Verapaz. *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala.
- Rcart, S. & Rico-Amorós, A. (2021). Water for food, water for birds: How to manage conflicting rural-natural interfaces? Deepening on the socio-ecological system of El Hondo Natural Park (Alicante, Spain). *Journal of Rural Studies*, 86. Pp. 24-35
- REPDA [Registro Público de Derechos de Agua]. (2024). Consultado el 20/11/2024 En <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/consulta-la-base-de-datos-del-repda>
- Reyes, E. A. Y., Sandoval, D. A. & Suárez, R. (2021). Organizaciones rurales en el cuidado ambiental: caso de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Chihuahua, México. *Topofilia, Revista de Arquitectura, Urbanismo y Territorios*, 22.
- Rojas, R. J. J. P. (2022). Resguardo ambiental en materia de agua subterránea urbana en torno a la infraestructura vial en el Área Metropolitana de Guadalajara. Línea 3 del tren eléctrico. *Revista de El Colegio de San Luis*, 10 (21), 00031.

Sánchez, V. A. S., García, N. R. M. & Palma, T. A. (2003). *La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sapignoli, M. & Hitchcock, R. K. (2023). Biodiversity Conservation, Protected Areas, and Indigenous Peoples. En: Sapignoli, M., Hitchcock, R. K. (Eds.). *People, Parks, and Power. Springer Briefs in Anthropology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39268-9_1

Schüttler, E., Mackenzie, R. & Muñoz-Petersen, L. (2023). Biocultural Conservation in Biosphere Reserves in Temperate Regions of Chile, Estonia, Germany, and Sweden. En: Rozzi, R., Tauro, A., Avriel-Avni, N., Wright, T., May Jr., R. H. (Eds.). *Field Environmental Philosophy. Ecology and Ethics*, 5. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23368-5_29

Shafer, C. L. (1999). US National Park Buffer Zones: Historical, Scientific, Social, and Legal Aspects. *Environmental Management*, 23(1): 49-73.

Sibt-e-Ali, M., Weimin, Z., Javaid, M.Q. et al. (2023). How natural resources depletion, technological innovation, and globalization impact the environmental degradation in East and South Asian regions. *Environment Science Pollution Research*, 30, 87768-87782. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28677-5>

Soto-Berelov, M. & Madsen, K. D. (2011). Continuity and Distinction in Land Cover Across a Rural Stretch of the U.S.-Mexico Border. *Human Ecology*, 39, 509-526.

The Sonoran Desert Network (s.f.). The Rio Sonoyta pupfish. National Park Services.

Tinoco-Navarro, C. M., Pineda-López, R. F., Parra-Barrientos, Ó. O. & Urrutia-Pérez, R. (2020). Natural Protected Areas vs Integrated Watershed Management: People Participation Analysis in México. In: Ortega-Rubio, A. (Eds.). *Socio-ecological Studies in Natural Protected Areas*. Springer, Cham.

Trujillo-Díaz, A. G. & Cruz-Morales, J. (2021). Poblaciones “irregulares” en una reserva de la biosfera en el sureste mexicano: el conflicto entre el uso de la tierra, su tenencia y la asignación de recursos. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 7(2): 25-50. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2021.07.07.02.0002>

Urbano, F., Viterbi, R., Pedrotti, L. (2024). Enhancing biodiversity conservation and monitoring in protected areas through efficient data management. *Environ Monit Assess* 196, 12. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11851-0>

Vanderplank, S., Ezcurra, E., Delgadillo, J. (2014). Conservation challenges in a threatened hotspot: agriculture and plant biodiversity losses in Baja California, Mexico. *Biodiversity Conservation*, 23: 2173–2182.

Vázquez, R. M. A. (2007). Frontera y desierto en Sonora: una aproximación a sus nuevas características. *Imaginales*, 5. pp. 69-79.

Vicencio, M. Y. & Bringas, R. A. L. (2014). Conflictos entre la conservación y el turismo en áreas naturales protegidas: el buen vivir como aspiración para Bahía de los Ángeles. *Teoría y Praxis*. pp. 49-73.

Villatoro, F. (2017). El territorio como sistema complejo. *Estudios Centroamericanos*, 72, 749. <https://doi.org/10.51378/eca.v72i749.3249>

Watters, R. (2021). Southern Mexico: Revolution, Agrarian Reform, and Rural Development. In: *Rural Latin America in Transition. Governance, Development, and Social Inclusion in Latin America*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65033-9_4

Yang, J., Zheng, J., Han, C. et al. (2024). Analysis of sustainable water resource management and driving mechanism in arid region: a case study of Xinjiang, China, from 2005 to 2020. *Environment Science Pollution Research*, 31: 15900–15919. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32092-9>

Yasmeen, K., Yasmin, K. & Adnan, M. (2024). Traits impacting water crisis management. *Discover Water*, 4 (12)

Zhao, Y., Norouzi, H., Azarderakhsh, M. & AghaKouchak, A. (2021). Global patterns of hottest, Coldest, and Extreme Diurnal Variability on Earth. *Bulletin of the American Meteorological Society*. pp. E1672–E1681.

10.2 Anexo 2. Artículo “Marco de gestión turística en Áreas Naturales Protegidas. Estudio de caso de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar.”

Marcos de gestión turística en Áreas Naturales Protegidas. Estudio de caso de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar.

Zamorano-Sámamo M. T.^a; Tobar-Díaz R. F.^b y García-Rubio O. R.^a

^a Laboratorio de Biogeografía e Integridad Biótica, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro., México.

^b Geografía Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro., México.

Resumen

La gestión del turismo en ANP's es crucial debido a los beneficios sociambientales que genera, pero puede ser negativo por la degradación que ocasiona el exceso de afluencia, al sobrepasar la capacidad de regeneración de los ecosistemas, que puede ocasionar marginación y vulnerabilidad. Con el fin de enfrentar estos desafíos, se integraron los métodos de CCT, LCA, y el ROVAP, aplicadas en la RBPGDA, Sonora, México. La investigación combinó un diagnóstico socioambiental del área, estimaciones de Capacidad de carga física, real y efectiva, la evaluación de la capacidad de manejo que tiene el área, así como el análisis de la percepción de los visitantes a través de encuestas y el análisis de la percepción comunitaria mediante el análisis FODA y MAFE. En conjunto, se evidencia que el LCA complementa el valor numérico de la CCT al incorporar un monitoreo constante para detectar impactos tempranos. En conclusión, el manejo adaptativo, sustentado en la gobernanza colaborativa, es crucial para la conservación de los ecosistemas de la reserva, así como para mejorar la experiencia del visitante.

Palabras Clave: Capacidad de Carga; Gestión; Límite de Cambio Aceptable; Reserva de la Biosfera; Turismo.

Abstract

Tourism management in protected natural areas (PNAs) is crucial due to the socio-environmental benefits it generates, but it can also be negative due to the degradation caused by excessive visitor, which exceed the capacity of ecosystems to self-regenerate and can lead to marginalization and vulnerability. In order to address these challenges, CCT, LCA, and ROVAP methods were integrated and applied in the RBPGDA, Sonora, Mexico. The research combined a socio-environmental diagnosis of the area, estimates of physical, actual, and effective carrying capacity, an assessment of the area's management capacity, as well as an analysis of visitor perceptions through surveys and an

analysis of community perceptions using SWOT and MAFE analysis. Together, it is evident that LCA complements the numerical value of CCT by incorporating constant monitoring to detect early impacts. In conclusion, adaptive management, based on collaborative governance, is crucial for the conservation of the reserve's ecosystems, as well as for improving the visitor experience.

Keywords: Acceptable Change Limit; Carrying Capacity; Biosphere Reserve; Management; Tourism.

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) tienen como objetivo central la conservación de los recursos naturales y el patrimonio cultural, su cumplimiento genera diversos beneficios tanto ambientales como sociales, lo cual hace que estos sitios sean de interés para los visitantes, ya que este sector busca tener experiencias rodeadas de naturaleza, con calidad ambiental y en contacto con las comunidades rurales (Anzaldúa-Soulé *et al.*, 2023). Las ANP's se consideran como espacios idóneos para impulsar proyectos turísticos y ecoturísticos, desde que conservan el capital natural y aportan a la mejora de la calidad de vida de las comunidades (Segrado *et al.*, 2013; Murillo y Bringas, 2014). Sin embargo, hay estudios que describen los efectos negativos que el turismo puede ejercer cuando se lleva a cabo de forma desordenada que detonan diversas problemáticas y conflictos (García y López, 2017; Medina-Castrol *et al.*, 2019; Damnjanović, 2021). Sin importar cuál sea el escenario, es innegable que el turismo incentiva el crecimiento económico en las ANP's (Gross *et al.*, 2023); tanto dentro como en la zona de influencia, promueve la generación de empleos a través de la diversificación de los servicios en las comunidades (Buckley *et al.*, 2019), además puede incentivar la cohesión social, sin descartar la valoración de los recursos naturales, así como de los culturales a través de la educación ambiental y la conservación (Waldron *et al.*, 2013); pero también es cierto, que si el desarrollo turístico no se lleva a cabo respetando la capacidad del lugar, la misma actividad puede amenazar el patrimonio natural y cultural, poniendo en riesgo la integridad de las áreas naturales y sus procesos ecológicos (De la Maza *et al.*, 2003). A ello se suma el hecho del conflicto inherente a la creación de un área natural protegida y las restricciones que se imponen a los dueños de la tierra (cuando no hay expropiación), ya que se consideran dueños, pero sin derechos sobre sus propiedades (Vallejo y Rodríguez, 2020).

De acuerdo con la Organización Mundial del Turismo (OMT), el turismo en ANP's crece a un ritmo anual del 5% y representa el 30% de explotación de servicios (CONANP, 2018; Medina-Castro *et al.*, 2019). Se reconoce que el turismo es una herramienta de desarrollo económico local; por ejemplo, después de la pandemia de COVID-19, se ha observado un aumento de visita a las ANP's, donde el visitante tiene el objetivo de llevar a cabo recreación turística en entornos naturales (Herrera *et al.*, 2021; Secretaría de Turismo de México, 2023).

