

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO



**PORAFOLIO DE SOLUCIONES BASADAS EN LA
NATURALEZA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA DEL
COMPLEJO DE CUENCAS “SONORA Y OTRAS”
UNA PROPUESTA TERRITORIALIZADA**

PORAFOLIO DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA DEL COMPLEJO DE CUENCAS “SONORA Y OTRAS”. UNA PROPUESTA TERRITORIALIZADA

Derechos Reservados © 2025

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440

Col. Lomas de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo

Ciudad de México. C.P. 11000

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Esta publicación fue realizada en el marco del proyecto 00123123 “Seguridad hídrica y resiliencia con SbN ante COVID”. El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, ni de sus Estados Miembros.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo es el principal organismo de las Naciones Unidas dedicado a poner fin a la injusticia de la pobreza, la desigualdad y el cambio climático. Trabajamos con nuestra extensa red de expertos y aliados en 170 países para ayudar a las naciones a construir soluciones integradas y duraderas para las personas y el planeta.

www.undp.org/es/mexico

Coordinación: Valeria Petrone

Redacción técnica: Brenda Andrade, Brenda Suárez, Valeria Petrone

Revisión de contenido: Mauricio Escalante

Colaboración externa: Alejandro Valdés

Diseño editorial: Octavio Mendoza

Enero 2025

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue enriquecida por diversas instituciones y organizaciones. Agradecemos el apoyo y colaboración de la Comisión Nacional del Agua, la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable de Sonora, la Comisión Estatal del Agua de Sonora, la Universidad de Sonora, El Colegio de Sonora y de Protección de la Fauna Mexicana, A.C..

Esta publicación fue posible gracias al financiamiento de The Coca Cola Foundation.

DIRECTORIO

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO

Lorenzo Jiménez de Luis

Representante Residente

Daniel Vargas

Representante Residente Adjunto

Fernando Camacho

Oficial Nacional de Ambiente, Energía y Resiliencia

EQUIPO A CARGO DE LA PUBLICACIÓN

COORDINACIÓN

Valeria Petrone

Coordinadora del proyecto "Seguridad hídrica y resiliencia con SbN ante COVID"

REDACCIÓN TÉCNICA

Brenda Andrade

Especialista en Recursos Naturales y Cambio Climático

Brenda Suárez

Especialista en Gobernanza y Género

REVISIÓN DE CONTENIDO

Mauricio Escalante

Asociado en Alianzas Estratégicas y Fortalecimiento Institucional

COLABORACIÓN EXTERNA

Alejandro Valdés

Consultor

DISEÑO EDITORIAL

Maite García de Alba

Especialista en Políticas Públicas

Octavio Mendoza

Especialista en análisis y visualización de datos

Contenido

Prólogo	9	Condiciones de seguridad	40
Introducción	11	Grado de rezago social y grado de marginación	40
Objetivo general	12	Índice de Desarrollo Humano	42
Objetivos específicos	12	Igualdad de género	42
Metodología	15	Tenencia de la tierra	43
Caracterización socioeconómica	15	Áreas Naturales Protegidas (ANP)	43
Población	15		
Etnicidad	15		
Acceso a agua potable y saneamiento	16		
Índice de Desarrollo Humano	16		
Igualdad de género	16		
Tenencia de la tierra	17		
Áreas Naturales Protegidas	17		
Caracterización y diagnóstico biofísico y ambiental	17		
Delimitación de zonas funcionales	17		
Subsistemas biofísicos	18		
Clima y cambio climático	19		
Climas	19		
Escenarios de cambio climático	19		
Exposición a amenazas climáticas	20		
Factores de sensibilidad al cambio climático	21		
Balance hídrico actual y ante el cambio climático	21		
Análisis geoespacial de balance hídrico	21		
Análisis de potencial y zonas prioritarias para la implementación de estrategias de gestión territorial con enfoque SbN	24		
Análisis de potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable	24	Potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento	66
Análisis de zonas prioritarias para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable	31	Zonas prioritarias para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable	69
Síntesis de la situación socioambiental	31	Síntesis de situación socioambiental	70
Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica	32		
Generación de medidas habilitadoras	32		
Resultados	34		
Localización de la zona de estudio	34		
Caracterización socioeconómica	36		
Población	36	Medidas Habilitadoras para la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza	78
Etnicidad	36		
Acceso a agua potable y saneamiento	38		
		Conclusiones	81
		Referencias	83
		Anexos	88
		Caracterización socioeconómica	88
		Indicadores para estrategias de gestión ambiental con enfoque SbNa	89

Figuras

Figura 1. Esquema de construcción del portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica del complejo de cuencas “Sonora y otras”	13
Figura 2. Localización de la zona de estudio	34
Figura 3. Municipios de la zona de estudio	35
Figura 4. Tipo de localidad, grado de rezago social y grado de marginación por localidad del complejo de cuencas “Sonora y otras”	41
Figura 5. Tenencia de la tierra del complejo de cuencas “Sonora y otras”	43
Figura 6. Áreas Naturales Protegidas del complejo de cuencas “Sonora y otras”	44
Figura 7. Zonas funcionales del complejo de cuencas “Sonora y otras”	45
Figura 8. Rocas del complejo de cuencas “Sonora y otras”	46
Figura 9. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de topoformas	48
Figura 10. Suelos del complejo de cuencas “Sonora y otras”	49
Figura 11. Hidrografía del complejo de cuencas “Sonora y otras”	50
Figura 12. Humedales del complejo de cuencas “Sonora y otras”	51
Figura 13. Zona costera del complejo de cuencas “Sonora y otras”	52
Figura 14. Uso de suelo y vegetación actual del complejo de cuencas “Sonora y otras”	54
Figura 15. Cambio de uso de suelo según el análisis de los años 1997 a 2021	56
Figura 16. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN del complejo de cuencas “Sonora y otras”, con base en la interpolación de información climática de estaciones meteorológicas	58
Figura 17. Comportamiento esperado de temperatura y precipitación del complejo de cuencas “Sonora y otras”, según escenarios climáticos y RCP 8.5 para el largo plazo (2075-2099)	59
Figura 18. Grado de exposición ante amenazas por cambio climático del complejo de cuencas “Sonora y otras”	62
Figura 19. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático en el complejo de cuencas “Sonora y otras”	63
Figura 20. Volumen de escurrimiento anual ($hm^3/año$) del complejo de cuencas “Sonora y otras”	64
Figura 21. Potencial para la conservación del complejo de cuencas “Sonora y otras”	67
Figura 22. Potencial para el aprovechamiento sustentable del complejo de cuencas “Sonora y otras”	67
Figura 23. Potencial para la restauración del complejo de cuencas “Sonora y otras”	68
Figura 24. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “Sonora y otras”	69
Figura 25. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “Sonora y otras” por municipio	70

Tablas

Tabla 1. Indicador de Desarrollo Humano para cada ámbito de bienestar	16	Tabla 26. Distribución de la geología por zona funcional	46
Tabla 2. Indicador para dimensiones del índice de desigualdad de género	17	Tabla 27. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de topoformas por zona funcional	47
Tabla 3. Valores del factor K, en función del tipo y uso del suelo	22	Tabla 28. Tipo de suelo por zona funcional	48
Tabla 4. Porcentajes de retorno con respecto al uso del agua	23	Tabla 29. Hidrografía por zona funcional	50
Tabla 5. Uso de suelo y vegetación para el escenario de disponibilidad hídrica ante el cambio climático	24	Tabla 30. Humedales por zona funcional	51
Tabla 6. Variables de ponderación para las zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable	25	Tabla 31. Vegetación y uso de suelo actual por zona funcional	53
Tabla 7. Pesos y rangos para zonas potenciales para la conservación	26	Tabla 32. Dinámica histórica (1997-2021) de cambio de uso de suelo en el complejo de cuencas “Sonora y otras”	54
Tabla 8. Grado de potencial	27	Tabla 33. Categoría de cambio de uso de suelo para el análisis de 1997 a 2021 por zona funcional	55
Tabla 9. Pesos y rangos para zonas potenciales para la restauración	28	Tabla 34. Clima por zona funcional	56
Tabla 10. Grado de potencial	29	Tabla 35. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN por zona funcional	57
Tabla 11. Pesos y rangos para zonas potenciales para el aprovechamiento sustentable	30	Tabla 36. Cambios absolutos en variables climáticas PMA, TMA, TMAX y TMIN, según escenarios climáticos bajo RCP 4.5 y 8.5 para el complejo de cuencas “Sonora y otras”	58
Tabla 12. Grado de potencial	31	Tabla 37. Cambios en las variables climáticas PMA, TMA, TMAX y TMIN, según escenarios climáticos bajo RCP 8.5, por zona funcional	59
Tabla 13. Reglas de decisión para determinar la estrategia o estrategias prioritarias por polígono	35	Tabla 38. Grado de exposición ante amenazas y exposición ante cambio climático por zona funcional	61
Tabla 14. Estados y municipios complejo de cuencas “Sonora y otras”	36	Tabla 39. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático por zona funcional	63
Tabla 15. Localidades del complejo por zona funcional	36	Tabla 40. Entradas y salidas de agua (hm^3) para el cálculo del balance hídrico anual	64
Tabla 16. Población total de 3 años y más que habla alguna lengua indígena por municipio	37	Tabla 41. Retornos de agua ($hm^3/año$)	65
Tabla 17. Porcentaje de población total por municipio que habla alguna lengua indígena y porcentaje de población en hogares censales indígenas	37	Tabla 42. Volumen de agua utilizado por sector ($hm^3/año$)	65
Tabla 18. Población total de los municipios que se considera afromexicana o afrodescendientes	38	Tabla 43. Entradas y salidas de agua (hm^3) para el cálculo del balance hídrico anual ante el cambio climático	66
Tabla 19. Porcentaje de población total de los municipios que se considera afromexicana o afrodescendiente por municipio	38	Tabla 44. Zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable por zona funcional	68
Tabla 20. Total de viviendas particulares habitadas por municipio con servicios y equipamiento de agua	39	Tabla 45. Acciones de gestión con enfoque SbN territorial para la seguridad hídrica (ver anexo)	73
Tabla 21. Grado de rezago social y grado de marginación por zona funcional	41	Tabla 46. Acciones complementarias a las de enfoque SbN que contribuyen a la seguridad hídrica	75
Tabla 22. Índice de Desarrollo Humano 2020 por municipio	42	Anexo - Tabla 1. Porcentaje de hablantes indígenas, población en hogares indígenas y población que se considera afromexicana o afrodescendientes en el complejo de cuencas “Sonora y otras”	88
Tabla 23. Índice de Desigualdad de Género Municipal	42	Anexo - Tabla 2. Indicadores de gestión (G) e impacto (I) de acciones con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza del complejo de cuencas “Sonora y otras”	89
Tabla 24. Tenencia de la tierra por zona funcional	43		
Tabla 25. Áreas Naturales Protegidas por zona funcional	44		

Acrónimos

ANP	Áreas Naturales Protegidas
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
DOF	Diario Oficial de la Federación
ECCBio	Explorador de cambio climático y biodiversidad
IA	Índice de aridez
IDG	Índice de Desigualdad de Género
IDHM	Índice de Desarrollo Humano Municipal
IDW	Inverse Distance Weighting
IMDH	Instituto Mexicano de Derechos Humanos y Democracia A.C.
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INPI	Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas
MDE	Módelo digital de elevación
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
PEA	Población Económicamente Activa
PMA	Precipitación media anual
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRM	Procesos de remoción en masa
RAN	Registro Agrario Nacional
RCP	Trayectorias de concentración representativas
SbN	Soluciones basadas en la Naturaleza
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SNIARN	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales
TMA	Temperatura media anual
TMAX	Temperatura máxima
TMIN	Temperatura mínima



Prólogo

El planeta atraviesa por una crisis socioambiental que pone en riesgo la existencia y el bienestar de la humanidad. Esta situación nos ha llevado a un punto de quiebre, donde debemos optar por una forma de desarrollo distinta; una en la que la justicia social sea el fin último, y que esté basada en la integridad de la biosfera. En ese sentido, desde el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) reconocemos la importancia de impulsar esta transición. En particular, de buscar ser un eje entre múltiples actores y procesos, para lograr la transformación que el planeta requiere. Este instrumento es un reflejo de este esfuerzo. Estamos convencidos de que una de las formas de cambiar es partiendo desde lo local. Así, entender las problemáticas, las necesidades y las áreas de oportunidad de los territorios – con todos los elementos que los conforman – es el primer paso hacia el cambio. El trabajo aquí mostrado busca sentar bases, vincular conocimientos y aportar opciones para atender una de las problemáticas más importantes de México y de sus cuencas: la seguridad hídrica.

Finalmente, es importante resaltar que para el PNUD la conservación, protección y gestión sostenible de los ecosistemas no solo son necesarias para frenar el deterioro ecosistémico y la pérdida de biodiversidad. Mantener la integridad de estos también representa una oportunidad para encontrar alternativas y un salvavidas que permita salir a flote ante los grandes retos que como humanidad tenemos por delante.

Confío en que este documento sume a los esfuerzos por hacer de las cuencas río Sonora 1, río Sonora 2, río Sonora 3 y río San Miguel, que inciden en el estado de Sonora, lugares donde exista seguridad hídrica, se viva en equilibrio con la biodiversidad y donde nadie se quede atrás.

Lorenzo Jiménez de Luis

Representante Residente del PNUD en México



Introducción

Las cuencas hidrográficas brindan servicios ambientales hidrológicos fundamentales para el bienestar humano y para garantizar la seguridad hídrica, como son la provisión de agua, la infiltración a los acuíferos y el mantenimiento de condiciones para realizar actividades productivas. Ante la emergencia climática, aunada a la contingencia sanitaria y el impacto económico que ha generado la COVID-19, es importante que los esfuerzos de reactivación económica impliquen la gestión de los recursos hídricos para que el agua esté disponible donde y cuando se necesite, con el propósito de mejorar la salud y el bienestar humano, la salud del propio ecosistema y la reducción del riesgo de pandemias futuras. Una respuesta eficaz a la COVID-19 generará resiliencia a largo plazo con objeto de garantizar que las comunidades estén preparadas para enfrentar futuras amenazas de pandemias globales, riesgos climáticos y ambientales, y otros desafíos sociales.

Por ello, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México y sus socios estratégicos han hecho énfasis en la promoción de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Las Soluciones basadas en la Naturaleza son reconocidas como una de las áreas de acción prioritarias para cumplir con las metas establecidas en el Acuerdo de París sobre el Clima. Estas se definen como aquellas soluciones a desafíos a los que se enfrenta la sociedad, y que están inspiradas y respaldadas por la naturaleza, son rentables y proporcionan a la vez beneficios ambientales, sociales y económicos; también ayudan a aumentar la resiliencia climática. Abarcan la protección, conservación, restauración y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas. Representan una alternativa prometedora para enfrentar el cambio climático, ya que incorporan un enfoque integral con el fin de afrontar simultáneamente los desafíos de mitigación y adaptación, en tanto se protege la biodiversidad y el bienestar humano. De esta manera las SbN buscan reducir los dilemas y promover sinergias entre los objetivos de desarrollo sostenible (Samaniego et al., 2021).

Con este enfoque, el proyecto “Fortalecimiento de la seguridad hídrica y resiliencia en cuencas prioritarias a partir de Soluciones Basadas en Naturaleza y gobernanza efectiva en el contexto de COVID-19” propone acciones innovadoras para reducir la vulnerabilidad hídrica en las comunidades, en sus medios de vida y en los ecosistemas afectados en las cuencas prioritarias, por medio de la generación de estudios especializados de caracterización y diagnóstico que son la base para tomar decisiones en torno a las estrategias ambientales (conservación, restauración y aprovechamiento sustentable), y a la gestión integral de sus territorios, fortaleciendo así la gobernanza en un contexto de cambio climático.

De esta forma, el PNUD México reconoce al complejo de cuencas “Sonora y otras” como complejo prioritario dentro de este proyecto, lo cual se determina por su ubicación estratégica, por su importancia hídrica y calidad ecosistémica, y por la relevancia nacional de las actividades económicas que se llevan a cabo en ella. Dicho complejo está conformado por la cuenca del río Sonora 1, la cuenca del río Sonora 2, la cuenca del río Sonora 3 y la cuenca del río San Miguel. El complejo se considera como cuenca costera exorreica;

pertenece a la Región Hidrológica Sonora Sur; tiene incidencia en un estado y 27 municipios, y concentra un total de 957,300 habitantes, principalmente dedicados a actividades económicas primarias (crianza de animales y el cultivo o cosecha de productos agrícolas). Por tal razón, se desarrolla el siguiente portafolio, que permitirá tomar decisiones con base científica, y respaldadas por una metodología robusta, sobre la mejor ubicación para implementar acciones encaminadas a conservar, restaurar o aprovechar sustentablemente los ecosistemas y los servicios ambientales hidrológicos del complejo, puntuizando acciones emitidas con base en el enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza.

Para ello, se desarrollaron cuatro etapas: 1) caracterización y diagnóstico biofísico, ambiental, hídrico y socioeconómico, que consistió en la delimitación de las zonas funcionales de del complejo, la descripción de las rocas, el relieve, el suelo, la hidrografía, los humedales, las zonas costeras, la vegetación y uso de suelo, la población, la tenencia de la tierra, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y el análisis histórico del cambio de uso del suelo; 2) análisis climático actual, potencial, y de amenazas y exposición ante el cambio climático, que consistió en la descripción de los climas, el cálculo de escenarios ante el cambio climático, el análisis de las amenazas y la exposición ante fenómenos naturales detonados por el cambio climático y la sensibilidad ecosistémica ante el cambio climático; 3) balance hídrico y de zonas ambientales potenciales estratégicas, que consistió en realizar el balance hídrico actual y ante el cambio climático, y en la identificación de zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable; y 4) propuestas para la implementación del manejo integral de cuencas y el acceso al agua con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), que partió de la síntesis de la situación actual del complejo, después de la priorización de las zonas con mayor potencial para el desarrollo de las estrategias ambientales, y finalmente concluyó con el listado de acciones por desarrollar, agrupadas por estrategia.