Aunque la OMT destaca que el turismo sustentable o el ecoturismo tienen un gran potencial para el desarrollo local, es fundamental implementar medidas que regulen los impactos ambientales y sociales de este sector económico, ya que, si esta actividad no se gestiona de manera organizada y sustentable, puede poner en riesgo la integridad de los ecosistemas, así como generar consecuencias negativas en el ámbito social y económico (Herrera *et al.*, 2021; Damnjanović, 2021; Fernández y Martínez, 2023).

Existe una variedad de metodologías propuestas para cuantificar y reducir los impactos que ejercen los visitantes en las ANP's; sin embargo, algunos como la Capacidad de Carga Turística (CCT), tienen

limitaciones al momento de presentar solo resultados numéricos que no contemplan las dimensiones del territorio, ni combinan los factores sociales, físicos y económicos (López y López, 2008; Soria-Díaz *et al.*, 2022), las cuales llevaron a la creación del concepto de Límite de Cambio Aceptable (LCA) (Stankey *et al.*, 1984), donde se da por hecho que si bien hay un cambio en el espacio generado por el turismo, con la creación y aplicación de monitoreo y normas, se impondrá una limitación (a un nivel determinado con base a la naturaleza del espacio) de estos impactos, además de fijar metodologías con escalas que midan estos cambios e impactos aceptados con la definición, y que al mismo tiempo, se propongan estrategias de manejo para el ANP (Rome, 1999). Para lograr la propuesta de estrategias es necesaria una combinación de planificación sustentada, gestión de calidad y la participación social, que son enfocadas a un marco que se basa en estándares o indicadores y miden a futuro la calidad deseada, que, en el caso de las ANP, representa siempre a la conservación y protección de los recursos naturales como prioridad (Leung *et al.*, 2019). Para la adecuada aplicación de la metodología de los LCA, es necesaria la adaptación a las circunstancias particulares del sitio de interés, así como la participación de todos los actores que tienen incidencia para el funcionamiento y retroalimentación de las actividades turísticas dentro del sitio, por ello, la implementación y monitoreo de las medidas propuestas después la aplicación metodológica de los LCA, serán de una gran importancia en la búsqueda de la mejora en la experiencia de los visitantes, con una planificación y gestión más óptima de las actividades, que aseguren la reducción y prevención de impactos en el sitio de interés (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2015; Rojas *et al.*, 2017).

Para tal fin, se aplicó también la metodología del Rango de Oportunidades para Visitantes en Áreas Naturales Protegidas (ROVAP) como un marco descriptivo que categoriza el estado actual de los sitios de interés, para fungir como una herramienta en la planificación y en la toma de decisiones para el futuro de éstos. El propósito del ROVAP, recae también en la búsqueda de la diversidad de experiencias para los turistas, porque si éstas son de su agrado, repercute directamente en la decisión de volver a visitar los sitios, generando una mayor derrama económica; pero también, coadyuva en el interés por conservar las ANP's. Para ello este rango propone el presentar dentro del área de análisis una diversidad de entornos que funjan como opciones para que los visitantes puedan elegir el que mejor se adapte ante sus expectativas, a través de las actividades que se puedan realizar en dichos entornos (Wallace *et al.*, 2005).

Este trabajo representa el primer acercamiento en la aplicación de estos marcos de gestión del turismo en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBPGDA), su estudio pretende ser una herramienta de utilidad para las autoridades que manejan la reserva, pues el uso de los resultados presentados aquí en combinación con otros instrumentos de gestión como el programa de manejo, pueden mejorar la administración de la reserva, permitiendo que el objetivo principal, la conservación de los recursos naturales, siga siendo primordial y que vaya de la mano con las actividades turísticas dirigidas hacia la sostenibilidad del ecosistema que alberga.

Área de estudio

La RBPGDA se decretó en 1993, se ubica al noroeste del estado de Sonora, con una extensión total de 714,556.50 ha, dentro de los municipios de General Plutarco Elías Calles, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado (Fig. 1). Sus valores estéticos, así como paisajísticos, biológicos, prehistóricos e histórico-culturales, la llevaron a ser declarada patrimonio de la humanidad en 2013, pues su escudo volcánico con diversas formaciones geológicas, planicies y dunas de arena, son únicas en el mundo, además de ser también un punto de gran importancia espiritual y cultural para el pueblo O'odham (CONANP, 2017; RBPGDA, 2024). En esta reserva habitan especies de mamíferos, reptiles, aves, peces y anfibios que se encuentran adaptados a climas extremos, donde las lluvias son escasas, los

veranos alcanzan más de 40° C y los inviernos se caracterizan por precipitaciones con temperaturas menores a cero grados centígrados. Esta región pertenece al Desierto Sonorense por lo que el tipo de vegetación es principalmente compuesta por matorrales xerófilos, con presencia de chaparrales, mezquiales y matorrales arborescentes (RBPGDA, 2024).

Métodos

Límite de Cambio Aceptable (LCA)

El LCA se usó para evaluar los impactos derivados de las actividades turísticas y determinar las estrategias de manejo orientadas a la conservación de los ecosistemas, según el procedimiento sugerido por Cifuentes *et al.* (1999). Su identificación permitió identificar la intensidad del uso turístico en el área de estudio y establecer los niveles de alteración que el sitio tolera, sin comprometer su integridad ecológica. A partir de este análisis, se diseñaron medidas de mitigación y estrategias de monitoreo para evitar que los impactos superen los umbrales aceptables (Fernández y Martínez, 2023). Este proceso se estructuró en cuatro fases que a continuación se describen.

Diagnóstico. Se enfocó en recopilar la información clave para comprender la situación actual del área de estudio. Para ello, se analizaron cinco temas: 1) contexto turístico de la región y del área de estudio; 2) las actividades económicas relativas al turismo (hoteles, restaurantes, etc.); 3) se identificaron los valores físicos, bióticos, culturales y sociales que son de relevancia para el turismo, como son los recursos naturales, paisajísticos, su historia, recursos recreativos, tradiciones y festividades relevantes; 4) se llevó a cabo el análisis del uso público actual, es decir los tipos de turismo que se llevan a cabo o que son potenciales por las características del sitio; y, 5) se describen las principales problemáticas de la reserva. Además, en esta primera fase también se identificaron las problemáticas existentes derivadas del turismo.

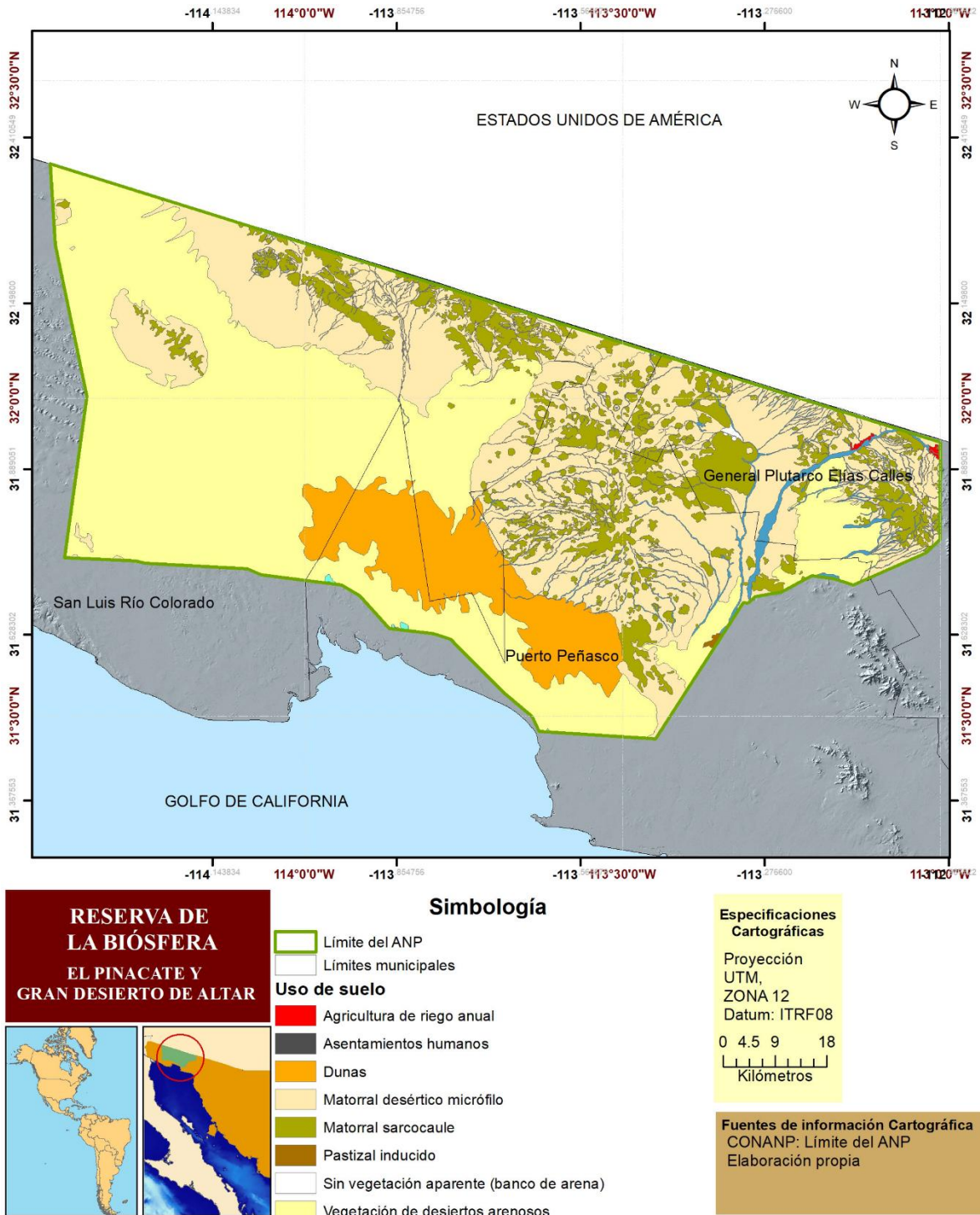


Figura 1. Mapa de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBP-GDA).