Lo anterior permitió generar un estudio robusto sobre las condiciones y potenciales de la zona de estudio, así como las bases para el mejor manejo y gestión de su territorio, con el fin de privilegiar la salud de los ecosistemas, dotar del vital líquido y mitigar los efectos del cambio climático al proporcionar herramientas para su monitoreo y evaluación.

Adicionalmente, este portafolio fue enriquecido, de forma participativa, por nueve actores clave de las cuencas pertenecientes a siete instituciones (dos instituciones gubernamentales federales, dos instituciones gubernamentales estatales, dos universidades y una organización civil). La colaboración y participación de diferentes sectores deja en manifiesto la relevancia de trabajar de manera conjunta, interdisciplinaria e intersectorial para garantizar el éxito en la implementación de estrategias SbN. Sobre todo, se evidencia que la colaboración es clave para contribuir al desarrollo económico y social de quienes se benefician directamente de los servicios ecosistémicos de las cuencas, con una perspectiva de inclusión.

Objetivo general

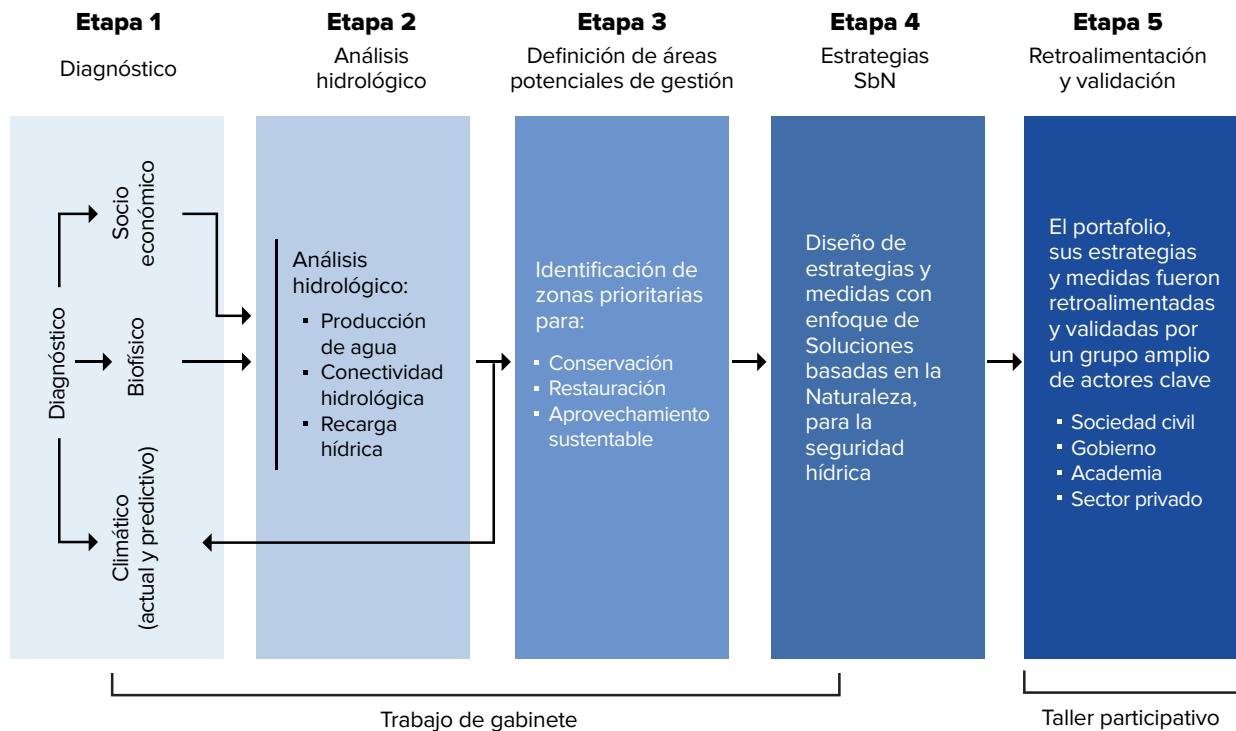
Contribuir a la seguridad hídrica del complejo de cuencas “Sonora y otras” a partir del diseño e implementación de Estrategias de gestión territorial con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza que consideran la perspectiva climática, para reducir la vulnerabilidad de la población y los medios de vida.

Objetivos específicos

- Describir y caracterizar las condiciones biofísicas, socioeconómicas y climáticas del complejo de cuencas de “Sonora y otras”.
- Estimar el balance hídrico del complejo de cuencas “Sonora y otras” en las condiciones climáticas actuales y bajo escenarios de cambio climático.
- Identificar regiones prioritarias para la implementación de estrategias de gestión territorial con enfoque SbN.

- Presentar un portafolio de estrategias con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica, que promueva la restauración, la conservación y el aprovechamiento sostenible, favoreciendo el mantenimiento y la mejora de los servicios ambientales hidrológicos.

Figura 1. Esquema de construcción del portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia



Metodología

Este apartado describe con detalle los métodos y herramientas utilizados para: 1) caracterizar y realizar diagnóstico socioeconómico, biofísico, ambiental y climático; 2) analizar el balance hídrico actual y con perspectiva climática; 3) identificar zonas prioritarias para estrategias de gestión territorial; 4) plantear un portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica y medidas habilitadoras.

Caracterización socioeconómica

Población

La caracterización socioeconómica contempló las localidades ubicadas dentro del complejo, las cuales fueron representadas georreferenciando el censo de población y vivienda 2020 (INEGI, 2020); se analizó la población, detallando el total, y se diferenció por género; se señaló también la población económicamente activa, la población ocupada, la población desocupada y las actividades económicas principales por localidad, detallando el tipo (primaria, secundaria o terciaria), la prioridad (conforme al número de localidades que desarrollan la actividad), y los productos obtenidos de esa actividad (ordenados según predominio); el grado de rezago social (INEGI, 2014), el grado de marginación (INEGI, 2012), la tipología de las ANP (CONANP, 2022, 2020) y la tenencia de la tierra (RAN, 2019); la tenencia aborda tres categorías principales: ejidal, comunal y privada; la propiedad privada suele coincidir con las zonas urbanas referidas en el mapa topográfico de INEGI. En este trabajo, se consideran todas las zonas urbanas como propiedades privadas. No obstante, algunas de ellas se localizan en su totalidad o en parte sobre zonas con tenencia ejidal o comunal.

Etnicidad

Nos referimos a etnicidad para hablar de la pertenencia a un grupo en particular; en el caso de México, principalmente las personas indígenas y afromexicanas y afrodescendientes. El Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) (2020) recomienda considerar el criterio de autoadscripción —la autoidentificación— para definir acciones orientadas a garantizar los derechos étnicos respecto a la pertenencia. Respecto a la autoadscripción como personas indígenas, es información que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) recabó para el CENSO de 2020 en el cuestionario ampliado, que se aplicó en una muestra probabilística de viviendas particulares. En este sentido, y por la baja calidad de información estadística de algunos municipios, el INPI también sugiere emplear el dato de población indígena en hogares.

De acuerdo con el INPI (2020), la población indígena en hogares trasciende el criterio lingüístico y considera aquellas personas que forman parte de hogares donde el jefe o jefa de familia, cónyuge o familiares ascendentes son hablantes de alguna lengua indígena y comparten normas, valores y costumbres (INPI,

2020). Para fines de este documento, se ha optado por utilizar tanto el dato de hablantes indígenas como el dato censal de población indígena en hogares.

Sobre la población afromexicana o afrodescendiente, se cuenta únicamente con la información de autoadscripción recabada por primera vez en el censo de 2020, que integra a la población que se autoconsideró afromexicana, negra o afrodescendiente, por sus antepasados y de acuerdo con sus costumbres y tradiciones.

Acceso a agua potable y saneamiento

Para el acceso a agua potable, se describió la información del total de viviendas particulares habitadas (INEGI, 2020), señalando el porcentaje de esta información sobre las viviendas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua; es decir, viviendas que cuentan con cobertura del servicio de suministro de agua potable. También se describieron las viviendas que cuentan con un sistema de almacenamiento, y se diferenciaron el tinaco y la cisterna o aljibe, que pueden formar parte del equipamiento para garantizar el abastecimiento del recurso, en caso de alguna ineficiencia o rezagos en infraestructura de los sistemas de agua potable y alcantarillado tanto urbanos como rurales. El total de viviendas particulares habitadas también se describió con respecto a la cobertura de alcantarillado, lo que significa las viviendas que disponen de drenaje conectado a la red pública. En este apartado, se consideraron datos a nivel municipal, por lo que es importante señalar que las cifras pueden reflejar el comportamiento de zonas que quedan fuera del complejo.

Índice de Desarrollo Humano

Para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el desarrollo humano es un enfoque en el que el centro es el bienestar de las personas, en un contexto de equidad y dignidad, que permita el libre desarrollo de capacidades, la libertad y oportunidades (PNUD, 2022). La medición de este índice se lleva a cabo de forma global y permite evidenciar el nivel de desarrollo desde una perspectiva multidimensional que abarca tres ámbitos del bienestar humano: salud, educación e ingreso.

Para calcular el IDH en el ámbito municipal (IDHM), en México se emplea la metodología aplicada a nivel global, pero debido a la disponibilidad de información estadística a este nivel, se realizó una adaptación para el cálculo del índice de salud, y se sustituyó el valor de la esperanza de vida al nacer por la tasa de mortalidad infantil.

Tabla 1. Indicador de Desarrollo Humano para cada ámbito de bienestar

IDHM	
Salud	Tasa de Mortalidad Infantil (por cada mil nacidos con datos de la CONAPO).
Educación	Años esperados de escolaridad, y años promedio de escolaridad.
Ingreso	Producto Interno Bruto per cápita, ajustado por el poder adquisitivo.

Fuente: Elaboración propia

Los datos sobre educación se recabaron antes o al inicio de la pandemia, por lo que no reflejan los impactos que esta pudo tener al respecto (PNUD, 2022).

Igualdad de género

Este índice busca evidenciar la brecha de igualdad entre hombres y mujeres, el nivel de pérdidas de desarrollo por la desigualdad, el rezago y brechas de género. Abarca tres dimensiones: empoderamiento, participación en el mercado laboral y salud reproductiva (PNUD, 2022). Cada uno de estos subíndices se calculó como sigue:

Tabla 2. Indicador para dimensiones del índice de desigualdad de género

Dimensión	Indicadores
Empoderamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Representación parlamentaria ▪ Tasa de logros en educación secundaria
Salud reproductiva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tasa de fecundidad adolescente ▪ Tasa de Mortalidad Materna(ajustada a nivel estatal utilizando la tasa de afiliación a servicios de salud de cada municipio)
Participación en el mercado laboral	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tasa de participación en el mercado laboral

Fuente: Elaboración propia

La forma de entender el IDG es inversa al IDH: a menor valor, menor desigualdad; cuanto más cercano al valor uno, hay mayores desventajas de las mujeres frente a los varones.

Tenencia de la tierra

La tenencia aborda tres categorías principales: ejidal, comunal y privada. La propiedad privada suele coincidir con las zonas urbanas referidas en el mapa topográfico de INEGI. En este trabajo, se consideran todas las zonas urbanas como propiedades privadas. No obstante, algunas de ellas se localizan en su totalidad o en parte sobre zonas con tenencia ejidal o comunal (RAN, 2019).

Áreas Naturales Protegidas

Con base en la tipología de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2022 y 2020), se identifican las ANP presentes dentro del complejo de cuencas.

Caracterización y diagnóstico biofísico y ambiental

Delimitación de zonas funcionales

La cuenca hidrográfica es un sistema compuesto por subsistemas y elementos complejos y heterogéneos que se convierte en un territorio idóneo para ejercer la labor conjunta de gestión y manejo de los recursos naturales (García, 2006; Gilland et al., 2009). Para comprender la dinámica de la cuenca mediante un enfoque sistemático, deben reconocerse sus zonas funcionales, diferenciadas por su estructura paisajística, y desempeñan una función específica (geomorfológica-hídrica), dependiendo de su posición espacial, y permiten entender la dinámica funcional de la cuenca (Valdés y Hernández, 2018). Las tres zonas funcionales son: a) alta, de captación hídrica o cabecera; b) media, o de captación-transporte hídrico, y c) baja o de emisión hídrica (Garrido et al., 2010; Cotler et al., 2013). Los criterios que se siguieron para su delimitación son los siguientes:

- **Zona alta, de captación hídrica o cabecera:** área aledaña a la divisoria de aguas, incluido el parteaguas, las laderas montañosas y las zonas de lomeríos correspondientes a las áreas transicionales entre las corrientes de primero y segundo orden; mayor energía del relieve, pendiente y altimétricamente dentro de las más elevadas de la cuenca.

- **Zona media, de captación-transporte hídrico:** zona transicional donde se desarrolla e integra la red hidrográfica de segundo, tercero, y cuarto órdenes; zonas de lomeríos, colinas y áreas interfluviales; también incluye los piedemontes, con pendiente del terreno y energía del relieve medias y altimétricamente posicionada entre las partes alta y bajas de las cuencas. Incluye zonas de abanicos coalescentes.
- **Zona baja, de emisión hídrica:** área receptora del sistema hidrográfico, que incluye el área del cauce principal (corriente de mayor orden) en su desembocadura al mar (el caso de una cuenca exorreica) o a un cuerpo colector interno (perenne o intermitente) más importante (cuenca endorreica), así como las áreas de las planicies aluviales, lechos ordinarios y extraordinarios de inundación con escasa inclinación de la pendiente del terreno y mínimas alturas relativas y con escasa energía del relieve.

En ese sentido, la delimitación de las zonas funcionales se llevó a cabo siguiendo el método de Valdés y Hernández (2018), a escala 1:250,000. El método requiere la generación del modelo digital de elevación (MDE) a partir de las curvas de nivel proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000a, 2021a). Con él se generó el modelo de sombreado (*hillshade*). El MDE descargado se recortó para el área de la cuenca y con él se realizó la curva hipsométrica, con el propósito de tener una primera aproximación a los tres rangos altimétricos correspondientes a las zonas funcionales. Esa primera delimitación fue detallada y enriquecida incorporando los órdenes de los ríos, el perfil del cauce principal y el análisis geomorfológico de la cuenca. Por lo tanto, los límites de las zonas funcionales fueron modificados y detallados a partir de criterios altitudinales, hídricos y geomorfológicos, lo que permitió mostrar la funcionalidad de la cuenca y la dinámica dentro de una cuenca.

La herramienta utilizada para desarrollar el método fue la plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), QGIS (v.3.22.5). Las variables necesarias fueron los archivos en formato ráster referentes al MDE y *hillshade*, los archivos vectoriales de las curvas de nivel y red hidrográfica, los cuales fueron analizados mediante la técnica de sobreposición y análisis visual cartográfico.

Subsistemas biofísicos

En esta etapa, se consideraron los subsistemas biofísicos que representan la estructura de la cuenca, cuyo orden siguió los principios histórico-evolutivos y estructuro-genéticos. En tal sentido, se abordaron primero los subsistemas más antiguos, que son la base de la estructura de la cuenca, y cuya evolución de millones de años; posteriormente, los subsistemas de mediana antigüedad cuya génesis se dio a partir de los anteriores durante miles de años, y conserva algunas de sus características; y finalmente, se abordaron los subsistemas más dinámicos y jóvenes, que pueden cambiar en cientos y decenas de años.

La caracterización biofísica consideró que los subsistemas más antiguos están representados por las rocas y el relieve; los medianamente antiguos, por el suelo, la hidrografía y el clima, y los más jóvenes, por la vegetación, el uso del suelo, las zonas costeras y los humedales. Para ello, se retomó la información cartográfica a escala 1:250,000 (en adelante se identifica con un *) y 1:1,000,000 (en adelante se identifica con dos **) sobre los diferentes subsistemas: geología (INEGI, 2000b)**, relieve caracterizado por las provincias fisiográficas (INEGI, 2001a)**, las subprovincias fisiográficas (INEGI, 2001b)**, el sistema de topoformas (INEGI, 2001c)*, y el modelo digital de elevación (INEGI, 2000a)*; los suelos (INEGI, 2005)*, la hidrografía (INEGI, 2021a)*, los humedales (INEGI, 2019)*, las zonas costeras (CONABIO, 2018)*, y los ecosistemas se caracterizaron por el mapa de uso de suelo y vegetación serie I (INEGI, 1997)* y serie VII (INEGI, 2021b)*.

El diagnóstico contempló la dinámica espaciotemporal del complejo y se abordó mediante el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación, el cual muestra la consecuencia de la interacción de las actividades humanas con el medio natural; para ello se siguió el método de Palacio et al. (2004); se contemplaron los mapas de uso de suelo y vegetación referidos antes (serie I y VI), que datan de 1997 y 2021, respectivamente, lo cual permitió analizar el cambio durante los últimos 25 años. El cambio se clasificó en cinco categorías: 1) conservada: superficie de cobertura natural que no ha sufrido cambio en el periodo; 2) revegetada: superficie que antes presentaba alguna actividad agropecuaria (cultivos o pastizales), que actualmente se ocupa por

bosque, selva, matorral, vegetación hidrófila o pastizal natural; 3) deforestada: superficie arbórea que ha cambiado a zonas de cultivos, pastizales inducidos o a uso urbano; 4) por actividad productiva: superficie donde antes se presentaba cobertura de tipo antrópico como pastizal inducido, cultivado, algún tipo de uso de suelo urbano, cuerpo de agua, que actualmente ha cambiado de actividad productiva; 5) sin cambio: zonas de cultivos, pastizales inducidos y cultivados, y otros usos que en la actualidad se mantienen iguales.

La herramienta utilizada para desarrollar el diagnóstico fue la plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), QGIS (v.3.22.5). Las variables necesarias fueron los archivos en formato ráster y vectoriales referentes a cada subsistema y variables, los cuales fueron representados cartográficamente.

Clima y cambio climático

Climas

El subsistema clima se considera dentro de los subsistemas medianamente estables en una cuenca, aunque debido a las condiciones meteorológicas actuales puede presentar mayor dinamismo e influir de forma directa en los ciclos biogeoquímicos, hídricos y biológicos, lo cual puede afectar drásticamente la dinámica del uso del suelo y las actividades económicas de la población, lo que derivaría en conflictos socioambientales. Por ello, para describir este subsistema, se consultó el mapa de climas en el ámbito nacional (García, 1998), a fin de contar con información general de su comportamiento; y para tener una mayor resolución espacial y un continuo del comportamiento de las variables climáticas (precipitación media anual, temperatura media anual, temperatura mínima extrema (registrada en alguno de los meses más fríos), y temperatura máxima extrema (registrada en alguno de los meses más cálidos), se trabajó con 45 estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2023), que están dentro y alrededor de la cuenca (máximo 30 km). El método de interpolación fue IDW (Inverse Distance Weighting). La base de datos de las estaciones también consideró los datos de precipitación máxima en 24 horas y evaporación. Se consideró la información de mayor cobertura temporal (1951-2010). Además, se calculó el índice de aridez siguiendo el método de Martonne (1926), publicado en Salinas-Zavala et al. (1998), que considera la siguiente fórmula: IA: $P/(T+10)$, donde IA: Índice de aridez, P: Precipitación anual en mm, T: temperatura media anual en grados centígrados, y lo clasifica como IA ≤ 5: árido, 5 a 10: semiárido, 10 a 20: estepa seca, 20 a 30: praderas y > 30: vegetación de bosque, lo cual indica que a menor valor del índice, mayores condiciones de aridez.

La herramienta utilizada para desarrollar el diagnóstico fue la plataforma de SIG QGIS (v.3.22.5). Las variables necesarias fueron los archivos en formato ráster y vectoriales referentes a cada subsistema y variables, los cuales fueron representados cartográficamente a escala 1:250,000.

Escenarios de cambio climático

Los escenarios de cambio climático permitieron observar un panorama del comportamiento futuro del subsistema clima en la cuenca, y se modeló con diferentes grados de intensidad las principales variables climatológicas (precipitación y temperatura). A fin de analizar estos escenarios, se consultó el explorador de cambio climático y biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (ECCBio) (CONABIO-IB-UNAM-CONANP-PNUD-INECC, 2023), que es una herramienta de consulta sobre las tendencias del cambio climático global y sus posibles efectos en diversos elementos de la diversidad biológica en México.

Esta plataforma concentra los diferentes escenarios de cambio climático y corresponden a cuatro modelos de circulación global: MPI-ESM-LR (Alemania), GFDL-CM3 (Estados Unidos), HADGEM2-ES (Reino Unido) y CNRMCM5 (Francia), y dos trayectorias de concentraciones representativas (RCP, por sus siglas en inglés) 4.5 y 8.5 (*business as usual*), que corresponden respectivamente a escenarios con un nivel moderado y muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero, que proyectan las condiciones climáticas para los períodos de 2015 a 2039 (corto plazo), 2045 a 2069 (mediano plazo) y 2075 a 2099 (largo plazo).

Para elaborar los mapas mostrados en este apartado en la plataforma ECCBio, se cargó el límite del complejo en formato kmz. Una vez visualizado, se digitalizó un polígono que respetara su perímetro, del cual se consultaron los datos y se obtuvo información para el complejo de dos RCP: 4.5 y 8.5 (*business as usual*), con proyecciones de las condiciones climáticas para los períodos de 2015 a 2039, 2045 a 2069 y 2075 a 2099. Para su representación, se consideró el valor más alto de la temperatura máxima, la temperatura mínima y la temperatura media, y los valores más bajos y más altos reportados para la precipitación media anual, proyectados para la trayectoria más dramática (8.5). Con esos valores, se realizó la multiplicación de los archivos ráster que explican el clima histórico (precipitación media anual, temperatura media, temperatura mínima y temperatura máxima), y así se obtuvieron los mapas de escenarios.

La herramienta utilizada para desarrollar los mapas de escenarios fue la plataforma de SIG QGIS (v.3.22.5). Las variables necesarias fueron los mapas de clima históricos y las proyecciones de los escenarios. Los mapas fueron representados cartográficamente a escala 1:250,000.

Exposición a amenazas climáticas

En este apartado, se describieron los principales grados de exposición ante amenazas que, con base en el comportamiento actual del clima en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, pueden afectar en cierto grado a la población (exposición), y generar, de acuerdo con su intensidad, condiciones de vulnerabilidad y riesgo de desastre. Las amenazas potenciales analizadas fueron incendios, huracanes, sequías, aumento del nivel del mar, inundaciones y procesos de remoción en masa. Para representar el grado de exposición ante incendios, se consultó el mapa de riesgo de ocurrencia de incendios (CONAFOR, 2020), que considera siete categorías para representar la probabilidad de ocurrencia de un incendio (extremo, muy alto, alto, alto-medio, medio, bajo, muy bajo); para el mapa grado de exposición ante huracanes, se consultó el mapa de riesgos por ciclones tropicales por municipio (CENAPRED, 2012), que representa el grado de susceptibilidad ante la ocurrencia de estos eventos en cinco categorías (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

Para generar el mapa de grado de exposición ante sequías, se tomó como base el mapa de índice de aridez, que fue reclasificado en 5 grados (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo), siguiendo la siguiente relación: a menor índice de aridez, mayor amenaza por sequías; para generar el mapa de grado de exposición por el aumento del nivel del mar, se seleccionó la superficie cubierta por el rango altitudinal que va de 0 a 5 metros en el Modelo Digital de Elevación, considerando que, según el monitoreo de la NASA, el nivel del mar aumenta de 0.2 a 1.2 metros cada 100 años; para obtener el mapa de grado de exposición por inundaciones, se utilizó como insumo el mapa de pendientes en grados, el cual se clasificó según los rangos necesarios para evaluar procesos hidrogeomorfológicos (Reyes y Campos, 2014), que son: 0-1°, 1-3°, 3-6°, 6-15°, 15-30°, 30-45° y >45°. Posteriormente, se reclasificaron de la siguiente forma: 0-1°: Alto, 1-15°: Medio, 15-30°: Bajo, y >30°: Nulo. Para construir el mapa de grado de exposición por procesos de remoción en masa, se tomó como base la clasificación de pendiente utilizada para evaluar procesos hidrogeomorfológicos y se reclasificó como sigue: 0-1°: Nulo, 3-15°: Baja, 15-30°: Media, y >30° Alta.

Finalmente, para reportar la cantidad de población expuesta ante las amenazas evaluadas para el complejo, se realizó la sobreposición espacial, y se obtuvo el total de población que puede ser afectada por cada grado de exposición reportado para cada amenaza.

La herramienta utilizada para desarrollar los mapas de grado de exposición ante amenazas fue la plataforma de SIG QGIS (v.3.22.5). Las variables necesarias fueron los mapas referidos (grado de exposición por incendio, por huracanes, por sequías, por el aumento del nivel del mar, por inundaciones y por procesos de remoción en masa). Los mapas finales fueron representados a escala 1:250,000.

Factores de sensibilidad al cambio climático

La sensibilidad se refiere al grado en que un sistema es afectado por el cambio y la variabilidad climática debido a las características que lo definen. Este apartado se analizó con base en la vegetación y uso de suelo, y su grado de posible afectación por cambios climáticos, considerando el tipo de ecosistemas o superficie con algún uso, que por su estructura vertical y horizontal actual sería mayormente afectado por la modificación futura de las variables climáticas. En tal sentido, el mapa resultante se representó en 5 categorías: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Se consideraron los siguientes criterios: el grado de sensibilidad “muy alta” agrupa a los ecosistemas con la estructura vertical y horizontal actual en mejor estado, que al presentar alguna perturbación por cambio de uso de suelo o por cambio en las condiciones de precipitación y temperatura (variabilidad climática) pueden ser mayormente afectados; el grado “alta” agrupa a los ecosistemas naturales cuya estructura horizontal y vertical ha sido ligeramente perturbada, y presenta vegetación secundaria resultado de la sucesión natural. El grado “media” considera los primeros usos del suelo ocurridos a partir de la perturbación de los ecosistemas naturales. El grado “baja” contempla los usos de suelo considerados para la producción de alimentos. Finalmente, el grado de sensibilidad “muy baja” contempla los usos de suelo resultantes de una mayor perturbación y fragmentación.

La herramienta que se utilizó para desarrollar los mapas de sensibilidad fue la plataforma de SIG QGIS (v.3.22.5); la variable necesaria para realizar este análisis fue el mapa de uso de suelo y vegetación serie VII; los mapas finales fueron representados cartográficamente a escala 1:250,000.

Balance hídrico actual y ante el cambio climático

Análisis geoespacial de balance hídrico

El balance hídrico se realizó conforme el método indirecto de precipitación-escurrimento para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2015). La fórmula fue la siguiente:

$$\Delta V = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$
$$\Delta V = (C_p + A_r + R_e + I_m) - (A_b + U + E_v + E_x)$$

Donde:

Entradas	Salidas
C_p : Escurrimento natural por cuenca propia	A_b : Escurrimento a la salida de la cuenca
A_r : Escurrimento que llega de cuenca arriba	U : Usos del agua en la cuenca
R_e : Retornos de agua por riego	E_v : Evaporación en cuerpos de agua
I_m : Importaciones de agua de cuencas vecinas	E_x : Exportaciones hacia cuencas vecinas

Entradas

Escurrimento natural por cuenca propia (Cp)

Se refiere al volumen de agua que escurre proveniente del volumen de agua llovida sobre el complejo de cuencas por el coeficiente de escurrimento; se basa en la siguiente fórmula:

$$C_p = P * Ac * Ce$$

Donde:

- **P**= Precipitación media anual del complejo de cuencas (mm)
- **Ac**= Área del complejo de cuencas (km^2)
- **Ce**= Coeficiente de escurrimento (% de lluvia que se convierte en escurrimento)

El procedimiento consistió en 1) calcular la precipitación media anual, a partir de la interpolación de los datos registrados en 36 estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (base de datos climatológica); 2) calcular el área del complejo de cuencas en km²; 3) calcular el Ce.

Para calcular el **Ce**, primero se obtuvo el **factor K** del complejo de cuencas; para ello, se combinó el mapa de suelos (textura) con el de uso de suelo y vegetación (escala 1:250,000) (tabla 3).

Tabla 3. Valores del factor K, en función del tipo y uso del suelo

Tipo de suelo		Características		
A	B	C	D	E
Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos				
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos.			
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas.			
Uso de suelo		Tipo de suelo		
		A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas		0,26	0,28	0,30
Cultivos:				
En Hilera		0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera		0,24	0,27	0,30
Granos pequeños		0,24	0,27	0,30
Pastizal: % del suelo cubierto o pastoreo				
Más del 75% - Poco		0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular		0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo		0,24	0,28	0,30
Bosque:				
Cubierto más del 75%		0,07	0,16	0,24
Cubierto del 50 al 75%		0,12	0,22	0,26
Cubierto del 25 al 50%		0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%		0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas		0,26	0,29	0,32
Caminos		0,27	0,30	0,33
Pradera permanente		0,18	0,24	0,30

Fuente: Elaboración propia a partir de DOF (2015)

Ya con el factor K, se eligió alguna de las siguientes fórmulas según fuera el caso.

$$Ce = K (P-250) / 2000 + K \cdot 0.15 / 1.5 \text{ al tener un } K > 0.15$$

$$Ce = K (P-250) / 2000 \text{ al tener un } K \leq 0.15$$

Donde:

- **K**= Factor K (relación suelo con uso de suelo y vegetación)
- **P**= Precipitación media anual de la cuenca (mm)

Finalmente, teniendo el **Ce**, se calculó el volumen llovido (VII=P*Ac) y finalmente el volumen escurrido (Cp=VII*Ce).

Escurrimiento que llega de cuenca arriba (A_r)

Considera el agua que llega de cuencas ubicadas aguas arriba en caso de no ser una cuenca de cabecera. El dato en hm³ fue obtenido del DOF (2020).

Retornos de agua (R_e)

Los retornos de agua representan el porcentaje del volumen de agua utilizado que llega a formar parte de la red hidrográfica posterior al uso que se le da en diversas actividades dentro del complejo de cuencas; por ejemplo, actividades como riego. Para calcular esta variable, se tomó en cuenta el total de agua destinada a

los diferentes usos dentro del complejo de cuencas, y se tomó como base la siguiente tabla de valores de referencia para retornos de agua (tabla 4).

Tabla 4. Porcentajes de retorno con respecto al uso del agua

Tipo de suelo	Rango %	% Retorno
Público Urbano	70-80	75
Agrícola	10-30	20
Industrial	50-60	55
Doméstico	70-80	75
Pecuario	10-30	15
Acuícola	95-100	97.5
Generación de energía eléctrica	95-100	100

Fuente: Elaboración propia a partir de DOF (2015)

Importaciones de agua de cuencas vecinas (I_m)

Las importaciones se refieren al volumen de agua obtenido de otras cuencas hidrográficas que es utilizado para desarrollar alguna actividad dentro de los límites del complejo de cuencas en cuestión, y que llegan por medio de acueductos, ductos o pipas. El dato en hm^3 fue obtenido del DOF (2020).

Salidas

Escurrimiento a la salida de la cuenca (A_b)

Se refiere al volumen total del agua que llega al exotorio del complejo de cuencas, resultado de los procesos de escurrimiento superficial colectado por el cauce principal de la cuenca en cuestión. Esta variable se obtiene despejándola al final de la fórmula general para calcular el balance hídrico antes mencionado.

Usos del agua en la cuenca (U)

Los usos del agua se refieren a la cantidad de agua subterránea que sale del sistema hídrico para el aprovechamiento de los sectores económicos.

Evaporación en cuerpos de agua (E_v)

La evaporación en cuerpos de agua es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso y retorna directamente a la atmósfera en forma de vapor. A efectos de estimar las pérdidas por evaporación en los cuerpos de agua dentro del complejo de cuencas, el término se entenderá en sentido amplio, siendo la radiación solar la que proporciona a las moléculas de agua la energía necesaria para el cambio de estado. El cálculo de la evaporación consideró la información de las estaciones climatológicas, se interpoló y recortó para cada cuerpo de agua en el complejo de cuencas; posteriormente se multiplicó por el factor de corrección (0.75), referente a la zona de estudio y se reportó el valor total de evaporación anual.

Exportaciones hacia cuencas vecinas (E_x)

Las exportaciones se refieren al volumen de agua aportada a otras cuencas hidrográficas, el cual es utilizado para el desarrollo de alguna actividad dentro de los límites del complejo de cuencas en cuestión, y que llega por medio de acueductos, ductos o pipas. El dato en hm^3 fue obtenido del DOF (2020).

Disponibilidad y presión

El cálculo del balance hídrico con base en las variables anteriormente expuestas permite tener dos posibles escenarios déficit (si se usa más agua de la que el sistema puede producir) y superávit (si hay más agua disponible en el sistema de la que se usa). La presión se determinó en caso de haber superávit, comparando el consumo per cápita representativo para el estado de Sonora (SNIARN, 2023), con el total de agua disponible conforme a la información publicada por la Comisión Nacional del Agua en la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012. El grado de la presión de uso se estableció de acuerdo con los siguientes valores: muy Alta ($\geq 80\%$), alta ($\geq 40\%$), media ($\geq 11\%$), baja ($\leq 10\%$).

Escenario de disponibilidad ante cambio climático

El escenario se calculó considerando la dinámica de cambio de uso de suelo que ha seguido la zona de estudio durante los últimos años, donde las coberturas naturales tienden a antropizarse. En ese sentido, los bosques y selvas pueden cambiar a matorrales o pastizales; los pastizales a zonas agrícolas, y las zonas agrícolas a zonas de asentamientos humanos. Con este criterio, se consideró la superficie total de las coberturas y usos de suelo y se clasificaron según la tabla 3, para así tener el mapa de uso de suelo y vegetación futuro; también se contempló la precipitación media anual en su extremo más bajo proyectada al horizonte temporal 2099. Con ello se recalcó el coeficiente de escurrimiento Ce y el escurrimiento natural por cuenca propia Cp; además, se modificó el factor de corrección de la evaporación (0.85), y finalmente, se recalcó el balance, y en caso de resultar positivo o con superávit, se calculó la presión sobre el recurso agua.

Tabla 5. Uso de suelo y vegetación para el escenario de disponibilidad hídrica ante el cambio climático

Uso de suelo y vegetación actual	Uso de suelo y vegetación futuro
Acuacultura	Acuacultura
Agricultura de riego	Agricultura de riego
Agricultura de temporal	Asentamientos humanos
Área sin vegetación aparente	Área sin vegetación aparente
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos
Bosque de encino	Matorral crasicaulé
Bosque de encino-pino	Bosque de encino-pino
Bosque de galería	Bosque de galería
Bosque de pino	Bosque de pino
Bosque de pino-encino	Bosque de pino-encino
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Manglar	Manglar
Matorral crasicaulé	Pastizal inducido
Matorral sarcocaulé	Pastizal inducido
Mezquital	Pastizal inducido
Pastizal cultivado	Agricultura de temporal
Pastizal inducido	Agricultura de temporal
Pastizal natural	Pastizal natural
Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia
Selva baja espinosa	Pastizal inducido
Vegetación de galería	Vegetación de galería
Vegetación halófila	Vegetación halófila

Fuente: Elaboración propia

Análisis de potencial y zonas prioritarias para la implementación de estrategias de gestión territorial con enfoque SbN

Análisis de potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable

Esta evaluación permitió identificar los espacios óptimos en la zona de estudio con algún grado (alto, medio, bajo, muy bajo), para: 1) conservar los servicios ecosistémicos; 2) restaurar las superficies degradadas, y 3) llevar a cabo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Este análisis se desarrolló aplicando el método de evaluación multicriterio de Roy et al. (2020) y Aslan y Çelik (2021). Primeramente, se definieron los componentes mediante catorce variables, que representan la estructura, el estado y la función del complejo de cuencas. La consideración de estas variables se respalda en los trabajos de Chávez et al. (2014), González et al. (2016) y Ríos y González (2018) (tabla 6).