Gestión de uso público

Identificación de Nodos y Unidades Funcionales.

La identificación de las unidades funcionales y los nodos de actividad se llevó a cabo considerando criterios de gestión y ubicación geográfica, lo que permitió delimitar áreas específicas dentro de la RBPGDA con condiciones óptimas para concentrar y regular el flujo del turismo. Las unidades funcionales se definieron como puntos de acceso y distribución hacia los principales atractivos turísticos, supervisados por la autoridad competente. A partir de estas unidades funcionales se definieron los nodos de actividad, entendidos como áreas estratégicas que concentran diversas actividades recreativas, clasificadas bajo el enfoque del ROVAP (Brown *et al.*, s.f.), lo que facilitó estimar su capacidad de carga y contribuir con el equilibrio entre conservación, desarrollo y experiencia del visitante. De este modo los nodos de actividad funcionan como centros de atracción que integran actividades como senderismo, observación de flora y fauna, turismo cultural, u otros tipos de turismo (Bertoni, 2005), contribuyendo a una distribución más eficiente de los visitantes y al fortalecimiento de la gestión del turismo sostenible.

Capacidad de Carga

Para calcular la CCT, se analizaron tres niveles de Capacidad de Carga en los senderos: Biológico, Geológico, General, Dunas, Cono Mayo, Cerro Santa Clara, Cráter El Elegante y Cráter Cerro Colorado. Estos tres niveles corresponden a las Capacidades de Carga Física (CCF), Real (CCR) y Efectiva (CCE), también se estableció una Capacidad de Manejo (CM). A continuación, se muestran las fórmulas empleadas, de acuerdo al trabajo de Cifuentes *et al.* (1999).

- $CCF = (S/Sp) * Nv$

Dónde:

S = Superficie disponible en metros lineales.

Sp = Superficie usada por persona.

Nv = Número de veces que el sitio puede ser visitado por la misma persona en un día.

- $Nv = (Hv/Tv)$

Dónde:

Hv = Horario de visita.

Tv = Tiempo necesario para visitar cada sendero.

- $CCR = CCF (FCsoc*FCsol*FCero*FCctem*FCacc)$

Dónde:

FCsoc: Factor de Corrección social

FCsol: Factor de Corrección de brillo solar

FCero: Factor de Corrección de erodabilidad

FCctem: Factor de Corrección de cierres temporales

FCacc: Factor de Corrección accesibilidad

- $CCE = CCR * CM$

Dónde:

CCR: Capacidad de Carga Real

CM: Capacidad de Manejo

En lo que respecta a la Capacidad de Manejo (CM), se analizaron tres variables 1) Personal, 2) Infraestructura y 3) Equipamiento, cada uno de estas variables se evaluaron con los criterios de cantidad (existencia y suficiencia), estado (condiciones), localización (ubicación y acceso) y funcionalidad (utilidad). Después, cada variable se calificó en una escala del 0 a 4, basada en la percepción del equipo de trabajo y del área administrativa del ANP, para finalizar integrando los resultados en la siguiente fórmula:

- $CM = (inf + equi + pers) / 3$

Dónde:

inf: Infraestructura

equi: Equipamiento

pers: Personal

Los resultados se categorizaron como insatisfactorio ($\leq 35\%$), poco satisfactorio (36-50%), medianamente satisfactorio (51-75%), satisfactorio (76-89%) y muy satisfactorio ($\geq 90\%$), permitiendo evaluar la efectividad de manejo del ANP.

Percepción de los visitantes sobre el estado de los senderos

Para evaluar la satisfacción del visitante, con respecto a las actividades recreativas, se aplicó una encuesta estructurada, acompañada de un consentimiento informado. Esta encuesta se dividió en cinco temas prioritarios: 1) motivaciones de la visita y conocimientos sobre la RBPGDA, 2) accesibilidad y transporte; 3) experiencia y percepción del visitante; y 4) opinión general y sugerencias.

Rango de Oportunidad para Visitantes en Áreas Naturales Protegidas (ROVAP)

A través del ROVAP, se determinó la categoría en la que se encuentran los senderos de la reserva; como lo proponen Brown *et al.* (s.f.), en base a las características biofísicas (alteración de la vegetación, tipo de acceso), sociales (tamaño de grupo, actividades turísticas) y de gestión (estado de los senderos y de la señalización), se asignó alguna de las siguientes categorías: Prístino, senderos con mínima intervención humana y de difícil acceso; Primitivo, senderos con alto nivel de conservación y con infraestructura básica; Rústico/Natural, senderos con infraestructura moderna, que mezclan elementos naturales y culturales; Rural, senderos a través de asentamientos humanos que se conectan con caminos; y Urbano, senderos con alta presencia de infraestructura y servicios.

Esta clasificación permitió orientar las estrategias de gestión turística acorde a las condiciones de cada área de la RBPGDA.

Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

Posteriormente, siguiendo el procedimiento de Ponce (2007), se llevó a cabo una reunión, en la que se convocaron a los representantes de los diversos actores de la reserva. Asistieron, el personal de la CONANP y representantes de los ejidos Cerro Colorado, Profesor Alfredo López Aceves, Valle del Pinacate y Los Norteños, cuya incidencia territorial corresponde a las zonas de mayor concentración turística. Dentro del taller se abordaron los antecedentes sobre el turismo sostenible, el enfoque del LCA y la CCT, para luego explicar el método de análisis de FODA, y finalmente, se procedió con la actividad para identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas en torno al turismo en la RBPGDA.

Análisis de Matriz Analítica de Formación de Estrategias (MAFE)

A partir de la información obtenida en el análisis de FODA, se construyó la MAFE, como lo describe Ponce (2007). Con la matriz se establecieron estrategias a partir de la relación entre los factores internos y externos del análisis de FODA. El procedimiento consiste en cruzar en una matriz los insumos del FODA para generar cuatro tipos de estrategias: FO, orientadas a aprovechar las fortalezas internas frente a las oportunidades del entorno; DO, encaminadas a superar debilidades mediante el uso de oportunidades externas; FA, que buscan emplear las fortalezas para contrarrestar amenazas; y DA, de carácter defensivo, dirigidas a reducir las debilidades y evitar riesgos derivados del contexto. Este método permitió traducir el diagnóstico de FODA en propuestas estratégicas concretas.

Estrategias de manejo para respetar los límites de CCT

Protocolos de monitoreo de impactos del visitante

Se desarrolló un protocolo para evaluar los cambios en indicadores clave dentro de la RBPGDA, considerando los umbrales de CCT y la normativa de la CONANP. La selección de indicadores tanto sociales como ambientales se fundamentó en el trabajo de campo y en las preocupaciones señaladas por el personal de la RBPGDA, así como los análisis de FODA y de la MAFE. Los indicadores buscan facilitar la detección temprana de los impactos negativos que se consideran serían más frecuentes en la reserva, y entonces poder implementar las estrategias de manejo del área.

Discusión de Resultados

Diagnóstico del contexto turístico en la RBPGDA

Actividades económicas

Las actividades económicas en la RBPGDA son limitadas, principalmente por las condiciones extremas del desierto. Las condiciones ambientales hacen que la agricultura sea mínima y se concentre en pequeñas parcelas en los márgenes del Río Sonoyta; la ganadería extensiva es la principal actividad, con unas 435 cabezas de ganado que generan riesgos ecológicos; por su parte, la minería, antes centrada en la extracción de ceniza volcánica, fue prohibida por su impacto ambiental. Bajo este escenario el turismo ha sido impulsado por las autoridades como la principal actividad económica dentro de la RBPGDA. Esta actividad es promovida por operadoras turísticas privadas, aunque algunos ejidatarios buscan incorporarse a esta actividad por su mayor rentabilidad, sus esfuerzos han sido incipientes (Adame, 2007; García *et al.*, 2021).

Valores físicos, bióticos y socioculturales

La RBPGDA combina riqueza natural y cultural, que posiciona a la reserva como un sitio clave para el turismo sostenible, ya que destaca la diversidad de ecosistemas desérticos con más de 600 especies de plantas y 200 de vertebrados, que incluyen especies emblemáticas como el borrego cimarrón y el berrendo; así como paisajes de volcanes, cráteres y la mayor extensión de dunas tipo estrella en América (Murguía, 2000; Garduño *et al.*, 2012; DOF, 2019; García *et al.*, 2021). A ello, se suma el legado cultural O'odham, como los Senderos de la Sal, y un alto valor recreativo en actividades de naturaleza y cultura que requieren manejo coordinado para asegurar su sostenibilidad (Tapia y Godínez, 2016).

Contexto turístico

La región de Sonora se consolidó como un destino turístico emergente en México por su riqueza natural, cultural y diversidad paisajística (SE, 2021). En el área de influencia de la RBPGDA predomina el turismo de aventura, rural y de naturaleza, además del deportivo, médico y de celebraciones (SE, 2021). Los últimos datos disponibles indican que Sonora, ocupó en el 2021 el cuarto lugar en afluencia de visitantes con picos de ocupación hotelera en invierno y verano (DATATUR, 2019; GMP, 2022). Entre las ciudades cercanas destacan San Luis Río Colorado, Sonoyta, Caborca y Puerto Peñasco, este último concentra la mayor infraestructura turística, aportando el 12.94% del PIB estatal, y recibiendo más de 135,000 visitantes en 2022 (DATATUR, 2019; GMP, 2022). Sin embargo, en los últimos dos años los problemas con el crimen organizado han derivado en un menor flujo de turistas hacia la región.