Tabla 6. Variables de ponderación para las zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable

Variables	Descripción
Roca	Se evalúa conforme al grado de percolación y composición de la roca
Relieve	Se evalúa conforme al tipo de topoforma
Suelos	Se evalúa conforme a su textura, contenido de materia orgánica y desarrollo de horizontes
Clima	Se evalúa conforme a la cantidad de precipitación y temperatura
Pendiente	Se evalúa de acuerdo con el grado de inclinación del terreno
Orientación de laderas	Se evalúa con respecto a la cantidad de luz recibida
Hidrografía	Se evalúa conforme a la temporalidad y cercanía a las corrientes de agua
Humedales	Se evalúa conforme al tipo y cercanía a los humedales
Tenencia de la tierra	Se evalúa conforme a la coincidencia con el régimen de propiedad
Escurrimiento por cuenca propia	Se evalúa conforme a la intensidad del escurrimiento natural
ANP	Se evalúa de acuerdo con la cercanía a las Áreas Naturales Protegidas
Uso de suelo y vegetación	Se evalúa conforme al calidad del ecosistema y tipo de uso de suelo
Regiones marinas y terrestres prioritarias	Se evalúa de acuerdo con la coincidencia con las regiones marinas y terrestres prioritarias
Sitios de restauración	Se evalúa respecto a la cercanía a los sitios de restauración

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó la ponderación de los componentes y criterios, basada en conocimiento experto. Los componentes se representaron a través de archivo ráster a escala 1:250,000, y luego se establecieron sus pesos considerando el Proceso de Análisis Jerárquico.

El Proceso de Análisis Jerárquico es un método introducido por Saaty en 1980, que se aplica para la toma de decisión cuando existen múltiples criterios. Este proceso se inicia al realizar una matriz de comparación pareada, considerando una escala del 1 al 9, donde: 1 es igualmente importante; 3 es moderadamente importante; 5 es fuertemente más significativo; y 9 tiene una importancia mayor frente al otro factor. Dichas comparaciones continúan hasta obtener valores apropiados; se mide la compatibilidad y relevancia de las variables, de tal forma que se tienen que cumplir los siguientes principios:

- **Reciprocidad:** Si $a_{ij} = x$, entonces $a_{ji} = 1/x$, con $1/9 \leq x \leq 9$
- **Homogeneidad:** Si los elementos i y j son considerados igualmente importantes entonces $a_{ij} = a_{ji} = 1$ y además $a_{ii} = 1$ para todo i .
- **Consistencia:** Se satisface que $a_{ik} * a_{kj} = a_{ij}$ para todo $1 \leq i,j,k \leq q$

Para obtener el peso de los componentes se realizó:

1) la matriz de comparación pareada o de juicio

$$P = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{vmatrix}$$

Donde: P_n muestra n -ésima unidad del indicador, y P es el elemento de la matriz de juicio.

2) Cálculo del peso normalizado:

$$W_n = \left(GM_n / \sum_{n=1}^N GM_n \right)$$

Donde W es el peso del vector (columna), y GM es la medida geométrica de i -ésima fila de juicio.

$$3) \text{ Calculo de CR para verificar la razón de consistencia: } CR = \frac{CI}{RCI}$$

El Índice de Consistencia (CI) se denota de la siguiente manera:

Donde λ_{max} es el valor propio de la matriz de juicio, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}$$

Para que el análisis sea considerado válido la Razón de Consistencia (CR) debe tener un valor < 0.10, de lo

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot W)_n}{N \cdot W}$$

contrario el análisis no es correcto. Posteriormente, se asignaron los valores a cada criterio considerando el método de Roy et al. (2020) contemplando una escala del 1 al 5 donde el mayor potencial es representado por el número 5 y el menor por el número 1, así como la clasificación del grado de potencial (tabla 7-12).

Tabla 7. Pesos y rangos para zonas potenciales para la conservación

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Rocas	0.01	1	Arenisca Arenisca-Conglomerado Caliza Caliza-Limolita Cataclasita Conglomerado Esquisto Ígnea extrusiva ácida Ígnea extrusiva básica Ígnea extrusiva intermedia Ígnea intrusiva ácida Ígnea intrusiva intermedia Limonita-Arenisca Aluvión Volcanosedimentaria Lutita-Arenisca Cuerpo de agua	3 3 3 3 3 1 4 5 5 5 5 5 3 1 2 3 5
Relieve	0.03	3	Lomerío Sierra Valle Bajada Llanura Cuerpo de agua Meseta	4 5 5 3 2 5 4
Suelos	0.07	7	Cuerpo de agua Cambisol Feozem Leptosol Luvisol Regosol Xerosol Yermosol Solonchak	1 4 4 5 3 3 2 2 2
Clima	0.01	1	BS1h(x') BS1k(x') BSO(h')(x') BSOh(x') BW(h')w BWh(x') BW(h')(x')	1 1 3 3 5 5 5

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Pendiente (°)	0.02	2	0-3° 3-15° 15-30° 30-45° >45°	5 4 3 2 1
Orientación de laderas	0.02	2	Norte Sur Este Oeste Plano	5 1 3 3 1
Hidrografía	0.11	11	NA Intermitente (50m) Perenne (50m)	1 3 5
Humedales	0.14	14	NA Estanque artificial Fluvial Palustre Lacustre	1 2 5 3 4
Tenencia de la tierra	0.02	2	Sí No	5 1
Escurrimiento por cuenca propia	0.10	10	Alto (>10 hm³/año) Medio (1-10 hm³/año) Bajo (0-1 hm³/año)	5 3 1
ANP	0.20	20	Si No	5 1
Uso de suelo y vegetación	0.07	7	Agricultura de riego Acuicultura Agricultura de temporal Área sin vegetación aparente Asentamientos humanos Bosque de encino Bosque de encino-pino Bosque de galería Bosque inducido Bosque de pino Bosque de pino-encino Bosque de táscale Cuerpo de agua Matorral desértico micrófilo Manglar Matorral sarcocaule Matorral crasicaula Matorral desértico micrófilo Matorral sarco-crasicaula Matorral subtropical Mezquital Pastizal cultivado Pastizal inducido Pastizal natural Selva baja caducifolia Vegetación de dunas costeras Vegetación de galería Vegetación halófila	2 2 2 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 5 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 5 4 4 4
Regiones marinas y terrestres prioritarias	0.19	19	Sí No	5 1
Sitios de restauración	0.01	1	Sí No	5 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Grado de potencial

Grado	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Rango	2.5 - 3.84	2.0 - 2.5	1.5 - 2.0	1.22 - 1.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Pesos y rangos para zonas potenciales para la restauración

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Rocas	0.01	1	Arenisca Arenisca-Conglomerado Caliza Caliza-Limolita Cataclasita Conglomerado Esquisto Igneal extrusiva ácida Igneal extrusiva básica Igneal extrusiva intermedia Igneal intrusiva ácida Igneal intrusiva intermedia Limolita-Arenisca Aluvión Volcanosedimentaria Lutita-Arenisca Cuerpo de agua	3 3 3 3 3 5 2 1 1 1 1 3 5 4 3 5
Relieve	0.08	8	Lomerío Sierra Valle Bajada Llanura Cuerpo de agua Meseta	2 1 5 4 5 5 2
Suelos	0.13	13	Cuerpo de agua Cambisol Feozem Leptosol Luvisol Regosol Xerosol Yermosol Solonchak	5 2 2 1 3 3 4 4 4
Clima	0.06	6	BS1h(x') BS1k(x') BSO(h')(x') BSOh(x') BW(h')w BW(h') BW(h')(x')	5 5 3 3 1 1 1
Pendiente (°)	0.08	8	0-3° 3-15° 15-30° 30-45° >45°	1 2 3 4 5
Orientación de laderas	0.04	4	Norte Sur Este Oeste Plano	1 5 3 3 5
Hidrografía	0.03	3	NA Intermitente (50m) Perenne (50m)	1 4 2
Humedales	0.02	2	NA Estanque artificial Fluvial Palustre Lacustre	1 5 2 4 3
Tenencia de la tierra	0.02	2	Sí No	1 5
Escurrimiento por cuenca propia	0.08	8	Alto (>10 hm³/año) Medio (1-10 hm³/año) Bajo (0-1 hm³/año)	1 3 5
ANP	0.01	1	Si No	1 5
			Agricultura de riego Acuicultura Agricultura de temporal Área sin vegetación aparente Asentamientos humanos Bosque de encino	4 4 4 5 5 1

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Uso de suelo y vegetación	0.18	18	Bosque de encino-pino Bosque de galería Bosque inducido Bosque de pino Bosque de pino-encino Bosque de táscale Cuerpo de agua Matorral desértico micrófilo Manglar Matorral sarcocaule Matorral crasicaule Matorral desértico micrófilo Matorral sarco-crasicaule Matorral subtropical Mezquital Pastizal cultivado Pastizal inducido Pastizal natural Selva baja caducifolia Vegetación de dunas costeras Vegetación de galería Vegetación halófila	1 1 1 1 1 1 5 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 1 2 2 2
Regiones marinas y terrestres prioritarias	0.01	1	Sí No	1 5
Sitios de restauración	0.25	25	Sí No	5 1

Fuente: Diseño propio

Tabla 10. Grado de potencial

Grado	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Rango	3.5 - 4.4	2.5 - 3.5	1.5 - 2.5	1.22 - 1.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Pesos y rangos para zonas potenciales para el aprovechamiento sustentable

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Rocas	0.03	3	Arenisca	3
			Arenisca-Conglomerado	3
			Caliza	3
			Caliza-Limolita	3
			Cataclasita	3
			Conglomerado	5
			Esquisto	1
			Ígnea extrusiva ácida	4
			Ígnea extrusiva básica	4
			Ígnea extrusiva intermedia	4
			Ígnea intrusiva ácida	4
			Ígnea intrusiva intermedia	4
			Limolita-Arenisca	3
			Aluvión	5
Relieve	0.05	5	Volcanosedimentaria	2
			Lutita-Arenisca	3
			Cuerpo de agua	5
			Lomerío	2
			Sierra	1
Suelos	0.19	19	Valle	3
			Bajada	4
			Llanura	5
			Cuerpo de agua	5
			Meseta	2
			Cuerpo de agua	5
			Cambisol	1
			Feozem	4
			Leptosol	1
			Luvisol	4

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Clima	0.01	1	BS1h(x') BS1k(x') BSO(h') (x') BSoh(x') BW(h')w BWh(x') BW(h') (x')	5 5 3 3 1 1 1
Pendiente (°)	0.05	5	0-3° 3-15° 15-30° 30-45° >45°	1 5 4 2 1
Orientación de laderas	0.03	3	Norte Sur Este Oeste Plano	1 3 5 5 3
Hidrografía	0.12	12	NA Intermitente (50m) Perenne (50m)	1 2 5
Humedales	0.16	16	NA Estanque artificial Fluvial Palustre Lacustre	1 5 4 2 3
Tenencia de la tierra	0.03	3	Sí No	5 2
Escurreimiento por cuenca propia	0.05	5	Alto (>10 hm³/año) Medio (1-10 hm³/año) Bajo (0-1 hm³/año)	5 3 1
ANP	0.01	1	Sí No	1 5
Uso de suelo y vegetación	0.25	25	Agricultura de riego Acuicultura Agricultura de temporal Área sin vegetación aparente Asentamientos humanos Bosque de encino Bosque de encino-pino Bosque de galería Bosque inducido Bosque de pino Bosque de pino-encino Bosque de táscate Cuerpo de agua Matorral desértico micrófilo Manglar Matorral sarcocaule Matorral crasicaule Matorral desértico micrófilo Matorral sarco-crasicaule Matorral subtropical Mezquital Pastizal cultivado Pastizal inducido Pastizal natural Selva baja caducifolia Vegetación de dunas costeras Vegetación de galería Vegetación halófila	5 5 5 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 2 2 2
Regiones marinas y terrestres prioritarias	0.01	1	Sí No	1 5
Sitios de restauración	0.01	1	Sí No	1 5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Grado de potencial

Grado Rango	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
	3.0 - 4.47	2.5 - 3.0	2.0 - 2.5	1.26 - 2.0

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los pesos y rangos, se realizó la suma lineal ponderada utilizando la calculadora ráster en el programa QGIS (v.3.22.5), y se elaboró la cartografía correspondiente a escala 1:250,000. Finalmente, se construyó un mapa contemplando los valores altos de cada mapa resultante.

Análisis de zonas prioritarias para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable

El análisis consistió en la sobreposición de las capas vectoriales resultantes de convertir los mapas ráster obtenidos en la etapa de diagnóstico. Dichos mapas fueron: el volumen natural por cuenca propia (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo), las zonas potenciales para la conservación, para la restauración y para el aprovechamiento sustentable (alto, medio, bajo y muy bajo). Al llevar a cabo la unión espacial, resultó un mapa con polígonos que mostraron la combinación de las capas consideradas, los cuales fueron depurados a partir del área mínima cartografiada de 4mm x 4mm que, para la escala 1:250,000, es de 1 km². Posteriormente, se procedió a definir la estrategia de gestión territorial que se aplicaría a cada polígono. Para ello, se siguieron las reglas de decisión referidas en la Tabla 13. Primeramente, se aplicó el primer filtro para la toma de decisión, que consistió en observar que el polígono tuviera registrado algún grado de volumen de escurrimiento por cuenca propia (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo). Una vez observado, se procedió a aplicar el segundo filtro, que consistió en observar las tres columnas de zonas potenciales (conservación, restauración y aprovechamiento sustentable), y en caso de que tuvieran grados diferentes, se eligió el grado más alto como estrategia que se aplicaría. Si no se aplicaba el segundo filtro, se procedía a aplicar el tercero, que consistió en revisar si en dos columnas diferentes se presentaba el mismo grado; de ser así, se consideraron ambas estrategias como prioritarias, y se les nombró en orden de aparición. Finalmente, si los resultados para el polígono no coincidían con alguno de los anteriores filtros, se procedía a aplicar el cuarto filtro, que consistió en observar si el polígono presentaba las siguientes combinaciones en las tres columnas referentes a zonas potenciales: 1) solo valores medios, 2) sólo valores bajos, o 3) sólo valores muy bajos. En ese caso, la estrategia elegida para el polígono fue el aprovechamiento sustentable, considerando que si en el polígono no se tenía potencial para la conservación, ni había características para restaurar, la estrategia más congruente con su estado sería el aprovechamiento sustentable.

Tabla 13. Reglas de decisión para determinar la estrategia o estrategias prioritarias por polígono

Variable	Volumen de escurrimiento por cuenca propia	Zona potencial para la conservación	Zona potencial para la restauración	Zona potencial para el aprovechamiento sustentable
Grados obtenidos	Muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo	Alto, medio, bajo y muy bajo	Alto, medio, bajo y muy bajo	Alto, medio, bajo y muy bajo
Regla de decisión	Volumen de escurrimiento dentro de alguno de los cinco grados obtenidos.			

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se representó el mapa de estrategias para la implementación de manejo integral de cuencas y acceso al agua con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza.

Síntesis de la situación socioambiental

Este apartado consistió en conjuntar la información más relevante del complejo y de las zonas funcionales generada en las etapas anteriores: 1) caracterización y diagnóstico biofísico, ambiental, hídrico y socioeconómico; 2) análisis climático actual, potencial, y de amenazas y exposición ante el cambio climático; y 3) balance hídrico y de zonas potenciales. El objetivo fue fundamentar el análisis geoespacial y elaborar las reglas de decisión para priorizar las acciones que se llevarían a cabo en el complejo.

Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica

Se realizó un compendio de acciones con posibilidad de ser aplicadas en los polígonos identificados antes, según la estrategia o estrategias prioritarias para ellos. Según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 2023), la estrategia de conservación debe contemplar medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales. La estrategia de restauración considera un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y el restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales; y la estrategia de aprovechamiento sustentable busca la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos.

El listado de las acciones con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza, consistió en 33 acciones en total para las estrategias ambientales, que incluye su descripción, los servicios ambientales a los que abona, las posibles zonas funcionales a aplicar, el sector o sectores al que va dirigida, el o las instituciones gubernamentales que tendrían vinculación en su desarrollo, el costo de su aplicación.

Generación de medidas habilitadoras

La implementación de las estrategias SbN requiere de condiciones políticas, económicas, sociales, de gobernanza y de capacidades para poder implementarse con éxito. A partir de un proceso participativo y preguntas generadoras, actores clave propusieron acciones para asegurar el involucramiento de la población, el empoderamiento de las mujeres y la reducción de brechas de género, y para asegurar la sostenibilidad a las estrategias SbN.