Uso público actual

El turismo constituye la principal actividad en la RBPGDA, entre 2015 y 2019, se recibieron 14,439 visitantes en el museo y 13,686 en la zona de cráteres; en 2019 la afluencia a esta área disminuyó por el cierre del acceso principal. La afluencia de visitantes presenta dos picos anuales, uno entre marzo y abril y otro entre noviembre y diciembre, que coinciden con temporadas vacacionales y de menor temperatura. El turismo nacional es el predominante, seguido por el turismo local (principalmente de Puerto Peñasco, quienes prefieren visitar los cráteres y acampar) y extranjeros, que visitan sobre todo el museo. En cuanto al perfil sociodemográfico, destacan los adultos (65.5 %), seguidos por adolescentes y adultos mayores, mientras que infantes y preadolescentes representan la menor proporción.

El Centro de Visitantes y Museo Schuk Toak es el principal punto de acceso, tiene una capacidad para recibir 100,000 personas al año (RBPGDA, s.f.), está equipado con museografía interactiva, sala audiovisual y cuatro senderos interpretativos. También se practica el senderismo en los senderos autorizados como en el Cráter El Elegante, Cono Mayo y volcán Santa Clara, campismo en áreas como El Tecolote, Dunas y Cono Rojo, y actividades de observación de flora y fauna, además de turismo fotográfico y astroturismo (García *et al.*, 2022).

Problemáticas

En la RBPGDA, existen conflictos que deberán ser atendidos de manera coordinada entre los habitantes e instituciones que administran o inciden en la reserva. El cierre de rutas de acceso a algunos de los atractivos de la reserva se resolvió al permitir el cobro del acceso a dos ejidos.

Las prestaciones de servicios turísticos dentro de la reserva son limitados, la infraestructura para su atención se encuentra concentrada en el Centro de Atención a Visitantes y en el Museo, donde se

tienen los servicios básicos para la atención al turismo. Sin embargo, en los senderos más alejados solo hay algunas señalizaciones informativas y de interpretación, la falta de vigilancia y de señalética restrictiva, ha generado daños en algunos sitios como en Cono Mayo, donde los visitantes no siguen el sendero oficial para bajar, caminando a través del domo de cenizas, lo que ha generado una erosión sustantiva del suelo.

Las especies invasoras amenazan la integridad de los ecosistemas, particularmente en ecosistemas frágiles (Mayfield III *et al.*, 2021); en la reserva se han registrado 82 especies de flora, seis de mamíferos, cinco de aves y dos insectos exóticos, algunos de ellos con categoría de invasores, como la Escarcha afroasiática (*Mesembryanthemum crystallinum*), el Pasto espiguilla (*Bromus tectorum*), el zacate africano buffel (*Cenchrus ciliaris*), o entre los animales el Gato doméstico (*Felis catus*), que en los desiertos suelen tener fuertes impactos negativos (MacLeod *et al.*, 2020). Otros mamíferos de mayor preocupación lo conforman el ganado, las vacas (*Bos primigenius taurus*), cabras (*Capra hircus*) y ovejas (*Ovis aries*), que los ejidatarios aún crían en la reserva y su zona de amortiguamiento (García *et al.*, 2022).

Finalmente, se detectaron prácticas no reguladas como el uso de cuatrimotos y razers en dunas cercanas a Puerto Peñasco, lo que plantea un desafío de manejo para asegurar un turismo sustentable.

Gestión de los sitios turísticos

Identificación de Nodos y Unidades Funcionales.

Se identificaron como unidades funcionales, el Museo y Centro de Visitantes Schuk Toak, por donde se ingresa a los senderos Biológico, Geológico, General y Dunas; y la Estación Biológica, de donde inicia la ruta vehicular escénica que lleva a los cráteres El Elegante, Cerro Colorado, Cono Mayo y Cerro Santa Clara. La selección de estas Unidades Funcionales radica en que ahí se pueden registrar a los visitantes, lo que permite tener un control de acceso a los Nodos; además, en estos puntos se cuenta con infraestructura básica para la atención al turismo (tabla 21).

Evaluación de las características para la atención del turismo en los nodos de actividad.

El análisis de las clases de oportunidad a través del método de ROVAP, evidenció que la oferta turística de la RBPGDA se concentra principalmente en unidades funcionales clasificadas como primitivas (87.5% de los senderos), los senderos más accesibles, Biológico, Geológico, General, Dunas y Cráter El Elegante, permiten al visitante una experiencia interpretativa de los procesos biológicos, geológicos y culturales, lo que favorece tanto las actividades educativas, como las actividades de recreación controlada. En contraste, el Sendero Santa Clara con categoría prístina, ofrece experiencias de mayor inmersión en la naturaleza, con recorridos más exigentes físicamente, que deben de ser dirigidos a un perfil de visitantes especializado. La categorización del uso público, contribuye a diversificar las experiencias turísticas, distribuir el flujo de visitantes y minimizar impactos en áreas sensibles, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible del turismo en la reserva (tabla 1).

Tabla 1. Unidades Funcionales, Nodos de Actividad y su clasificación con base en las Clases de Oportunidad Recreativas (ROVAP).

Unidades funcionales	Nodos	ROVAP
Museo y Centro de Visitantes Schuk Toak	Sendero Biológico	Primitivo

	Sendero Geológico	Primitivo
	Sendero General	Primitivo
	Sendero Dunas	Primitivo
Estación Biológica	Cráter El Elegante	Primitivo
	Cono Mayo	Primitivo
	Cerro Santa Clara	Prístino
	Cráter Cerro Colorado	Primitivo

Capacidad de Carga

Para estimar la capacidad de carga efectiva se usan diversos factores de corrección, su selección es fundamental para tener una mejor estimación de la CCF. Para este caso de estudio se seleccionaron los siguientes FC.

El Factor de Corrección social (FCsoc), se integró con el propósito de minimizar los impactos negativos derivados de la saturación de los senderos y mejorar la experiencia para el visitante. Por lo que se consideró que los grupos deberían estar separados por al menos 50 m entre ellos y no ser mayores a 20 personas, y 5 personas en los senderos Geológico, Biológico y General.

El Factor de Corrección de brillo solar (FCsol), se consideró debido a que las condiciones climáticas extremas de la región, en particular la incidencia de radiación solar que hay entre las 10 hr y las 15 hr, esto sumado a la falta de cobertura vegetal, representa un riesgo directo para los visitantes. En este sentido, este FC no solo se tomó en cuenta por las condiciones ambientales de la reserva, sino también porque responde a una medida de seguridad, de tal manera que este FC permite ajustar la CCF a la realidad biofísica de cada sendero.

De la misma manera, el Factor de Corrección de cierres temporales (FCctem), se aplicó debido a que las temperaturas que se alcanzan en la reserva en los meses de junio a septiembre, superan los 50° C por lo que se cierran de manera temporal algunos de sus senderos como el de Dunas.

Por otro lado, también se consideró el Factor de Corrección de erodabilidad (FCero), ya que los caminos en la reserva son de terracería, y no cuentan con la infraestructura necesaria para soportar un tránsito constante de visitantes, lo cual genera compactación y pérdida de suelo, situación que se intensifica en áreas con mayor pendiente. Este proceso incide no solo en la seguridad de los visitantes, sino también en la integridad de los ecosistemas.

Igualmente, se consideró la dificultad para transitar en los senderos con relación a la pendiente del terreno, para ello se sumó el Factor de Corrección de accesibilidad (FCacc), donde se consideran también los riesgos de erosión que hay en los caminos.

Por otro lado, la capacidad de manejo (CM) de la RBPGDA se estimó en 64 %, lo que indica un nivel medianamente satisfactorio para la gestión de las actividades y de conservación. Los resultados muestran que las variables de infraestructura y equipamiento presentan un desempeño aceptable, aunque requieren mejoras en mantenimiento, funcionalidad y distribución para optimizar su uso. Sin embargo, la variable de personal evidencia una carencia importante en recursos humanos, tanto en cantidad como en especialización, lo que reduce la eficiencia en la atención al turismo y en las labores de monitoreo y vigilancia. Estos resultados destacan la necesidad de fortalecer el equipo humano y

operativo, junto con inversiones en infraestructura y equipamiento, para alcanzar una capacidad de manejo que contribuya a una gestión más eficiente y sustentable en la reserva (tabla 2).

Tabla 2. Capacidad de Manejo (CM) de la RBPGDA.

Variable	Valor
Infraestructura	0.735
Equipo	0.736
Personal	0.450
Capacidad de Manejo	64.03 %

Finalmente, para calcular la CCE, se integraron los valores obtenidos de la CCR y la CM. A partir de esta relación se obtuvieron los valores finales de la Capacidad de Carga Efectiva, los cuales representan el número máximo diario de visitantes por sendero, sin comprometer, tanto la experiencia de los visitantes como la conservación de los ecosistemas del área. Estos valores se calcularon para cada uno de los nodos de actividad de la reserva, los cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Valores de las Capacidades de Carga Física (CCF), Real (CCR) y Efectiva (CCE) para los senderos de la RBPGDA. Los valores se muestran en unidades de visitantes/día.

Sendero	No. de visitantes/día		
	CCF	CCR	CCE
Dunas	10,000	218	140
Cráter El Elegante	10,667	776	497
Cono Mayo	10,667	199	128
General	6,480	499	213
Biológico	8,889	214	152
Geológico	8,889	105	75
Cerro Santa Clara	14,548	486	311
Cráter Cerro Colorado	1,526	160	103

Para evaluar si la CCE de los senderos se había sobrepasado, los valores obtenidos fueron comparados con datos históricos de afluencia turística. Se analizaron 1,823 registros, de los cuales solo un par fueron omitidos al ser cifras atípicas. Se atendieron en total 263,500 visitantes del 2015 al 2019. En el análisis de estos datos, se asumió que todos los visitantes recorren todos los senderos de interés, con el objetivo de comparar el número teórico máximo con las cifras reales de visitantes.

Al observar el promedio de visitantes por mes (fig. 2), se observa que es en marzo cuando se reciben más visitantes en promedio (47.5 visitantes/día), seguido de abril, noviembre, diciembre y febrero (con 43.6, 36.0, 33.2 y 32.5 visitantes/día, respectivamente). El histograma de frecuencias (fig. 3), muestra que el 97.59 % de las visitas totales se acumulan entre los rangos de vista por día del 0-11 a 96-107 visitantes. Se observó que solo en 44 días, llegaron de 107 a 202 visitantes; estos valores muestran que la CCE acumulada de todos los senderos de interés no ha sido rebasada.

Se conoce que la dinámica de visitas en la ruta escénica es similar a la del museo y que las operadoras turísticas manejan grupos de entre 20 y 60 personas, aunque se han contado grupos de hasta 90 personas acampando al pie del sendero Cono Mayo, en el que se estimó una capacidad de carga de 128 visitantes/día.

La facilidad de acceso, la pendiente menos pronunciada y el horario de acceso ilimitado, contribuyen a que los senderos del cráter El Elegante y Cerro Santa Clara tengan capacidades de carga más altas que los otros senderos (tabla 3). A pesar de la alta CCE del Cerro Santa Clara (311 visitantes/día), es una ruta difícil de transitar, por los procesos de erosión, pendiente pronunciada y vegetación rosetófila abundante, además, por la lejanía y falta de servicios de comunicación, se debe de tomar en cuenta que la asistencia médica no es oportuna, por lo que se debe de tener precaución al utilizarlo. Este sendero debe ser considerado como una ruta para el turismo especializado. Mientras que, el cráter Cerro Colorado tiene un pequeño sendero que funciona como mirador, con un límite de 103 visitantes/día (tabla 3).

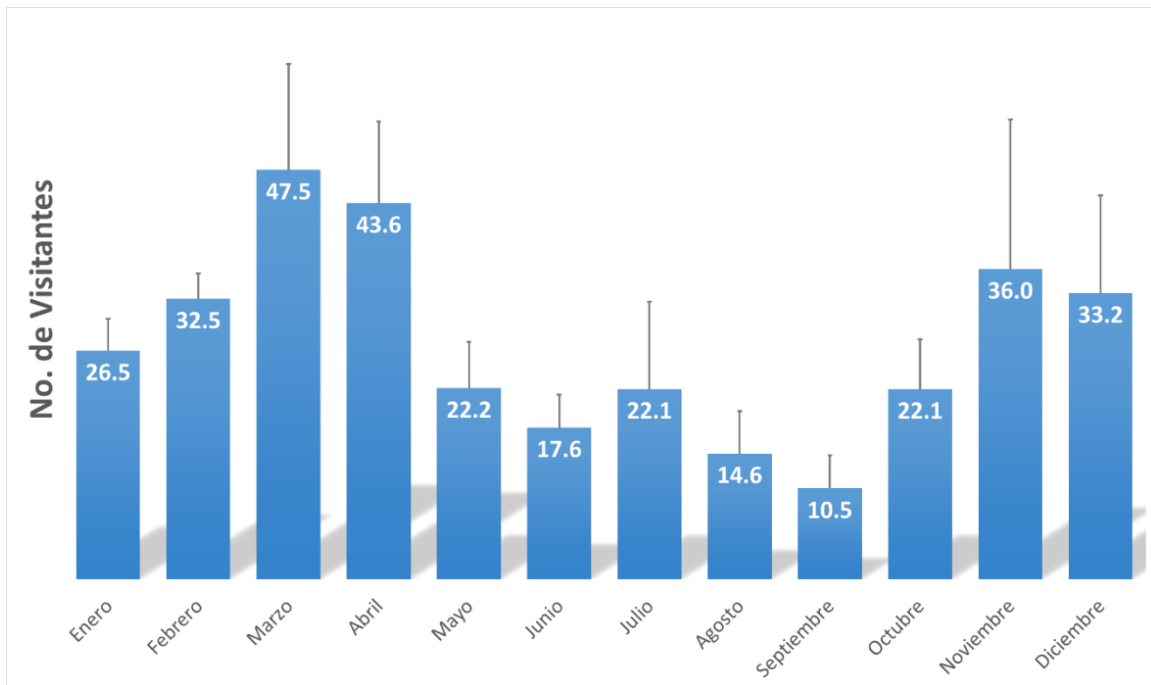


Figura 2. Promedio del número de visitantes diarios por mes (datos 2015 a 2019). Elaboración propia con datos de la RBPGDA-CONANP (2019).

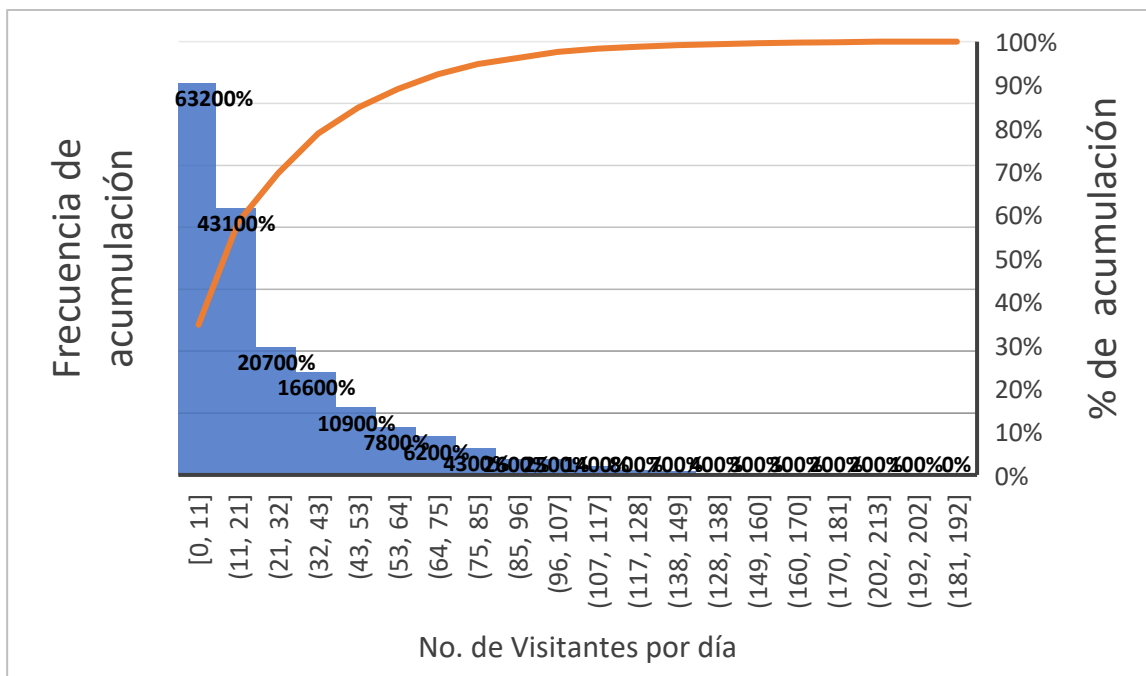


Figura 3. Histograma del número de visitantes por día al Museo Schuk Toak. Elaboración propia con datos de la RBPGDA-CONANP (2019).

En términos generales, los resultados muestran que hay un uso sostenible de los principales atractivos de la reserva; sin embargo, a pesar de que la visita por turistas se encuentra debajo del límite máximo teórico para la zona, las observaciones en los recorridos de la reserva muestran que existe una alteración de la ruta escénica debido al tránsito vehicular; de igual forma se muestra que el comportamiento de algunos turistas no respeta a los monumentos naturales y pone en riesgo su calidad ambiental y belleza paisajística.

Este comportamiento no solo altera la calidad de los recursos naturales, sino también la calidad de la experiencia de los visitantes y con ello, demeritan la capacidad del turismo como una fuente para la generación de recursos para los habitantes de la reserva y área de influencia. En este sentido el estudio de capacidad de carga debe de ser entendido como un instrumento que promueve la gestión sostenible del turismo marcando los umbrales de visitación máxima actual y con ello proporcionar una alerta cuantitativa para determinar si se está por rebasar y entonces de ser necesario, incrementar la CCE a través de mejorar la capacidad de Manejo (e. g. recursos humanos, infraestructura, vigilancia).

En cuanto a la limitación de áreas dentro del destino turístico, hay umbrales que no necesariamente tendrán que ser estáticos, pues las variaciones de estos a través del tiempo van a depender de las autoridades que gestionan la reserva, y a las inversiones tanto tecnológicas como económicas que se les destinen.

Con la debida aplicación de las metodologías sugeridas, se ubicaron las áreas en la RBPGDA que presentan rangos de oportunidad turística o áreas que requieran de una mayor atención debido a un deterioro severo, por lo que la implementación de las medidas sugeridas a través del estudio de LCA podrían llevar a la mejora de las condiciones de estas áreas y así permitir el aumento de la capacidad de carga y la mejora de la experiencia turística (Gómez *et al.*, 2016; Rojas *et al.*, 2017).