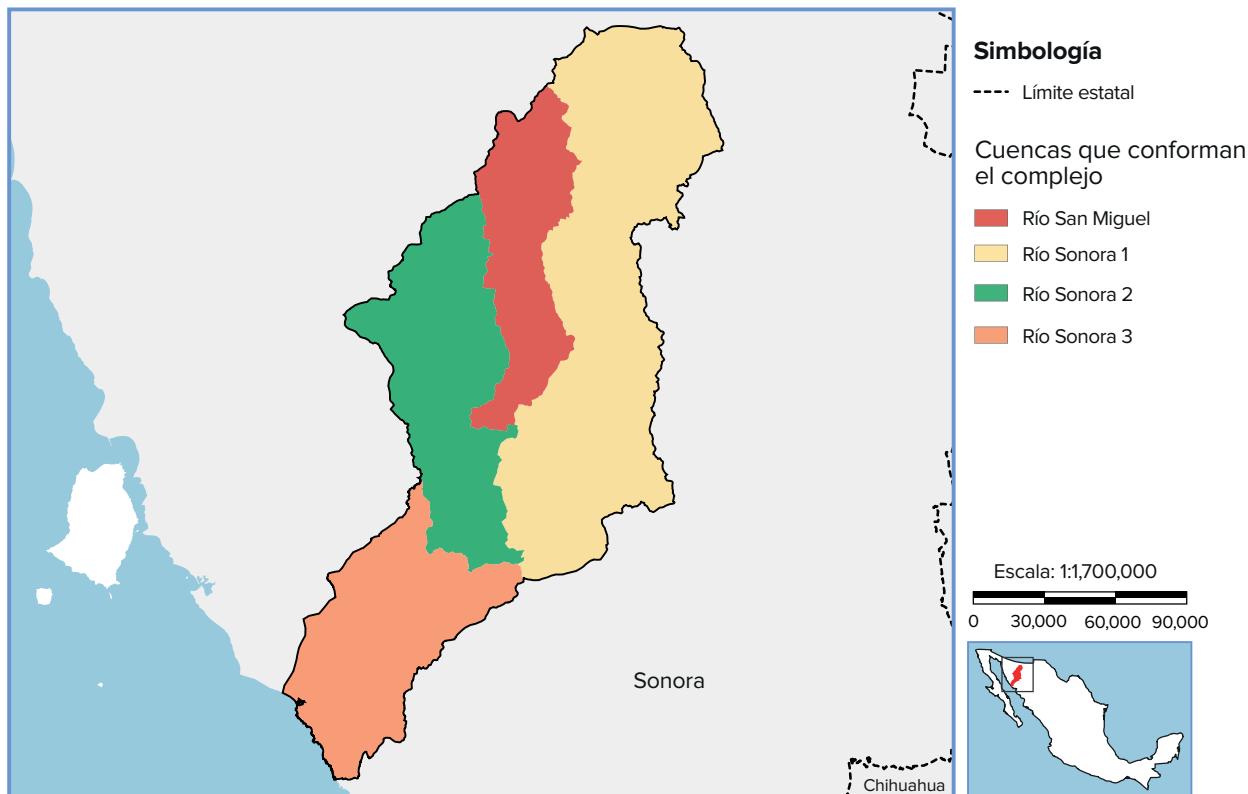


Resultados

Localización de la zona de estudio

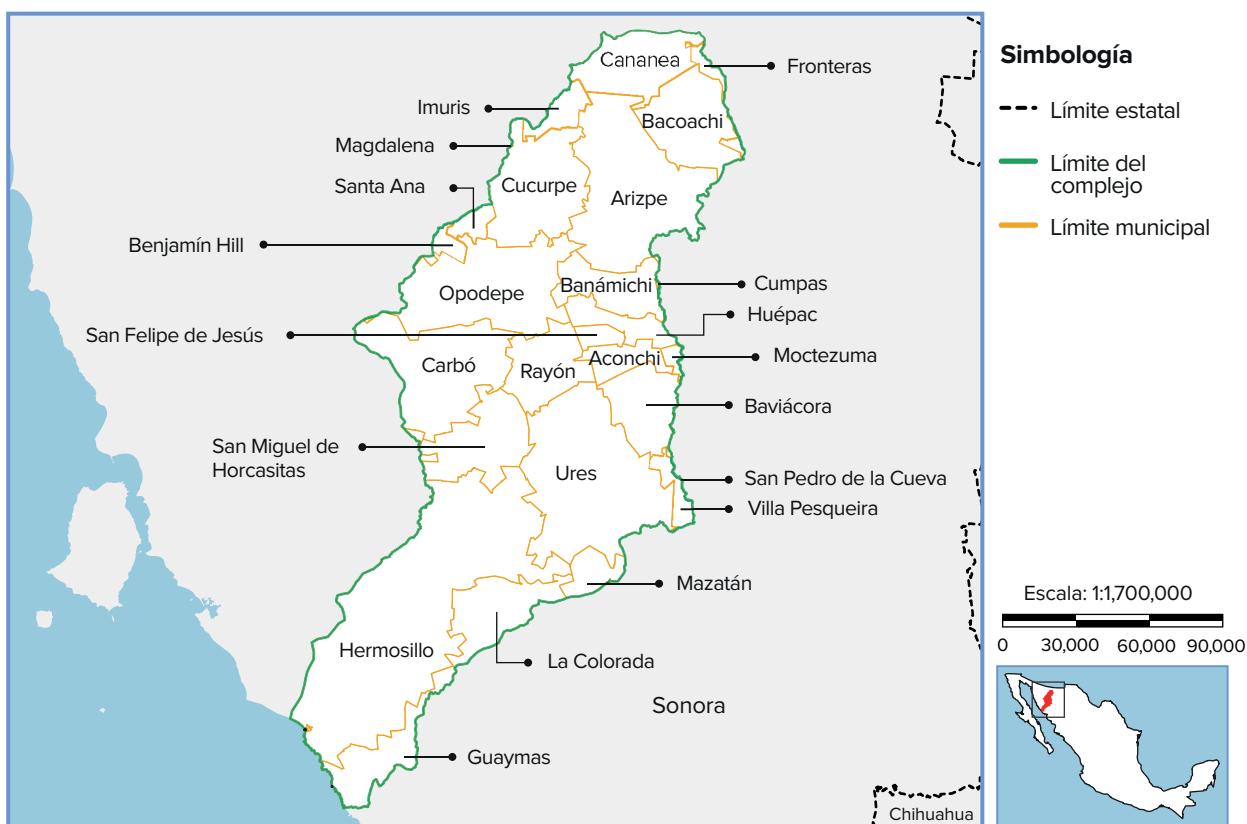
La zona de estudio está conformada por 4 cuencas, que son referidas por la Comisión Nacional del Agua como: 98. Río Sonora 1 ($11,478 \text{ km}^2$); 99. Río San Miguel ($3,815.3 \text{ km}^2$); 100. Río Sonora 2 ($5,940 \text{ km}^2$); y 101. Río Sonora 3 ($5,417.7 \text{ km}^2$) (en lo consiguiente serán referidas como complejo de cuencas “Sonora y otras”). Este complejo se ubica al noroeste de la República Mexicana; tiene una superficie de $26,651 \text{ km}^2$; se localiza entre los 0 y 2,620 m s.n.m.; en su territorio incide 1 estado y 27 municipios (figura 1,2; tabla 12). Su agua drena de noreste y este a suroeste y oeste, y la aporta a la región hidrológica número 09 “Sonora Sur”.

Figura 2. Localización de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2021a)

Figura 3. Municipios de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2021a)

Tabla 14. Estados y municipios complejo de cuencas “Sonora y otras”

Nombre del Estado	Clave	Nombre del municipio	Superficie (km ²) total del municipio	Superficie (km ²) del municipio dentro del complejo	Porcentaje del municipio dentro del complejo
Sonora	26001	Aconchi	368.6	368.6	100
	26006	Arizpe	3,083.20	2,633.30	85.4
	26011	Bacoachi	1,236.90	1,154.30	93.3
	26013	Banámichi	809.8	752.2	92.9
	26014	Baviácora	842.9	826.7	98.1
	26016	Benjamín Hill	1,415.90	149.5	10.6
	26019	Cananea	2,330.70	1,033.40	44.3
	26020	Carbó	2,584.00	1,892.50	73.2
	26021	La Colorada	4,111.0	931.2	22.7
	26022	Cucurpe	1,583.70	1,534.40	96.9
	26023	Cumpas	2,014.50	12	0.6
	26027	Fronteras	2,631.00	144.6	5.5
	26029	Guaymas	7,912.80	791	10
	26030	Hermosillo	16,908.00	5,650.40	33.4
	26034	Huépac	421.5	412.3	97.8
	26035	Imuris	2,182.20	286.3	13.1
	26036	Magdalena	1,245.70	1.9	0.2
	26037	Mazatán	681.7	321.2	47.1
	26038	Moctezuma	1,879.10	81.1	4.3
	26045	Opodepe	2,228.90	2,161.80	97
	26050	Rayón	879.9	879.9	100
	26053	San Felipe de Jesús	151.6	151.6	100
	26056	San Miguel de Horcasitas	1,115.50	1,104.40	99
	26057	San Pedro de la Cueva	2,227.60	1.2	0.1
	26058	Santa Ana	1,482.20	172.2	11.6
	26066	Ures	3,086.30	2,988.00	96.8
	26068	Villa Pesqueira	1,121.60	221.6	19.8

*Se marca en negritas los municipios cuyo porcentaje dentro de la cuenca es ≤ 10 %

Fuente: Elaboración propia

Caracterización socioeconómica

Población

Las condiciones aportadas por los subsistemas naturales permiten que los subsistemas socioeconómicos se desarrollen dentro del complejo de cuencas “Sonora y otras”; uno de ellos es la población concentrada en los asentamientos humanos. Según INEGI (2020), el complejo tiene un total de población de 957,300 habitantes, de los cuales 474,415 son hombres (49.7 %) y 479,960 son mujeres (50.3 %). Estos se ubican en 1,266 localidades (6 urbanas, 1,260 rurales), que se concentran principalmente en las zonas baja y media del complejo (tabla 19). La Población Económicamente Activa (PEA) (personas con una ocupación o que, sin tenerla, la están buscando activamente) es de 487,252 habitantes, de los cuales 283,824 son varones (58.2 %) y 203,428 son mujeres (41.8 %). La PEA se divide en población ocupada y desocupada. La primera es de 477,074 habitantes (276,904 hombres [58 %] y 200,170 mujeres [42 %]), y la segunda, de 10,178 (6,920 varones [68 %] y 3,258 mujeres [32 %]). Conforme al número de localidades que desarrollan las actividades, en el complejo predominan las actividades económicas primarias. La actividad más realizada es la crianza de animales, y la segunda más común, el cultivo o cosecha de productos agrícolas. En las zonas alta y media, predomina la crianza de animales (vacas, puerco y abejas), y en la zona baja, el cultivo o cosecha de productos agrícolas (tabla 15).

Tabla 15. Localidades del complejo por zona funcional

Zona funcional	Num. de localidades	Población total	Actividades económicas			
			Nombre	Tipo	Prioridad*	Productos
Alta	246	42,961	CA	P	1	Vacas
			CCPA	P	2	Ajo, pasto, chiles, alfalfa
			CSA	P	3	NE
Media	313	19,386	CA	P	1	Vacas, cabras, puerco
			CCPA	P	2	Trigo, avena, nuez, alfalfa, uva, sandía, calabaza, frijol, pasto, cebada, esparrago, maíz, ajo
			CSA	P	4	NE
Baja	707	894,953	CCPA	P	1	Sandía, garbanzo, espárrago, trigo, garbanzo, uva, calabaza, chiles, nuez, naranja, alfalfa, pasto, rábano, cebolla, hortalizas, nopal, cilantro, col
			CA	P	2	Vacas, ovejas, caballos, puerco, pollos
			CSA	P	3	NE
			EM	P	4	Grafito, piedra y arena

CA: Crianza de animales, **CCPA:** Cultivo o cosecha de productos agrícolas, **CSA:** Corte o siembra de árboles, **EM:** Explotación de minas, **P:** Primaria, **NE:** No especificado, * Conforme al número de localidades que desarrollan la actividad

Fuente: Elaboración propia

Etnicidad

México es un país multiétnico, pluricultural y plurilingüe. Reconocer esta diversidad es fundamental para entender las características de los usuarios y las usuarias de los servicios de la cuenca y las vulnerabilidades diferenciadas, sobre todo de género y etnicidad.

En el caso de la población ubicada en los municipios incluidos total o parcialmente en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, y de acuerdo con los datos del censo de 2020 (INEGI, 2020), el 2.1 % de la población de 3 años y más habla alguna lengua indígena (24,903 personas); el 54.9 % son varones, y el 45.08 %, mujeres. Tomando en cuenta la población de los municipios que inciden total o parcialmente en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, se reconoce que un 3.3 % (41,943) habita en hogares indígenas. La población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena en el complejo de cuencas “Sonora y otras” se distribuye entre las entidades que la integran como sigue:

Tabla 16. Población total de 3 años y más que habla alguna lengua indígena por municipio

Entidad	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	Mujeres	Hombres	Población en hogares censales indígenas
Aconchi	2	0	2	4
Arizpe	3	1	2	3
Bacoachi	5	2	3	5
Banámichi	0	0	0	0
Baviácora	0	0	0	0
Benjamín Hill	3	1	2	19
Cananea	103	33	70	271
Carbó	68	27	41	135
La Colorada	8	2	6	12
Cucurpe	1	1	0	2
Cumpas	2	0	2	6
Fronteras	113	49	64	293
Guaymas	12,381	6,029	6,352	18,194
Hermosillo	9,757	3,948	5,809	184,70
Huépac	1	0	1	3
Imuris	124	48	76	136
Magdalena	87	36	51	178
Mazatlán	1	0	1	4
Moctezuma	4	3	1	9
Opodepe	9	4	5	13
Rayón	4	2	2	16
San Felipe de Jesús	0	0	0	0
San Miguel de Horcasitas	2,195	1,032	1,163	4,081
San Pedro de la Cueva	2	1	1	7
Santa Ana	15	3	12	53
Ures	15	5	10	29
Villa Pesqueira	0	0	0	0
TOTAL	24,903	11,227	13,676	41,943

Fuente: Elaboración propia

Tanto la población hablante de lengua indígena, como la que habita en hogares indígenas, se concentran en los municipios de Guaymas, Hermosillo y San Miguel de Horcasitas (tabla 17). Estos municipios son también los que, respecto a su población total de 3 años y más, tienen un mayor porcentaje de hablantes indígenas (Anexo - Tabla 1).

Tabla 17. Porcentaje de población total por municipio que habla alguna lengua indígena y porcentaje de población en hogares censales indígenas

Entidad	Población de 3 años y más de la cuenca que habla alguna lengua indígena	Población de la cuenca que habita en hogares censales indígenas (%)
Guaymas	49.7	43.4
Hermosillo	39.2	44.0
San Miguel de Horcasitas	8.8	9.70

Fuente: Elaboración propia

En el complejo de cuencas “Sonora y otras”, se contabilizan 23,317 personas que se consideran afromexicanas o afrodescendientes, y representan el 1.8 % de la población de las cuencas (48.9 % mujeres, 51.1 % varones) (tabla 18).

Tabla 18. Población total de los municipios que se considera afromexicana o afrodescendientes

Entidad	Población que se considera afromexicana o afrodescendiente	Mujeres	Hombres
Aconchi	20	10	10
Arizpe	5	2	3
Bacoachi	11	4	7
Banámichi	4	1	3
Baviácora	3	2	1
Benjamín Hill	18	7	11
Cananea	349	180	169
Carbó	72	38	34
La Colorada	28	8	20
Cucurpe	4	2	2
Cumpas	20	10	10
Fronteras	35	9	26
Guaymas	1,240	607	633
Hermosillo	20,506	10,026	10,480
Huépac	3	1	2
Imuris	168	88	80
Magdalena	321	138	183
Mazatlán	17	11	6
Mocozuma	16	8	8
Opodepe	257	128	129
Rayón	1	0	1
San Felipe de Jesús	1	1	0
San Miguel de Horcasitas	45	20	25
San Pedro de la Cueva	11	6	5
Santa Ana	105	61	44
Ures	57	23	34
Villa Pesqueira	0	0	0
TOTAL	23,317	11,391	11,926

Guaymas, Hermosillo y Cananea son los municipios en los que habita el mayor porcentaje de esta población (tabla 19).

Tabla 19. Porcentaje de población total de los municipios que se considera afromexicana o afrodescendiente por municipio

Municipio	Población que se considera afromexicana o afrodescendiente (%)
Cananea	1.5
Guaymas	5.3
Hermosillo	87.9
Magdalena	1.4
Opodepe	1.1

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la población indígena de cada municipio, sobresalen San Miguel de Horcasitas y Guaymas, cuya población en hogares censales indígenas representa el 38 % y el 11.6 % respectivamente. En cuanto a la población afrodescendiente, destaca Opodepe, con un 10.5 % de población que se considera como tal (Anexo - Tabla 1).

Acceso a agua potable y saneamiento

Entre los servicios de mayor importancia por su relación con las necesidades básicas para el bienestar de la población, se encuentran la dotación de agua potable, el drenaje y el saneamiento. La limitación al acceso de agua potable, al igual que el no contar con sistemas de alcantarillado que incorporen el tratamiento de aguas residuales gestionadas de una forma segura, pueden generar afectaciones socioambientales.

El fomento y desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado, tanto urbanos como rurales, es una responsabilidad de la CONAGUA, en coordinación con los gobiernos de los estados y los municipios, con el fin de garantizar el acceso al agua potable. Se resalta que la responsabilidad directa de los servicios recae en los municipios (CEPAL,2021).

De acuerdo con el INEGI (2020), el 23.1 % de las viviendas en México no cuenta con agua entubada dentro del hogar. La proporción de la población que dispone de servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura en el ámbito nacional es de 64.4 %; es decir, el resto no cuenta con este servicio dentro de su vivienda o predio de forma diaria. En cuanto a temas de saneamiento, el 78.2 % de las viviendas del país tienen servicios de drenaje conectado a la red pública.

De acuerdo con INEGI (2020), en los municipios que forman parte de los complejos de cuencas “Sonora y otras”, el total viviendas particulares habitadas es 331, 824, de las cuales el 96.4 % dispone de agua entubada y con abastecimiento del servicio público de agua, mientras que el 98.4 % de viviendas dispone de drenaje.

En cuanto a almacenamiento de agua, que forma parte de las capacidades adaptativas frente al cambio climático, en los municipios incluidos en las cuencas del complejo “Sonora y otras” el porcentaje de viviendas que cuentan con tinacos es el 54.7 %, mientras que sólo el 6.3 % dispone de cisterna o aljibe. La instalación de un tinaco permite apreciar que más de la mitad de las viviendas puede no recibir suministro de agua las 24 horas del día, y de tal forma requiere equipamiento para almacenar agua. En cuanto al porcentaje de viviendas con cisterna, se interpreta que las viviendas encuestadas pueden tener suministro por tandeo, y contar con cisterna o aljibe puede asegurar el abastecimiento en la vivienda por un periodo mayor a 24 horas al contar con un equipo que pueda almacenar el agua en cantidades considerables (IMTA,2017).

Tabla 20. Total de viviendas particulares habitadas por municipio con servicios y equipamiento de agua.