Percepción de los visitantes sobre el estado de los senderos

La percepción de los visitantes sobre el estado de los senderos en la RBPGDA fue positiva en general. Con base en 75 encuestas aplicadas, el 73 % de los visitantes consideró adecuados los recorridos, el 14 % los consideró largos y solo el 13 % los percibió cortos (figura 4 A). En cuanto al estado de los senderos, el 23 % lo calificó entre muy bueno y excelente, el 45 % lo consideró bueno y el 32 % lo consideró como regular (figura 4 B). Respecto a la señalética, el 36% opinó que es suficiente, mientras que el 64 % dijo que es insuficiente, lo que evidencia un área de mejora (figura 4 C). Sobre la información en las estaciones interpretativas, el 59 % mencionó que es adecuada y el 41 % dijo que es escasa (figura 4 D). Respecto del estado de conservación de los elementos naturales, el 50 % de los entrevistados lo valoran entre muy bueno y excelente, el 36 % lo califica de bueno y el 14 % de regular, cabe destacar que nadie lo calificó como malo, aunque se identificó que existe una falta de conciencia sobre el tránsito de áreas sensibles como en el Cono Mayo (figura 4 E). Finalmente, la infraestructura fue calificada de forma negativa, el 32 % mencionó que es mala, el 18 % regular, 32 % buena y solo el 18 % la consideró entre muy buena y excelente, aclarando que se refieren a los senderos que parten del museo (figura 4 F).

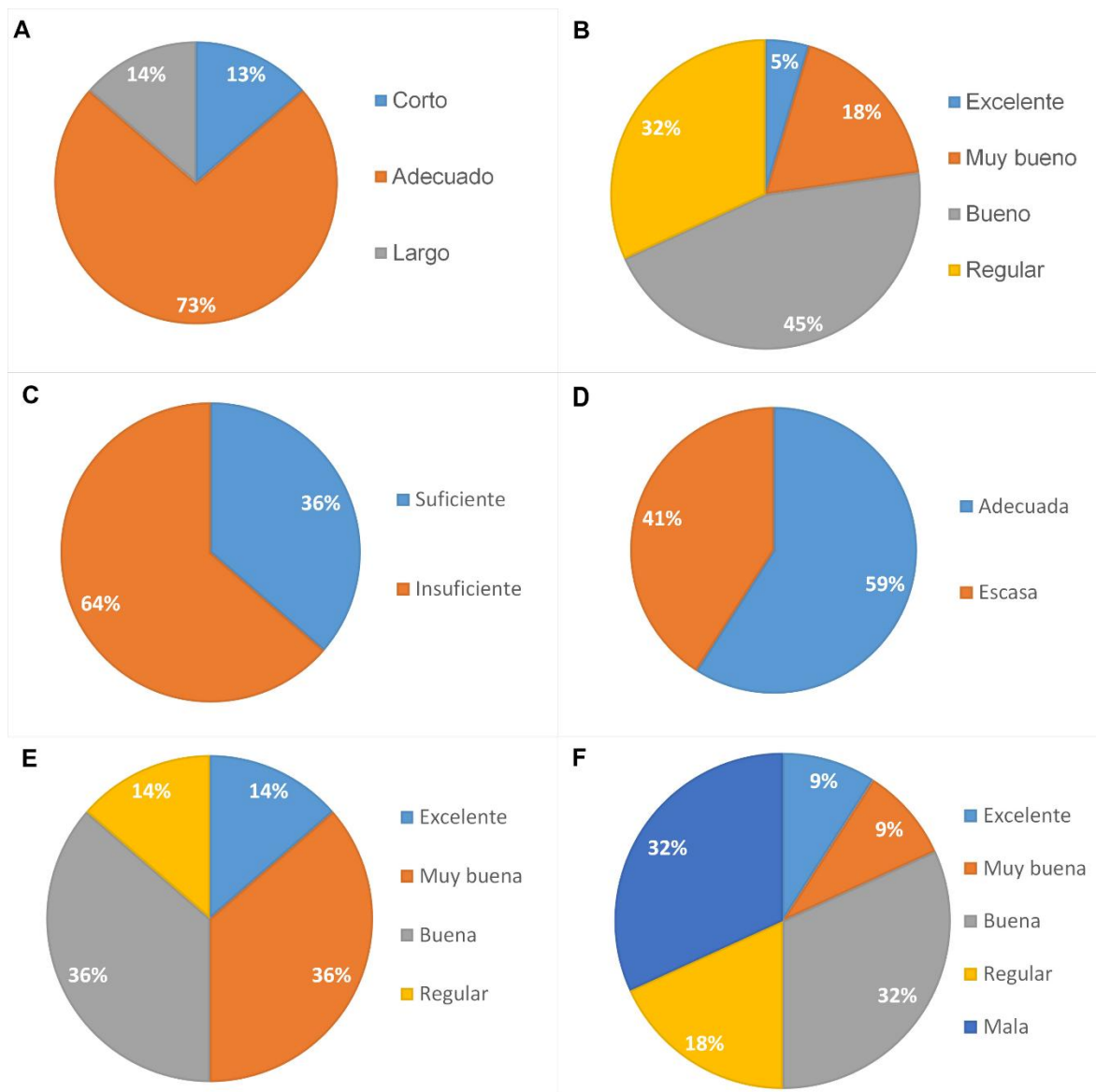


Figura 4. Percepción de los visitantes sobre A) Recorrido del sendero; B) Estado del Sendero; C) Señalización del sendero; D) Calidad de la información del sendero; E) Estado de conservación de los elementos naturales; y F) Percepción de la infraestructura de la reserva.

En conjunto, los resultados de las encuestas sugieren que, si bien la gestión actual de los senderos y de la infraestructura turística de la RBPGDA es efectiva, es necesario adoptar un enfoque de mejora continua que integre estrategias de manejo, educación ambiental y monitoreo permanente. El incremento constante en la afluencia de visitantes, sumado a las características climáticas del área demandan un mantenimiento periódico de la infraestructura (como bancas, señalética, etc.), esto no solo con el fin de que los visitantes tengan una buena experiencia, sino también para minimizar los impactos sobre el paisaje y los ecosistemas frágiles. De la misma manera, la implementación de programas de educación y concientización ambiental permitiría sensibilizar a los visitantes sobre los procesos de deterioro que, aunque no siempre perceptibles, amenazan la integridad ecológica de áreas

sensibles como en los senderos de Cono Mayo o las Dunas. Finalmente, la implementación de un sistema de monitoreo continuo de la capacidad de carga turística, con indicadores claros sobre el estado de conservación, volumen de visitantes y calidad de la experiencia, resulta clave para orientar la toma de decisiones y diseñar estrategias adaptativas que ayuden a tener un manejo sostenible a largo plazo del turismo en la reserva.

Estrategias para la gestión del turismo

Con la finalidad de generar una serie de estrategias que se puedan aplicar al manejo del turista en la reserva, se llevó a cabo un análisis de FODA, con el que se obtuvieron los insumos para generar la MAFE. El análisis de FODA (consultar Anexo 1) mostró que el 50 % de las fortalezas pertenece a los factores ambientales, como su biodiversidad y belleza paisajística; seguido de los aspectos administrativos (30 %), principalmente relacionados con la infraestructura básica para el turismo. Las debilidades se cargan a los factores administrativos (63.6 %), como la falta de personal, servicios y la actualización del Programa de Manejo de la reserva; mientras que los aspectos culturales (27.3 %) reflejan el desinterés y baja participación de los actores principales. En cuanto a las amenazas, sobresalen los factores ambientales (50 %), como temperaturas extremas, erosión y contaminación; mientras que los culturales son la segunda preocupación (37.5 %), ya que se derivan de conflictos sociales y actividades ilícitas. Las oportunidades se distribuyen principalmente entre factores culturales (33.3 %) y administrativos (33.3 %), como el interés por capacitación y la diversificación de servicios turísticos, seguidas de los apoyos gubernamentales (22.2 %), lo que evidencia el potencial para fortalecer la operación de la reserva, a través de estrategias de gestión integral y colaboración institucional.

Con la matriz MAFE, se identificaron estrategias que permiten capitalizar las fortalezas, reducir las debilidades, aprovechar las oportunidades y anticipar las amenazas, esto con el fin de generar lineamientos de manejo de turismo sustentable. A continuación, se describe cada una.

Estrategias FO (Fortalezas *Vs.* Oportunidades). Aprovechando las fortalezas ambientales y administrativas, se pueden potencializar proyectos turísticos sustentables que diversifiquen los servicios y actividades dentro de la reserva. Por ejemplo, el atractivo ecológico y paisajístico junto con la proximidad a Estados Unidos y el interés de algunos propietarios por capacitaciones, pueden derivar en la creación de paquetes turísticos especializados (observación de aves, astroturismo, senderismo interpretativo) con apoyos gubernamentales e internacionales como PROCODES.

Estrategias DO (Debilidades *Vs.* Oportunidades). La falta de personal, servicios básicos y capacitación puede mitigarse mediante alianzas estratégicas con instituciones gubernamentales y ONG, que aporten financiamiento y/o programas de voluntariado, así como de formación para los ejidatarios. Además, el desarrollo de los servicios locales, como transporte o alimentación generaron empleos y mejoría en la experiencia del visitante, disminuyendo el desinterés de los habitantes por involucrarse en la gestión turística.

Estrategias FA (Fortalezas *Vs.* Amenazas). El valor ecosistémico y cultural de la reserva puede ser un aliado clave para gestionar las amenazas ambientales como la erosión, temperaturas extremas, y la contaminación. Se requiere fortalecer los programas de educación ambiental y monitoreo así como aplicar medidas de control y vigilancia en áreas críticas, respaldadas por el reconocimiento internacional de la RBPGDA como Patrimonio Natural de la Humanidad.

Estrategias DA (Debilidades Vs. Amenazas). Las debilidades administrativas y de organización comunitaria, sumadas a amenazas como la inseguridad y los conflictos sociales demandan planes de manejo actualizados y estrategias de gobernanza participativa. Es prioritario mejorar la coordinación entre los ejidatarios, propietarios privados con la CONANP y gobiernos locales, así como fortalecer la seguridad y prevención en zonas sensibles en temporadas altas, con el fin de prevenir daños ambientales, así como sociales.

Estrategias alternativas de gestión

El método de LCA en la RBPGDA evidenció que este enfoque es una herramienta eficaz para la gestión y el manejo adaptativo del turismo, al integrar factores sociales y biofísicos que permiten un seguimiento de los cambios en los sitios turísticos. Estos resultados demuestran que el LCA no solo complementa el cálculo de la CCT, sino que también proporciona un marco flexible para identificar de forma temprana los impactos y así definir las estrategias de respuesta.

En este sentido, se propuso un esquema de monitoreo que combina los factores sociales y biofísicos con normas, escalas de riesgo y fórmulas para medir de manera cuantitativa los factores, lo que va a permitir dar un seguimiento de manera sistemática al estado de sitios turísticos en la RBPGDA. Se identificaron diversos indicadores como la creación de nuevos senderos, señalética en mal estado, mobiliario dañado, accesos no autorizados, delimitación de sendero en mal estado o ancho del sendero, erosión, pérdida de vegetación, etc., funcionan como alertas preventivas que anticipan presiones sobre el ecosistema antes de que ocurran daños irreversibles (tabla 4).

Tabla 4. Identificación de factores e indicadores para los Senderos. Se muestra su escala de evaluación.

Factor	Indicador	Norma	Escala de riesgo	Medio de monitoreo	Frecuencia	Manejo adaptativo	Fórmula
Percepción del turista	Insatisfacción de los visitantes	$\leq 40\%$	Bajo = 0–10 % Medio = 11–40 % Alto = $\geq 41\%$	Encuestas de satisfacción	Semestral	Análisis estadístico y acciones correctivas según observaciones	$(\text{No. inconformes} / \text{No. encuestados}) \times 100$
Aparición de nuevas áreas con erosión	% de áreas erosionadas	0 áreas nuevas	Bajo = 0 % Medio = 1–50 % Alto = $\geq 50\%$	Recorridos de inspección	Mensual (época de lluvias)	Delimitar senderos y aplicar técnicas de retención de suelo	$(\text{m sendero erosionado} / \text{m totales sendero}) \times 100$

Perturbación de flora y fauna	% de casos detectados	3 casos alta / 1 baja	Bajo = 0-4 Medio = 5-10 Alto = ≥ 11	Recorridos de inspección	Trimestral (senderos) Semanal (campamentos)	Carteles y sensibilización sobre conservación	(Individuos faltantes/ Individuos iniciales) \times 100
Aparición de nuevos senderos	% de senderos alternos	0 % senderos alternos	Bajo= 0% Medio = 1-50% Alto= $\geq 50\%$	Recorridos de inspección	Mensual	Delimitación y señalización de rutas oficiales	(Long. senderos alternos/ Long. total) \times 100
Accesos no autorizados	% de grupos sin autorización	0 grupos al año	Bajo= 0-1 Medio = 1-5 Alto= ≥ 5	Recorridos de inspección	Semanal	Difusión de permisos, reforzar vigilancia	(Grupos sin autorización/ Total de grupos) \times 100
Señalización en mal estado	% de señales dañadas	0 % anual	Bajo= 0% Medio = 1-50% Alto= $\geq 50\%$	Recorridos de inspección	Mensual	Mantenimiento e instalación de materiales resistentes	(Señales dañadas/ Total señales) \times 100
Ancho del sendero	Ancho promedio	50-120 cm	Bajo= 20-50 cm Medio = 50-100 cm Alto= ≥ 100 cm	Medición en campo	Mensual	Mantener delimitación, evitar ampliación o estrechamiento	Σ (anchos sendero) / n datos
Delimitación del sendero	Evidencias de traspasos	0 alteraciones	Bajo= 0-2 Medio = 2-5 Alto= ≥ 6	Recorridos de inspección	Mensual	Colocar vallas, reforzar señalización y delimitación	(Casos detectados / Total recorridos) \times 100

Pérdida de vegetación	% de pérdida de área verde	0 cm ² perdidos	Bajo = 0–50 cm ² Medio = 0.5–1.0 m ² Alto = ≥ 1 m ²	Recorridos de inspección	Mensual	Delimitar áreas de campamento, campañas educativas	(m ² dañados / m ² disponibles) \times 100
Basura abandonada	Evidencia de desechos	0 residuos	Bajo = 0–1 Medio = 1–5 Alto = ≥ 5	Revisión en sitio	Al cierre de campamentos	Reglamentación y refuerzo de vigilancia	(Residuos detectados / Campamentos) \times 100
Campamentos en zonas no permitidas	Grupos acampando fuera de área	0 grupos	Bajo = 0–1 Medio = 1–5 Alto = ≥ 5	Recorridos de inspección	Semanal	Sanciones y reubicación de campamentos no autorizados	(Grupos no autorizados / Total de grupos) \times 100
Fogatas abandonadas	% de fogatas activas	0 fogatas	Bajo = 1 Medio = 2 Alto = ≥ 3	Revisión en sitio	Al cierre de campamentos	Prevención de incendios, concienciación a visitantes	(Fogatas activas / Campamentos) \times 100
Mobiliario en mal estado	% de mobiliario dañado	≤ 2 al año	Bajo = ≤ 5 % Medio = 5.1–50% Alto = ≥ 50 %	Recorridos de inspección	Mensual	Mantenimiento y sustitución de infraestructura	(Mobiliario dañado / Total mobiliario) \times 100

Conclusiones

El turismo es una actividad que tiene diversos impactos en las áreas turísticas; en el caso de estudio de la RBPGDA, el modelo de gestión del uso turístico del territorio, que usa las herramientas de gestión del LCA, CCT y ROVAP (que combinan factores sociales y biofísicos con umbrales y escalas de riesgo), permitirá disminuir los impactos negativos, ya que permiten una mejor comprensión de las características del territorio, la gestión y el manejo de los recursos en torno al turismo dentro de la reserva. El modelo fortalecerá la toma de decisiones bajo un esquema de manejo adaptativo, con la capacidad de anticipar las presiones que el turismo ejerce dentro del territorio y así poder ajustar la gestión del área conforme cambian las condiciones en el sitio.

Los resultados indican que, si bien la CCT estimada no ha sido rebasada, existen presiones puntuales sobre los atractivos turísticos, principalmente en los senderos alejados y con mayor afluencia de turistas. Sin embargo, esto evidencia que, aunque la regulación actual ha sido parcialmente efectiva, aún es necesario fortalecer algunas acciones de manejo como la supervisión en campo, la reposición de señalética, así como la colaboración con operadoras turísticas y programas de educación y sensibilización ambiental tanto para las operadoras como para los turistas, esto con el fin de preservar los atractivos turísticos de la RBPGDA.

Las condiciones desérticas extremas (temperaturas extremas, alta radiación solar y falta de agua), representan las principales limitaciones para tener una mejor experiencia turística en la RBPGDA. Para disminuir el impacto de las limitaciones naturales, es necesario desarrollar una buena infraestructura, que minimice las limitaciones y ayude a aumentar la capacidad de carga de los destinos. La calendarización de las actividades, en función del clima, podría ser una estrategia adecuada para la mejor la experiencia del turista; y con ello, proteger tanto la integridad ecológica como la seguridad y satisfacción de los visitantes.

Asimismo, se observó que los senderos asignados al nodo del Museo cuentan mayor infraestructura y servicios para la atención al turismo, lo que ha permitido aumentar la cantidad de visitantes en el sitio. En contraste, los senderos más aislados presentan mayores riesgos de deterioro, derivado del menor control sobre su acceso y vigilancia, lo que demanda reforzar las medidas de vigilancia y manejo diferenciado según la categoría de ROVAP.

La combinación de normas, escalas de riesgo y fórmulas cuantitativas otorgan al LCA una flexibilidad que lo convierte en un complemento indispensable de la estimación de la CCT. Por ejemplo, indicadores como el ancho del sendero, o el estado del mobiliario permiten evaluar de forma objetiva el nivel de deterioro de la infraestructura, y a partir de ello, iniciar acciones correctivas específicas. De esta manera, el sistema de monitoreo representa una estrategia de gestión integral, ya que no solo establece mecanismos de vigilancia periódica, sino que también genera información útil para la toma de decisiones, así como la gestión y el manejo a largo plazo.

Finalmente, aunque la CCT no ha sido rebasada en los senderos, la creciente afluencia turística y las visitas no registradas por algunas operadoras turísticas, representa un riesgo potencial de sobreexplotación. Ello hace imperante la urgencia de implementar mecanismos más estrictos de control de accesos, fortalecer la gobernanza con participación de ejidatarios, operadoras turísticas y la CONANP, para consolidar un sistema de monitoreo continuo que permita tomar decisiones basadas en evidencia. De esta forma se contribuye con la conservación de los ecosistemas de la RBPGDA y se mejoran las experiencias turísticas de calidad bajo criterios de sostenibilidad a mediano y largo plazo.