Estado	Clave municipio	Municipio	Viviendas particulares habitadas	Viviendas con agua entubada (%)	Viviendas con drenaje (%)	Viviendas con tinaco (%)	Viviendas con cisterna (%)
Sonora	001	Aconchi	790	72.28	98.86	93.92	2.66
	006	Arizpe	968	80.89	98.04	88.02	1.96
	013	Banámichi	565	97.70	99.12	84.07	2.48
	011	Bacochi	516	84.11	98.84	31.78	116
	014	Baviácora	1, 040	78.65	98.27	91.54	1.92
	016	Benjamín Hill	1, 543	95.72	97.54	39.79	1.43
	019	Cananea	11, 588	95.86	99.37	33.29	2.24
	020	Carbó	1, 401	88.22	97.29	17.84	2.21
	022	Cucurpe	315	68.25	97.46	30.48	0.32
	023	Cumpas	1, 861	98.17	99.09	36.22	4.08
	027	Fronteras	2, 697	93.47	98.48	9.71	0.59
	028	Granados	342	99.71	99.71	38.30	1.17
	030	Hermosillo	278, 550	97.12	98.47	58.08	6.97
	034	Huépac	328	98.78	99.70	87.20	1.52
	035	Imuris	3, 544	93.14	97.86	31.52	6.18
	021	La Colorada	682	42.23	96.19	56.45	2.05
	036	Magdalena	9, 864	96.77	98.80	26.18	2.29
	037	Mazatlán	402	93.78	96.77	11.69	1.74
	038	Mocozuma	1, 725	98.26	98.84	39.30	2.32
	045	Opodepe	828	85.39	93.36	45.05	4.83
	050	Rayón	540	90.00	95.74	14.07	1.11
	053	San Felipe de Jesús	126	98.41	99.21	84.13	0.00
	056	San Miguel de Horcasitas	2, 785	95.40	93.50	35.15	7.07
	057	San Pedro de la Cueva	565	89.03	92.04	65.31	3.19
	058	Santa Ana	4, 936	94.85	98.06	18.86	2.01
	066	Ures	2, 944	83.49	98.06	88.18	5.03
	068	Villa Pesqueira	379	88.65	93.67	59.10	3.17
Total			331, 824				

Fuente: Elaboración propia

De los municipios que inciden en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, el que presenta mayor porcentaje de cobertura de agua potable y drenaje es Granados, con el 99.7 % para ambos servicios; en cambio, el municipio con menor cobertura de agua potable es La Colorada, con el 42.2 %, y en drenaje es San Pedro de la Cueva, con el 92.0 %. En cuanto al equipamiento para almacenar este recurso, el municipio de Aconchi tiene el mayor porcentaje de viviendas con tinaco. Respecto del almacenamiento en cisternas, el municipio de San Miguel de Horcasitas posee el mayor porcentaje, en tanto que en el municipio de San Felipe de Jesús no se presentan viviendas con este equipamiento.

Condiciones de seguridad

La situación de inseguridad en todo el país representa un riesgo constante para el libre desarrollo de las personas, pero también una amenaza para el trabajo a nivel territorial. En el caso de Sonora, uno de los problemas más alarmantes es la desaparición de personas y la existencia de múltiples fosas clandestinas. Sonora es uno de los estados con mayor número de cuerpos en fosas clandestinas (Segob, 2021). Las desapariciones y la violencia en razón de género también se han exacerbado. En 2021, se reportaron 132 mujeres desaparecidas, principalmente en el municipio de Hermosillo (Núñez, en Zúñiga E., 2022), de ahí que existan importantes grupos de mujeres que se dedican a la búsqueda de personas; el primero, surgido en Guaymas (Zúñiga E., 2022).

Asimismo, según el Observatorio Nacional Ciudadano (2024) y con base en la información del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad, en 2021, de los delitos (10,312) en los municipios de la Cuenca, el 76.6 % se concentró en Hermosillo, el municipio más poblado. Sin embargo, también vale la pena señalar los casos de Guaymas (12.5 %), Magdalena (3.1 %) y Cananea (2.7 %).

Con estos mismos datos del Observatorio, se identifica que, de los delitos graves en razón de género, sobresale la violación (220 casos reportados en carpetas de investigación), también con mayores cifras en Hermosillo (174), Guaymas (25) y Cananea (79). Sobre el delito de feminicidio, hay muchos casos de mujeres desaparecidas y encontradas en fosas que no se han catalogado como tal, y otros tantos que no se denuncian. En 2015, el municipio de San Miguel Horcasitas ocupó el tercer lugar en el ámbito nacional entre los municipios con tasas más altas de feminicidio, y en 2020, el municipio de Cumpas ocupó el lugar 20 (Salazar Cruz; Chávez T., 2022).

El robo con violencia destaca por las altas cifras (2,124 en total), con 1,777 carpetas en Hermosillo (84 %), seguido por Guaymas (240), y Cananea y Magdalena (31).

Finalmente, el homicidio doloso es otro delito por considerar. En el total de los municipios del complejo de cuencas, en 2021 se abrieron 445 carpetas de investigación, con una mayor prevalencia en los municipios ya señalados.

En síntesis, es importante considerar las condiciones particulares de inseguridad en los municipios que integran el complejo de cuencas “Sonora y otras”, particularmente en aquellos con mayor incidencia y presencia del crimen organizado, pues en la implementación de acciones SbN para promover la seguridad hídrica, se necesita reconocer las vulnerabilidades específicas de la población.

Grado de rezago social y grado de marginación

El grado de rezago social muestra el índice que resulta de conjuntar las siguientes variables: 1) rezago educativo; 2) acceso a los servicios de salud; 3) acceso a los servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y 4) activos en el hogar, para diferenciar numéricamente el acceso a algunos derechos sociales de las personas y sus bienes en el hogar. Según INEGI (2014), en general, el complejo no presenta condiciones de rezago social muy marcadas, ya que predominan los grados medios, bajos y muy bajos. En las zonas alta, media y baja, predominan los valores muy bajos.

El grado de marginación permite diferenciar a las localidades según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes. Este índice considera un total de 8 indicadores socioeconómicos (2 sobre educación, 5 sobre viviendas y 1 sobre disponibilidad de bienes). Según INEGI (2012), en el complejo predominan los valores altos de marginación, lo cual indica que la población del complejo sufre un alto impacto global por las carencias que padece en torno a la educación, vivienda y bienes. En las zonas alta y baja, predominan los valores muy bajos, y en la zona media, los valores bajos (tabla 21, figura 4).

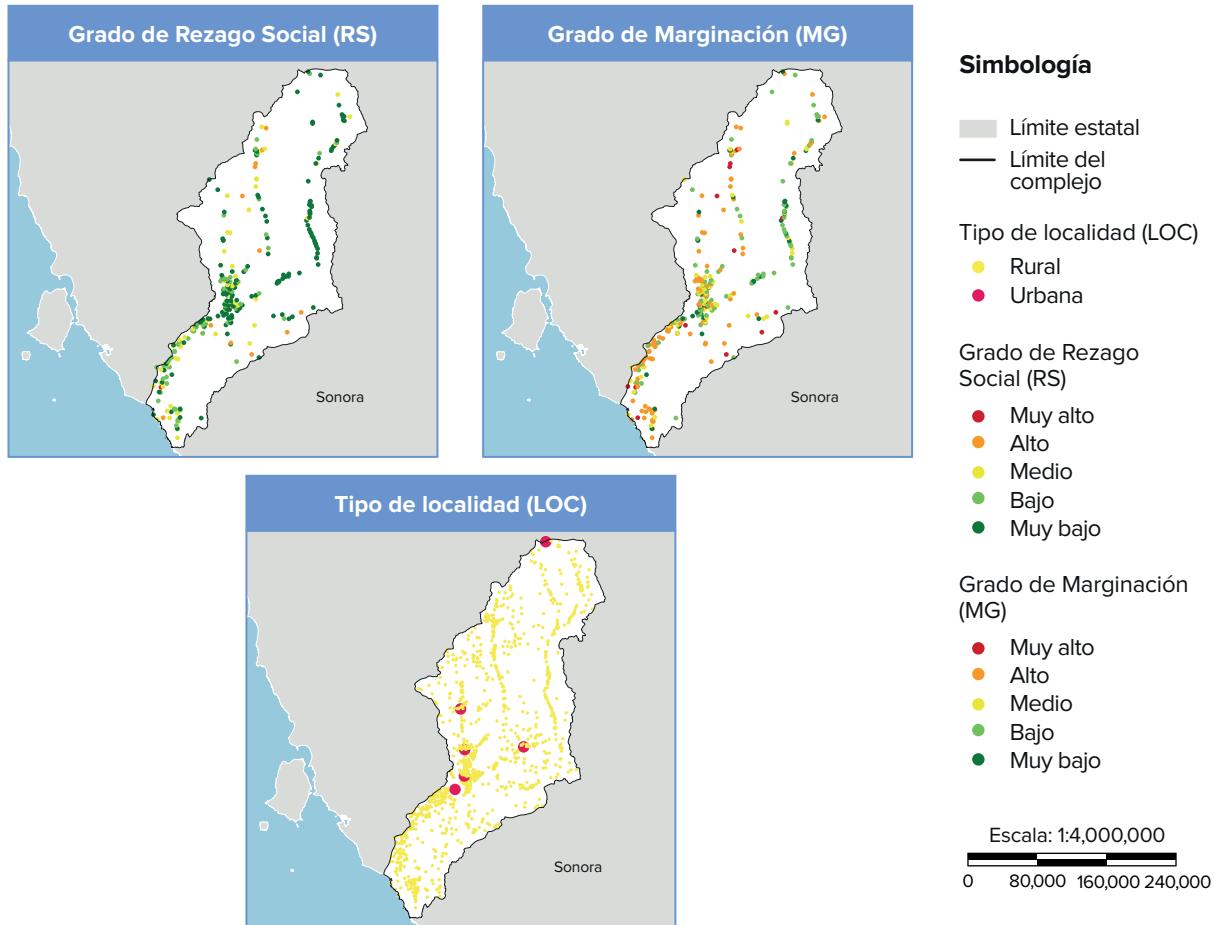
Tabla 21. Grado de rezago social y grado de marginación por zona funcional

Zona funcional	Indicador	Grado					
		MA	A	M	B		
Alta	Rezago social	Núm. Localidad Total de Población	5 41	7 55	6 152	23 36,068	
	Marginación	Núm. Localidad Total de Población	4 28	15 304	6 294	10 1,196	34,494
Media	Rezago social	Núm. Localidad Total de Población	3 24	9 706	7 1,340	48 19,660	
	Marginación	Núm. Localidad Total de Población	4 28	16 2,074	8 667	24 14,032	13 4,538
Baja	Rezago social	Núm. Localidad Total de Población	1 6	5 123	40 1,292	56 9,146	95 737,735
	Rezago social	Núm. Localidad Total de Población	8 224	79 8,403	44 4,966	47 14,206	19 720,503

MA: Muy Alto, **A:** Alto, **M:** Medio, **B:** Bajo, **MB:** Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Tipo de localidad, grado de rezago social y grado de marginación por localidad del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2012, 2014, 2020)

Índice de Desarrollo Humano

El Informe de Desarrollo Humano Municipal (IDHM) 2010-2020 (PNUD, 2022) categoriza los niveles de desarrollo humano en cuatro niveles (PNUD, 2020):

- **Nivel bajo:** menos de 0.55
- **Nivel medio:** entre 0.55 y 0.7
- **Nivel alto:** entre 0.7 y 0.8
- **Nivel muy alto:** mayor a 0.8

De acuerdo con los datos presentados en el Informe 2020 del IDHM, (PNUD, 2022) el promedio nacional de IDH de los municipios (ponderado por su nivel de población) fue de 0.752. A nivel nacional, la mayoría de los municipios se encuentran en un nivel medio y alto (49.8 % medio; 45.3 % alto), mientras que solo el 2.9 % tienen un nivel muy alto, y el 2.1 %, un nivel bajo. En el caso de los municipios que inciden parcial o completamente en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, el promedio ponderado asciende a 0.803; ninguno se ubica con un nivel bajo; tres se clasifican con un nivel Medio (11.5 %); 23 con Alto (84.6 %); y uno (Hermosillo, 0.817) como Muy Alto (3.8 %); lo que ubica al 46.2 % de los municipios por encima del promedio nacional. Los municipios con un nivel medio IDHM son: San Miguel de Horcasitas, Villa Pesqueiria y Cucurpe. Se enlistan los municipios con niveles alto y muy alto:

Tabla 22. Índice de Desarrollo Humano 2020 por municipio

Municipio	IDH 2020	Municipio	IDH 2020
Baviácora	0.755	Ures	0.766
Fronteras	0.758	Guaymas	0.769
Santa Ana	0.758	Magdalena	0.772
Moctezuma	0.763	Cumpas	0.78
Aconchi	0.766	Cananea	0.785
Huépac	0.766	Hermosillo	0.817

Fuente: Elaboración propia

Igualdad de género

En el ámbito nacional, el Índice de Desigualdad de Género (IDG) de México es de 0.309 (PNUD, 2022). De los municipios que inciden total o parcialmente en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, cuatro (14.8 %) obtuvieron un índice menor al nacional, lo que significa mayor igualdad: San Pedro de la Cueva (0.263), Cumpas (0.283), Opodepe (0.288) y Mazatlán (0.304).

Respecto a los municipios con IDG con valores mayores al nacional, representan el 85.2 %, y los valores más altos se encuentran en los municipios La Colorada (0.495), Fronteras (0.475), Baviácora (0.445), Cananea (0.43) y Ures (0.41).

Tabla 23. Índice de Desigualdad de Género Municipal

Municipio	IDG Municipal	Municipio	IDG Municipal
Aconchi	0.393	La Colorada	0.495
Arizpe	0.381	Magdalena	0.398
Bacoachi	0.396	Mazatlán	0.304
Banámichi	0.351	Moctezuma	0.34
Baviácora	0.445	Opodepe	0.288
Benjamín Hill	0.374	Rayón	0.39
Cananea	0.43	San Felipe de Jesús	ND
Carbó	0.342	San Miguel de Horcasitas	0.39
Cucurpe	0.388	San Pedro de la Cueva	0.263
Cumpas	0.283	Santa Ana	0.406
Fronteras	0.475	Ures	0.41
Guaymas	0.383	Villa Pesqueira	0.332
Hermosillo	0.349		
Huépac	0.374		
Imuris	0.363		

*ND: no disponible

Fuente: Elaboración propia

Tenencia de la tierra

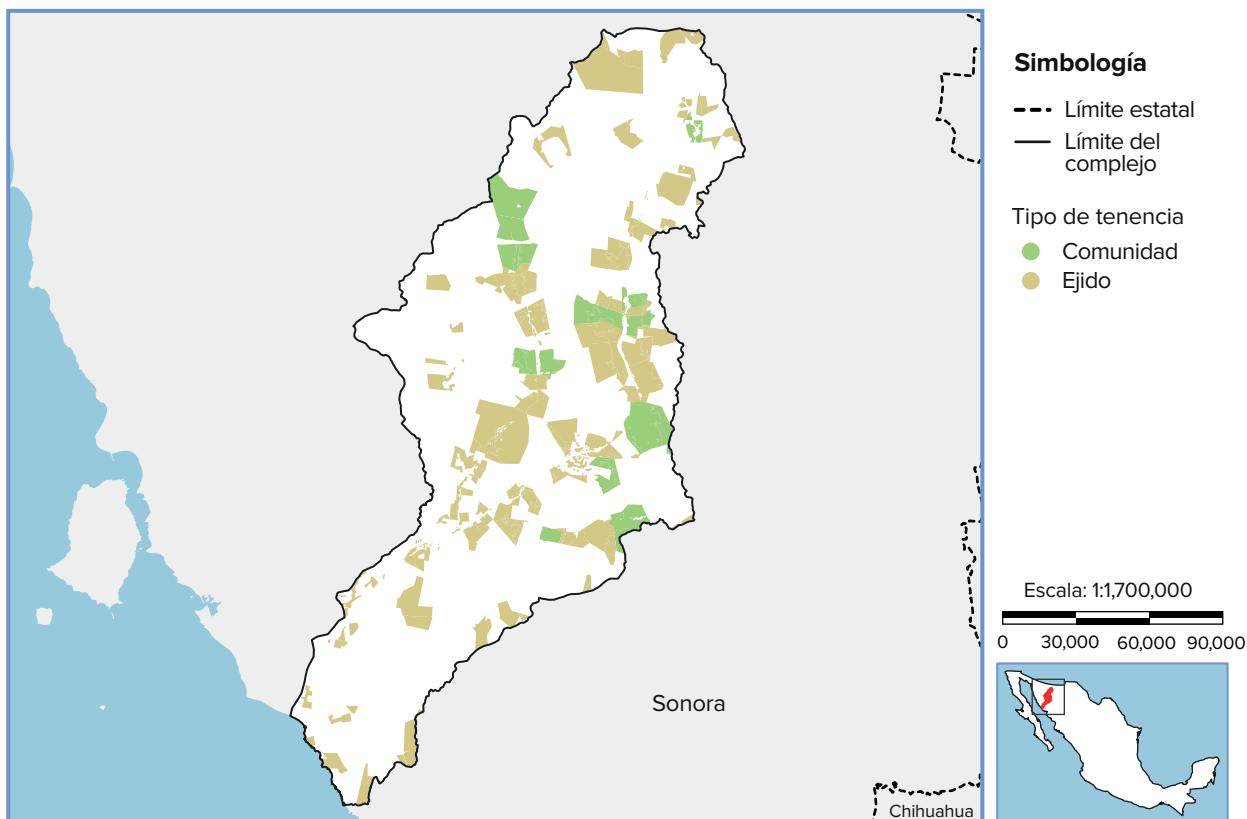
Según RAN (2019), la propiedad de la tierra en el complejo de cuencas “Sonora y otras” se divide en ejidal, comunal y privada; de ellas, predominan los ejidos (88) (18.3 % con respecto a la superficie del complejo), seguidos de la propiedad comunal (11) (5.7 % con respecto a la superficie del complejo), y finalmente, de la propiedad privada. En las zonas alta, media y baja, predomina la propiedad ejidal (tabla 24, figura 5).

Tabla 24. Tenencia de la tierra por zona funcional

Zona funcional	Categoría	Núm. de ejidos	Superficie (km ²)
Alta	Ejido	42	1,860.8
	Comunidad	14	758.4
Media	Ejido	53	1,643.8
	Comunidad	15	720.9
Baja	Ejido	54	1,252.06
	Comunidad	2	42.1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Tenencia de la tierra del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de RAN (2019)

Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Según la CONANP (2022, 2020), en el complejo de cuencas “Sonora y otras”, existen dos áreas naturales protegidas (ANP) de carácter federal con la categoría de área de protección de flora y fauna; un ANP de carácter estatal bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica, y un ANP de carácter municipal bajo la categoría de zona de preservación ecológica de centro de población. En la zona alta, se ubica un ANP de carácter federal y el ANP municipal; la zona media comparte la superficie del ANP federal que coincide con la zona alta; y en la zona baja se localiza el ANP estatal y la otra ANP federal (tabla 25, figura 6).

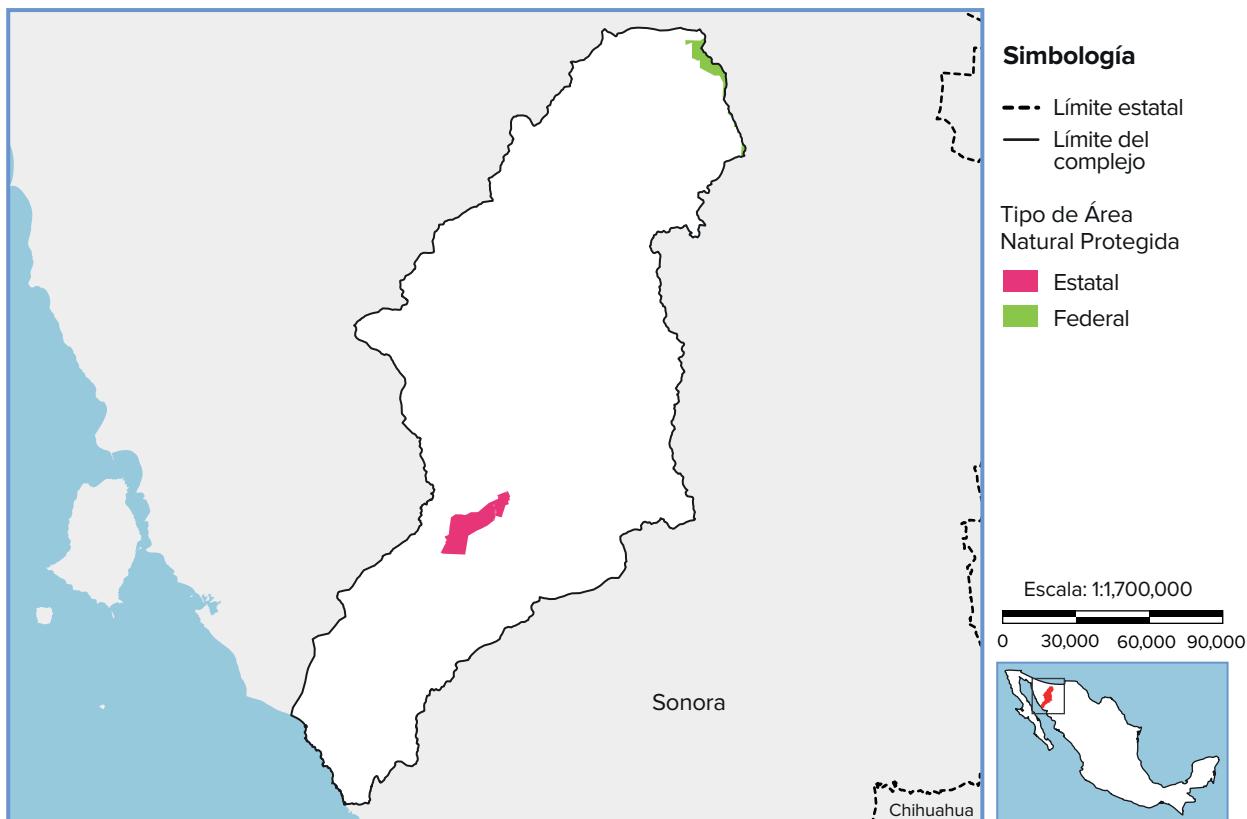
Tabla 25. Áreas Naturales Protegidas por zona funcional

Zona funcional	Nombre del Área Natural Protegida	Categoría	Orden	Superficie (km ²)
Alta	Bavispe	APFF	Federal	114.1
Media	Abelardo Rodríguez Luján el Molinito	ZSCE	Estatal	2.5
Baja				263.4

APFF: Área de protección de flora y fauna, **ZSCE:** Zona Sujeta a Conservación Ecológica

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Áreas Naturales Protegidas del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de CONANP (2020, 2022)

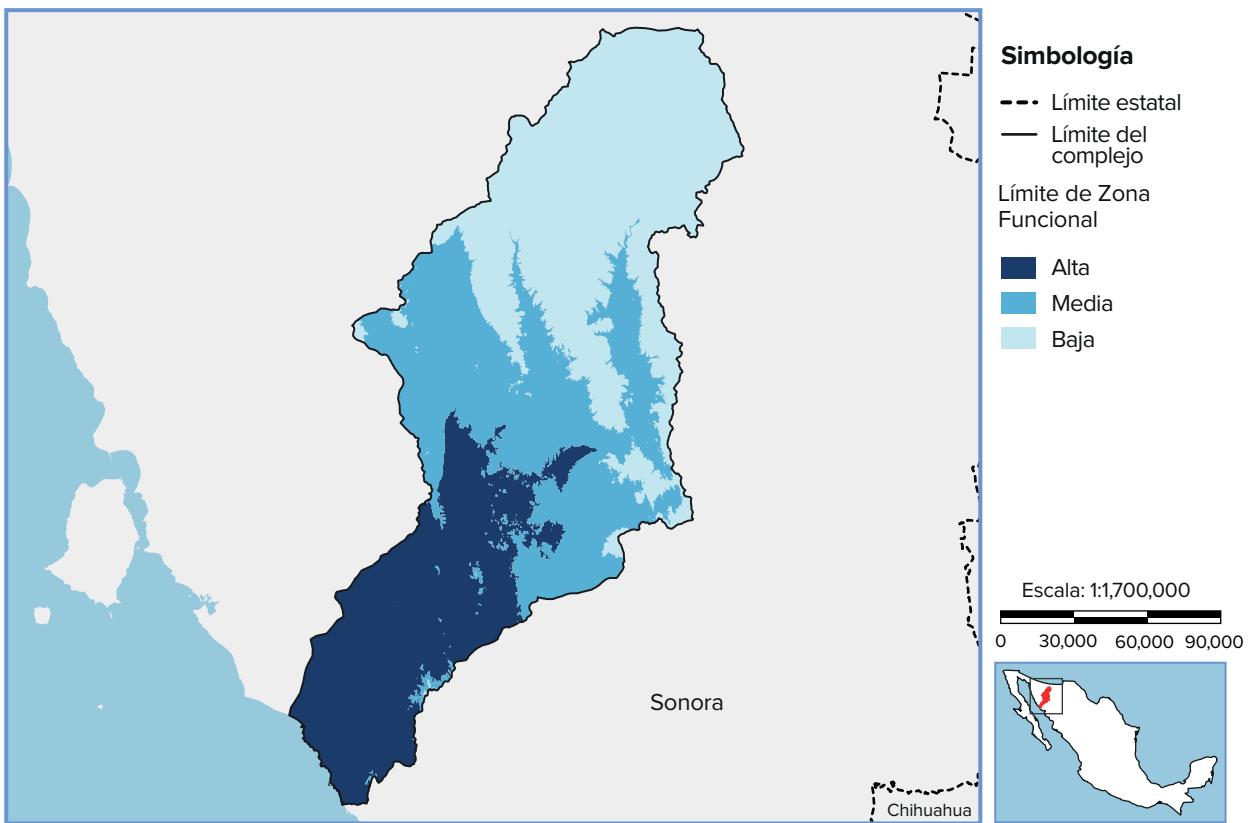
Caracterización y diagnóstico biofísico y ambiental

Subsistemas biofísicos

Zonas funcionales

El complejo de cuencas “Sonora y otras” se divide en tres zonas funcionales: 1) baja, que va de 0 a 462 m s.n.m.; 2) media, de 462 a 868 m s.n.m., y 3) alta, de 868 a 2,620 m s.n.m.. La de mayor extensión es la zona alta (10,702 km²), seguida de la zona media (8,647 km²), y con la menor superficie, está la zona baja (7,302 km²). Lo anterior indica que en el complejo predominan los procesos de captación hídrica y de erosión de materiales en la cabecera (figura 7).

Figura 7. Zonas funcionales del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de Valdés y Hernández (2018)

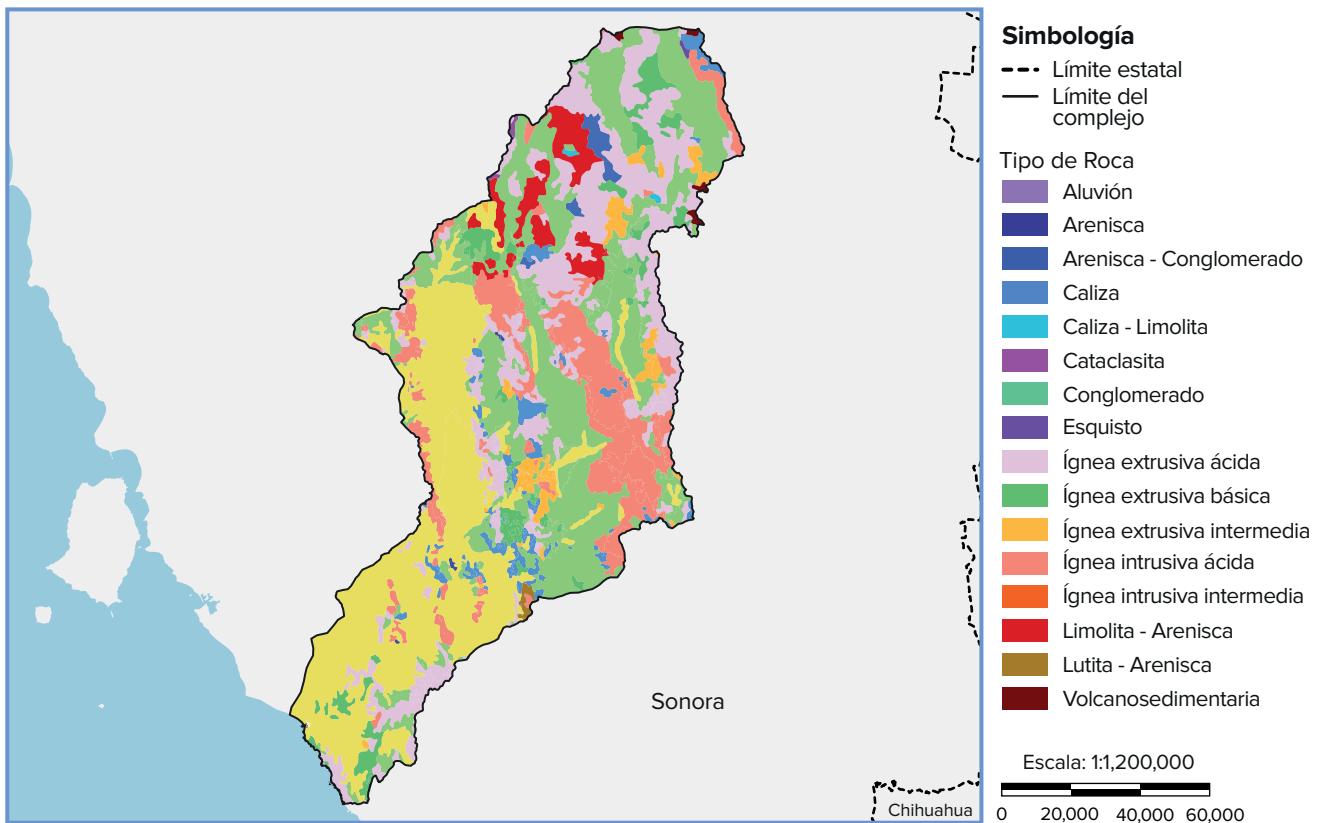
A continuación, se describen de forma integral los subsistemas que conforman la estructura del complejo, y que permiten interpretar su evolución y dinámica.

Geología

De acuerdo con INEGI (2000b), las rocas de mayor antigüedad en el complejo de cuencas “Sonora y otras” son de tipo metamórfico y datan de la era Precámbrica (esquistos) (4,600 a 570 millones de años); se observan también rocas de la era Paleozoica, que son principalmente rocas sedimentarias (Caliza) (570 a 230 millones de años); posteriormente, se encuentran rocas de la era Mesozoica (230 a 65 millones de años), que son algunas sedimentarias y otras ígneas intrusivas y extrusivas, lo cual sugiere que la base del complejo se formó en antiguos fondos marinos que sufrieron plegamientos que, con el paso del tiempo, se combinaron con actividad volcánica de rocas que se enfriaron en contacto con la atmósfera y de manera subterránea, hasta que durante la era Cenozoica (65 millones de años a la fecha), la actividad volcánica generó rocas ígneas extrusivas de composición básica, intermedia y ácida, posteriormente erosionadas y depositadas en las zonas de planicie, formando conglomerados y aluviones.

En la zona funcional alta, predominan las rocas ígneas extrusivas, las cuales provienen de los volcanes y sistemas montañosos ubicados al noreste del complejo, y las rocas sedimentarias plegadas. En la zona funcional media, predominan las rocas sedimentarias, representadas por conglomerados que son productos de los depósitos del material que se ha erosionado en la parte alta del complejo, y en la zona baja, las rocas sedimentarias (aluvión) (tabla 26, figura 8).

Figura 8. Rocas del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2000b)

Tabla 26. Distribución de la geología por zona funcional

Zona funcional	Tipo	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Arenisca	3.1	0.01
	Arenisca-Conglomerado	215.5	0.8
	Caliza	209.9	0.8
	Caliza-Limolita	28.0	0.1
	Cataclasita	26.4	0.1
	Conglomerado	3,032.5	11.4
	Esquisto	13.6	0.1
	Ígnea extrusiva ácida	3,253.4	12.2
	Ígnea extrusiva básica	582.2	2.2
	Ígnea extrusiva intermedia	351.2	1.3
	Ígnea intrusiva ácida	1,829.7	6.9
	Ígnea intrusiva intermedia	0.2	0.001
Media	Limolita-Arenisca	956.0	3.6
	Aluvión	140.8	0.5
	Volcanosedimentaria	59.6	0.2
	Arenisca	3.8	0.01
	Arenisca-Conglomerado	0.3	0.001
	Caliza	380.6	1.4
	Conglomerado	3,584.8	13.5
	Ígnea extrusiva ácida	827.9	3.1
Baja	Ígnea extrusiva básica	133.5	0.5
	Ígnea extrusiva intermedia	233.8	0.9
	Ígneas intrusivas ácidas	1,306.0	4.9
	Limolita-Arenisca	7.8	0.03
	Lutita-Arenisca	47.8	0.2
	Aluvión	2,120.5	8.0
	Arenisca	11.8	0.04
	Caliza	211.2	0.8

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura ≤ 1 %

Fuente: Elaboración propia

Relieve

La geología es la base para el desarrollo y diferenciación de las unidades que caracterizan al relieve del complejo de cuencas “Sonora y otras” (geoformas). En ese sentido, según INEGI (2001a), el complejo forma parte de tres provincias fisiográficas: la Llanura Sonorense, la Sierra Madre Occidental y las Sierras y Llanuras del Norte. La Llanura Sonorense corresponde a la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses, las cuales se caracterizan principalmente por el sistema de topoformas conocido como Bajada y Llanura. La Sierra Madre Occidental coincide con la subprovincia Sierras y Valles del Norte, y se caracteriza por el sistema de topoformas Sierra. Por último, se tiene la provincia Sierras y Llanuras del Norte, que coinciden con las Llanuras y Médanos del Norte, y con las topoformas conocidas como Valles (INEGI, 2001b, 2001c).

En la zona funcional alta, predomina la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, la subprovincia sierras y Valles del Norte, y se caracteriza por los sistemas de topoformas Sierras. Por su parte, las zonas media y baja están representadas mayormente por la Llanura Sonorense, las Sierras y Llanuras Sonorenses, y las Bajadas (tabla 27, figura 9).