Bibliografía

- Adame, S. (2007). Desarrollo local y calidad de vida en la Reserva de la Biosfera del Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora. [Tesis de Doctorado]. El Colegio de la Frontera Norte.
- Anzaldúa-Soulé K. R., Saldaña-Almazán M. y Almazán-Adame, A. A. (2023). Capacidad de carga turística sustentable del Parque Nacional El Veladero, Acapulco, México. *CienciaUAT*, 18(1): 125-140.
- Bertoni, M. (2005). Recursos naturales en nodos turísticos: Aportes y transferencias. *Aportes y Transferencias*. 9(2): 95-111.
- Brown, P., Wallace, G., Newman, P., Wurz, J., Lechner, L., Stoll, D., Finchum, R., McGlaughlin, W., Courrau, J., Bauer, J. y Valenzuela, F. (s.f.). ROVAP: El rango de oportunidades para visitantes en áreas protegidas. CIPAM.
- Buckley, R., Brough, P., Hague, L., Chauvenet, A., Fleming, C., Roche, E., Sofija, E. y Harris, N. (2019). Economic value of protected areas via visitor mental health. *Nature Communications*, 10, 5005.
- Cifuentes, A. C., Mesquita, C. A., Méndez, J., Morales M., Aguilar, N., Cancino, D., Gallo, M., Jolón, M., Ramírez, C., Ribeiro, N., Sandoval, E. y Turcios, M. (1999). Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica. WWF.
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. (2017). Una de las seis Áreas Naturales Protegidas mexicanas nombradas por la UNESCO como Bien Natural. Gobierno de México.
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. (2018). Marco Estratégico de Turismo Sustentable en Áreas Naturales Protegidas de México. CONANP.
- Damnjanović, I. (2021). Overtourism Effects: Positive and Negative Impacts for Sustainable Development. En: Leal Filho, W., Azul, A. M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (Eds.). *Industry, Innovation and Infrastructure. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham. pp. 808-818.
- DATATUR (Análisis Integral del Turismo). (2019). PIB Turístico Estatal y Municipal. Recuperado de DATATUR.
- De la Maza, E. J., Cárdenas González, R. y Piguero, W. C. (2003). Estado actual de las áreas naturales protegidas de América Latina y el Caribe (Versión preliminar). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Quercus Consultoría Ecológica.
- Fernández, Z. R. F y Martínez, M. J. F. (2023). Capacidad de carga turística y límite de cambio aceptable como base para el manejo sostenible de las actividades turísticas en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas - Ecuador. *Cuadernos de Turismo*. 51: 125-162.
- Fernández-Zambrano R. F. y Martínez-Murillo, J. F. (2023). Capacidad de carga turística y límite de cambio aceptable como base para el manejo sostenible de las actividades turísticas en el parque nacional Cotacachi Cayapas – Ecuador”. *Cuaderno de Turismo*, 51: 125-162.

- García, G. I. y López, L. A. (2017). Cuatro ciénegas: Conflictos asociados al turismo en un área natural protegida. *Cuadernos de Turismo*, 40, 295-314.
- García, O. R., Zamorano-Sámamo, M. T., Zárate-Jiménez, J. y Luna-Soria, H. (2022). Estudio de Límite de Cambio Aceptable para Regular las Actividades Turístico-Recreativas de la Reserva de la Biósfera de El Pinacate y Gran Desierto de Altar. CONANP.
- García, O. R.; Luna, H; Athanasiadis, M; Zamorano, M. T. y Mondragón, D. (2021). Estudio Técnico de Diagnóstico para la Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar. CONANP, México.
- Garduño, E., Tapia L. A. y Caccavari, E. (2012). Shuk Toak: Historia natural y cultural de un geosímbolo de Sonora. *Región y sociedad*, 24(55), 227-261.
- GMP [Gobierno Municipal de Puerto Peñasco]. (2022). Con la reactivación turística Puerto Peñasco se posiciona como el mejor destino turístico de Sonora y del Noroeste de México. Puerto Peñasco, Son.
- Gómez, Ardilla J. D., Sánchez, Suarez A. y F., Gutiérrez-Fernández (2016). Cálculo de los límites de cambio aceptable (lac) en el sendero lagunas de siecha, parque nacional natural Chingaza – Colombia. *Revista de Tecnología*, 15(2): 75:88.
- Gross, M., Pearson, J., Arbieu, U., Riechers, M., Thomsen, S. y Martín-López, B. (2023). Tourists' valuation of nature in protected areas: A systematic review. *Ambio*, 52, 1065-1084.
- Herrera, R. C., Delgado, D. V., Moreira, J. A., y Toala, P. J. (2021). La reactivación turística post COVID-19 de las áreas naturales protegidas y su incidencia en la mejora de la experiencia de los turistas en el Ecuador. *Siembra*, 8(2), e3071.
- Leung, Y-F., Spenceley, A., Hvenegaard y Buckley, R. (2019). Gestión del turismo y de los visitantes en áreas protegidas. Suiza: UICN.
- López, J. M. y López, L. M. (2008). La capacidad de carga turística: Revisión crítica de un instrumento de medida de sostenibilidad. *Revista El Periplo Sustentable*, 15: 123-150.
- Mayfield III, A. E., Seybold, S. J., Haag, W. R., Johnson, M. T., Kerns, B. K., Kilgo, J. C., Larkin, D. J., Lucardi, R. D., Moltzan, B. D., Pearson, D. E., Rothlisberger, J. D., Schardt, J. D., Schwartz, M. K. y Young, M. K. (2021). Impacts of invasive species in terrestrial and aquatic systems in the United States. En: Poland, T. M., Patel-Weynand, T., Finch, D. M., Miniati, C. F., Hayes, D. C. y Lopez, V. M. (Eds.). *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States*. Springer. pp. 5-39.
- Medina-Castro, Y. E., Roldán-Clarà, B., y Leyva Aguilera, J. C. (2019). Impactos del turismo en dos Parques Nacionales y áreas aledañas de Baja California, México: el caso de Sierra de San Pedro Mártir y Constitución de 1857. *Sociedad y Ambiente*, (19), 161–188.
- Murguía, R. M. L. (2000). El agua en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, Sonora, México: Comunidades, Vida Silvestre y la Frontera con Estados Unidos. *Natural Resources Journal*, 40: 411-434.
- Murillo, Y. V. y Bringas, R. N. L. (2014). Conflictos entre la conservación y el turismo en áreas naturales protegidas: El buen vivir como aspiración para Bahía de los Ángeles. *Teoría y Praxis*, 49-73.

- Ponce, H. (2007). La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 12(1): 113-130.
- RBPGDA. [Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar]. (2024). Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar, Patrimonio Natural de la Humanidad. <https://elpinacate.com.mx/> fecha de acceso: 09 de mayo de 2024.
- Rojas, Ulloa D., Rodríguez, Buitrago A. M. y Gutiérrez-Fernández, F. (2017). Cálculo de los límites de cambio aceptable (lac) en el caso urbano del municipio de puerto nariño – amazonas, Colombia. *Revista de Tecnología*, 16(2): 78-89.
- Rome, A. (1999). Monitoreo de los Impactos Turísticos: Un examen de metodologías y recomendaciones para el desarrollo de programas de monitoreo en América Latina. The Nature Conservancy.
- SE [Secretaría de Economía]. (2021). Programa sectorial de mediano plazo 2016-2021 “ECONOMÍA CON FUTURO”. Gobierno del Estado.
- Secretaría de Turismo de México [SECTUR]. (2023). Estrategia de actividades turísticas sostenibles basadas en el océano en México 2023-2030. Gobierno de México.
- Segrado, P. R. G., Serrano, B. R. C., Mínguez, G. M. C., Cruz, J. G. y Juan, P. J. I. (2013). Estrategias de control de impactos turísticos en las áreas naturales protegidas y zonas arqueológicas de Quintana Roo, México. *Cultura e Turismo*, 7(3), 5-30.
- Soria-Díaz H. F., Graça P. M. y Soria, B. (2022). Analysis of the Carrying Capacity of Tourist Attraction Sites in Central Amazonia, Brazil. *Investigaciones geográficas*, (108), e60531.
- Stankey, G. H., McCool, S. F. y Stokes, G. L. (1984). Limits of Acceptable Change: A new framework for managing the Bob Marshall Wilderness Complex, 10(3): 33-37.
- Tapia, A. L. y Godinez, F. L. (2016). Peregrinaciones por los senderos ancestrales de la sal. Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar.
- Vallejo, J., y Rodríguez, J. C. (2020). Bienes comunes, conservación ambiental y economía campesina: Un estudio de caso en el Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México. *Polis Revista Latinoamericana*, 19(57), 153-182.
- Waldron, A., Mooers, A. O., Miller, D. C., Nibbelink, N., Redding, D., Kuhn, T. S., Roberts, J. T., y Gittleman, J. L. (2013). Targeting global conservation funding to limit immediate biodiversity declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 12144-12148.
- Wallace, G., Lechner, L., Stoll, D., Newman, P., y Juarrero, C. (2005). ROVAP: El rango de oportunidades para visitantes en áreas protegidas. CIPAM.

Anexo

Clave	Fortalezas	Clave	Debilidades
-------	------------	-------	-------------

F1	La Reserva de Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, es Patrimonio Natural de la Humanidad	D1	Falta de recursos económicos
F2	El área se ubica en el desierto más diverso del mundo	D2	El plan de manejo de la reserva es de 1995
F3	Belleza paisajística	D3	Falta de capacitación para la atención al turista
F4	Diversidad biológica	D4	Desinterés por parte de los ejidatarios
F5	Valor ecosistémico	D5	Falta de publicidad del sitio
F6	Valor cultural	D6	Falta de servicios locales
F7	Cercanía con Estados Unidos	D7	Falta de personal para supervisar las actividades en campo
F8	Senderos establecidos	D8	Falta de servicios básicos como luz, drenaje y agua
F9	Áreas de acampar delimitadas	D9	Personal insuficiente para hacer recorridos de vigilancia, con el fin de que todos los turistas acaten el reglamento del lugar
F10	Información sobre el lugar en Internet	D10	Los ejidatarios no habitan dentro de la reserva
		D11	Poca comunicación entre ejidatarios
Clave	Oportunidades	Clave	Amenazas
O1	Búsqueda de apoyos gubernamentales como proyectos PROCODES	A1	Lluvias extremas
O2	Búsqueda de apoyos internacionales	A2	Temperaturas elevadas
O3	Ofrecer servicio de transporte a los turistas	A3	Erosión de suelo
O4	Ofertar servicios de alimentación dentro de la reserva	A4	Inseguridad
O5	Dar más importancia al turismo extranjero	A5	Contaminación por el aumento de turistas
O6	Generación de paquetes turísticos	A6	Conflictos entre ejidatarios y CONANP

O7	Interés de algunos propietarios por recibir capacitación	A7	Actividades ilícitas dentro de la reserva (cazadores, extracción de flora y fauna, paso de mercancía ilegal, etc.)
O8	Oferta de varias actividades para el turista	A8	Incremento de costo de vida para los locales
O9	Incremento de empleos para los ejidatarios y locales		
Claves: Culturales , Ambientales , Administrativos , Gobierno			