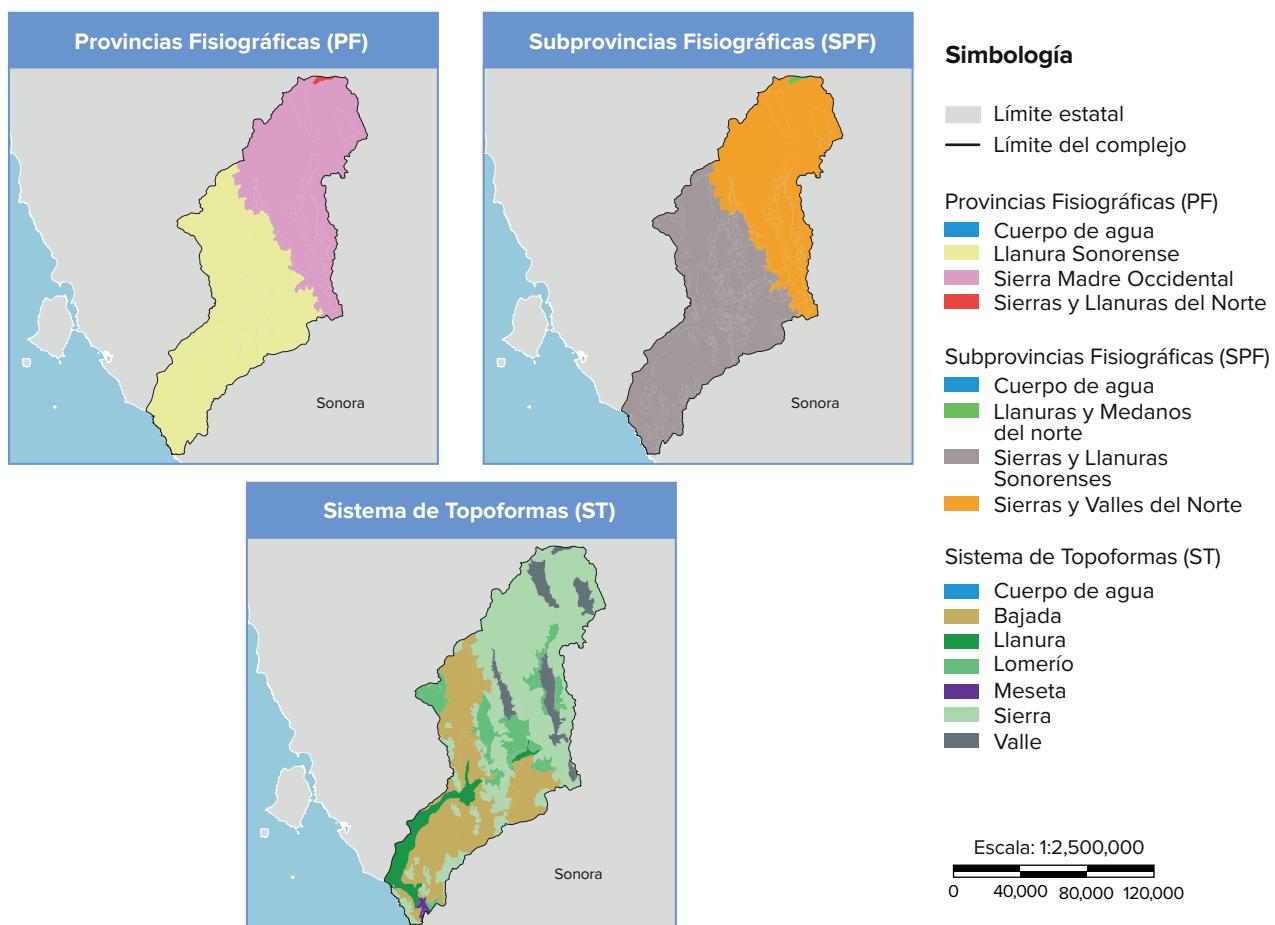
Tabla 27. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de topoformas por zona funcional

Zona funcional	Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica	Sistema de topoformas	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Sierra Madre Occidental	Sierras y Valles del Norte	Lomerío Sierra Valle Bajada	457.9 8,592.5 845.3 0.0001	1.7 32.2 3.2 0.0000004
	Sierras y Llanuras del Norte	Llanuras y Médanos del Norte	Sierra Valle	0.00002 57.0	0.0000001 0.2
	Sierra Madre Occidental	Sierras y Llanuras Sonorenses	Bajada Lomerío Sierra Valle	344.7 123.8 277.5 3.4	1.3 0.5 1.0 0.01
Media	Llanura Sonorense	Sierras y Llanuras Sonorenses	Bajada Llanura Lomerío Meseta Sierra Valle	3,525.3 31.7 1,723.7 6.6 1,480.3 235.0	13.2 0.1 6.5 0.02 5.6 0.9
	Sierra Madre Occidental	Sierras y Valles del Norte	Bajada Llanura Lomerío Sierra Valle	0.00002 0.000004 174.8 760.2 709.3	0.0000001 0.00000001 0.7 2.9 2.7
Baja	Cuerpo de agua perenne	Cuerpo de agua perenne	Cuerpo de agua	1.8	0.01
	Llanura Sonorense	Sierras y Llanuras Sonorenses	Bajada Cuerpo de agua Llanura Lomerío Meseta Sierra	4,387.5 0.00001 1,459.0 267.9 99.2 1,087.0	16.5 0.0000003 5.5 1.0 0.4 4.1

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura ≤ 1 %

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de topoformas



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2001 a,b,c)

Suelos

Los suelos que evolucionaron a partir de los diferentes tipos de geoformas permiten clasificar al complejo de cuencas “Sonora y otras” como un complejo con suelos típicos de relieves montañosos con basamentos litológicos sedimentarios, razón por la que, según INEGI (2005), el complejo presenta ocho unidades edáficas en las cuales se diferencian suelos jóvenes poco desarrollados y pedregosos, como el Leptosol; suelos jóvenes orgánicos, como el Cambisol; suelos asociados a los pies de laderas, como los Regosoles; suelos con alto contenido de materia orgánica, como los Feozem; suelos con alto contenido de arcillas laminares, como el Luvisol; suelos con alta saturación de bases, como el Solonchak, y suelos de zonas áridas, como el Xerosol y el Yermosol. En las zonas alta, media y baja del complejo, predominan los Regosoles (tabla 28, figura 10).

Tabla 28. Tipo de suelo por zona funcional

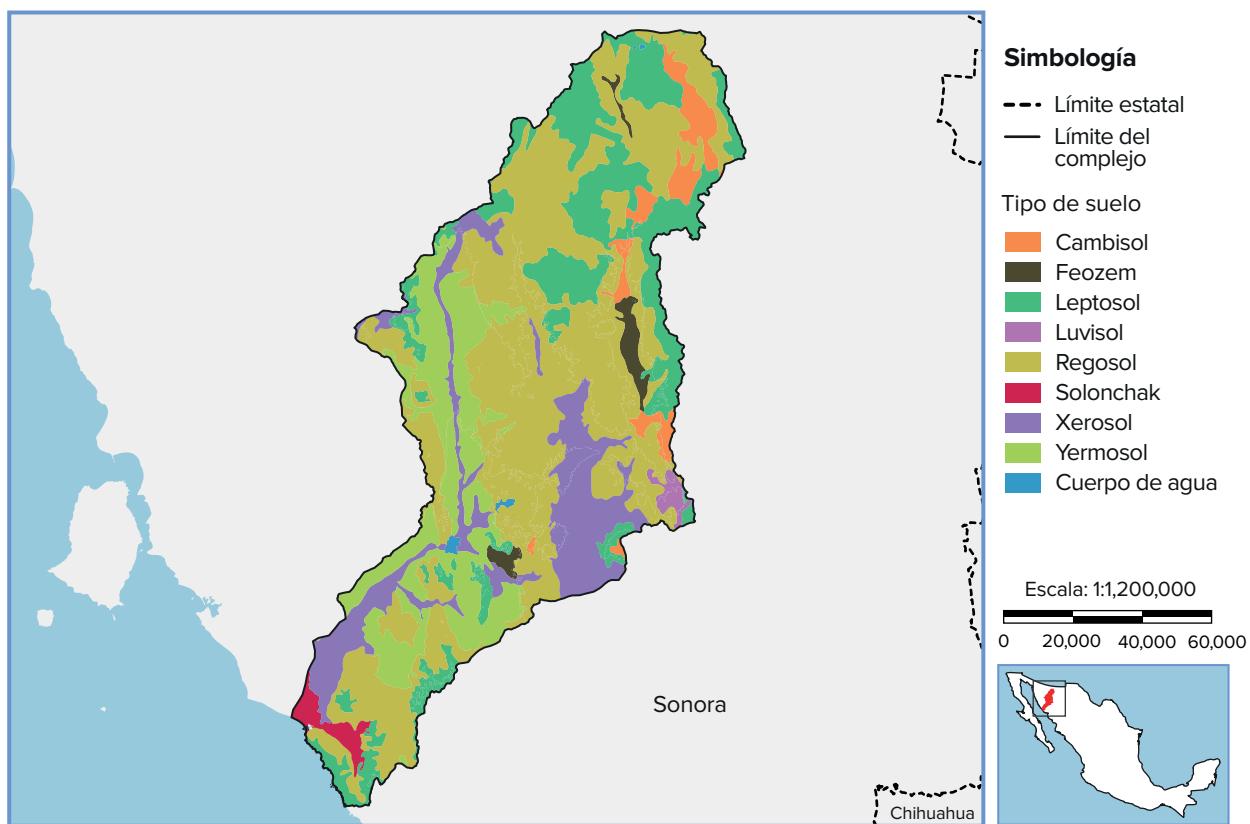
Zona funcional	Tipo	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Cuerpo de agua	5.6	0.02
	Cambisol	824.5	3.1
	Feozem	46.1	0.2
	Leptosol	3,901.2	14.6
	Luvisol	87.6	0.3
	Regosol	5,523.4	20.7
	Xerosol	196.5	0.7
	Yermosol	117.2	0.4
Media	Cambisol	169.1	0.6
	Feozem	267.6	1.0

Media	Leptosol	480.8	1.8
	Luvisol	91.5	0.3
	Regosol	4,267.8	16.0
	Xerosol	1,829.0	6.9
	Yermosol	1,541.1	5.8
Baja	Cuerpo de agua	58.0	0.2
	Cambisol	10.7	0.0
	Feozem	96.5	0.4
	Leptosol	722.7	2.7
	Regosol	2,491.0	9.3
	Solonchak	316.9	1.2
	Xerosol	1,301.7	4.9
	Yermosol	2,304.8	8.6

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura ≤ 1 %

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Suelos del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2005)

Hidrografía

El subsistema hídrico depende de la calidad del sistema suelo para desarrollar correctamente su ciclo (ciclo hidrológico). El complejo de cuencas “Sonora y otras”, según INEGI (2021a), forma parte de la Región hidrológica número 09, “Sonora Sur”. La superficie total del complejo ($26,651 \text{ km}^2$) permite clasificarlo y analizarlo como cuenca. Se considera como una cuenca de cabecera, ya que no tiene alguna cuenca que aporte a su cauce aguas arriba, y por su ubicación como cuenca costera, lo que la define como una cuenca que se forma cercana a la línea de costa y cuyas aguas llegan a los océanos, con pendientes de pronunciadas a suaves. De acuerdo con su drenaje, se considera como una cuenca exorreica de séptimo orden, ya que su agua es recogida por el río Sonora, que desemboca en el Golfo de California. Dicha cuenca tiene la

peculiaridad de que, en temporadas de sequía, puede comportarse como cuenca arreica, lo que significa que en algunas zonas puede perderse el cauce superficial por infiltración o evaporación.

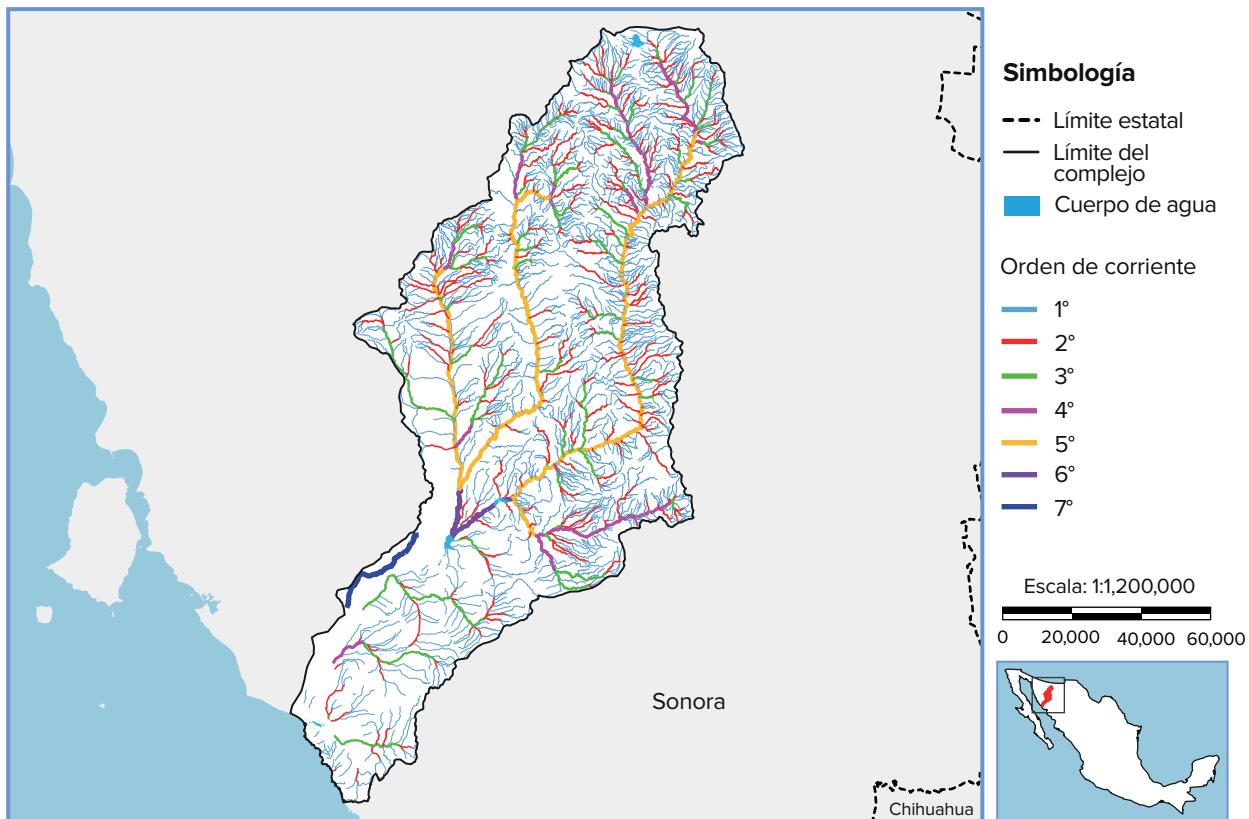
En la zona alta, predominan las corrientes de primero y segundo orden, que son las superficies de mayor captación de agua y de mayor pendiente. En la zona media, se concentran las corrientes de tercero, cuarto y quinto orden, lo que indica que en esta zona predomina el transporte hídrico; las pendientes son más suavizadas que en la parte alta, y pueden clasificarse como medias. Finalmente, en la zona baja, se encuentra la salida del cauce principal, que es el de mayor orden (séptimo). Esta es la zona de acumulación hídrica y de depósito de los materiales transportados desde la zona media. El relieve es el más suavizado, con pendientes menores a 15° (tabla 29, figura 11).

Tabla 29. Hidrografía por zona funcional

Zona funcional	No. de ríos	Tipo	Ordenes principales	Longitud total de los ríos (km)
Alta	1,740	Intermitente y perenne	1° y 2°	6,621
Media	1,259	Intermitente y perenne	3°, 4° y 5°	4,937
Baja	507	Intermitente y perenne	6° y 7°	2,583

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Hidrografía del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2021a)

Humedales

Los humedales son áreas que permanecen en condiciones de inundación o con suelo saturado de agua durante períodos considerables de tiempo; estos pueden ser naturales o artificiales, y también forman parte del subsistema hídrico del complejo. Son importantes porque permiten la regulación, la limpieza y el establecimiento de hábitats de flora y fauna, y pueden ser aprovechados para el desarrollo de diferentes actividades económicas.

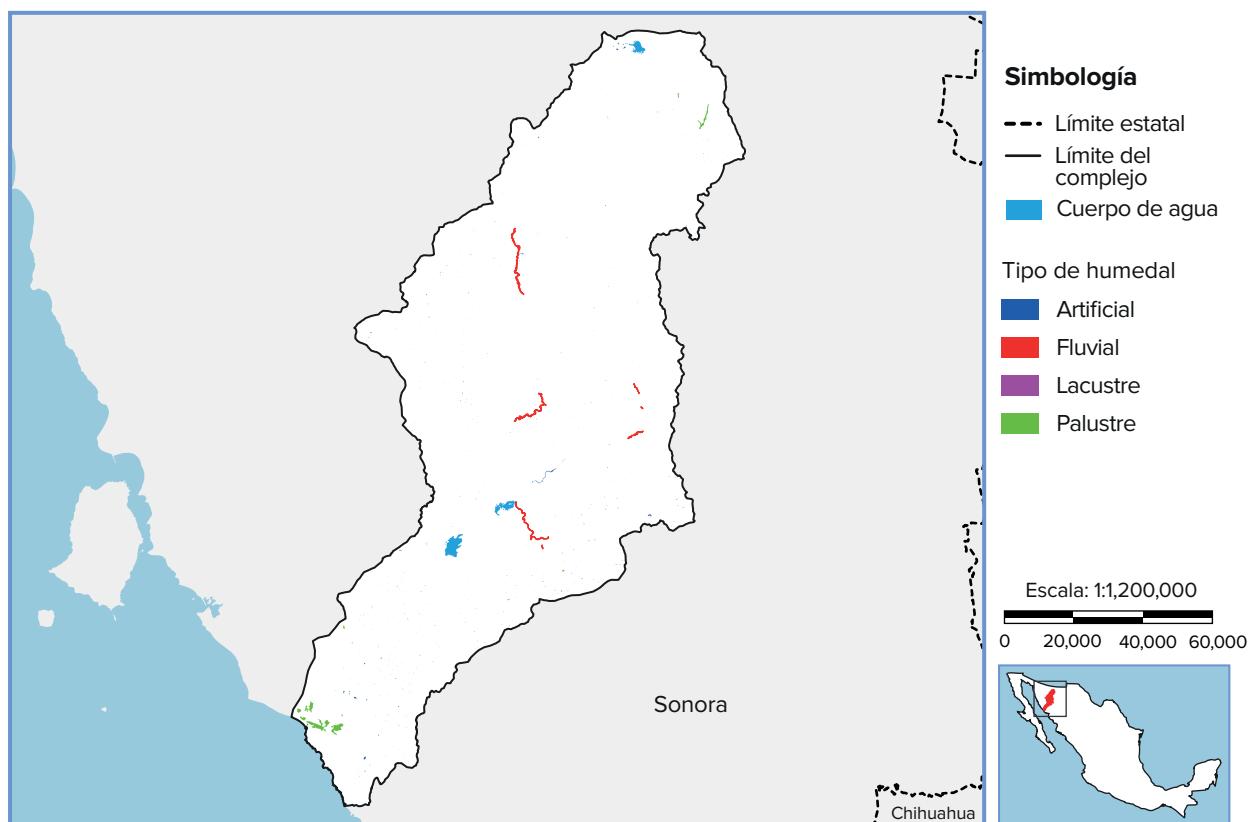
Según INEGI (2019), en el complejo de cuencas “Sonora y otras” se presentan 1,580 humedales: 1,524 artificiales y 56 naturales; los artificiales se clasifican como estanque, y los naturales como fluviales y lacustres (permanentemente inundados), y palustres (estacionalmente saturados). En la zona alta, se ubican 465 humedales; en la zona media, 567, y en la zona baja, 559 (tabla 30, figura 12).

Tabla 30. Humedales por zona funcional

Zona funcional	No. de humedales	Tipo	Superficie (km ²)
Alta	465	Estanque artificial (453), Palustre (9), Lacustre (2), Fluvial (1)	30.2
Media	567	Estanque artificial (548), Palustre (12), Fluvial (6), Lacustre (1)	19.5
Baja	559	Estanque artificial (533), Palustre (23), Fluvial (2), Lacustre (1)	112.8

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Humedales del complejo de cuencas “Sonora y otras”

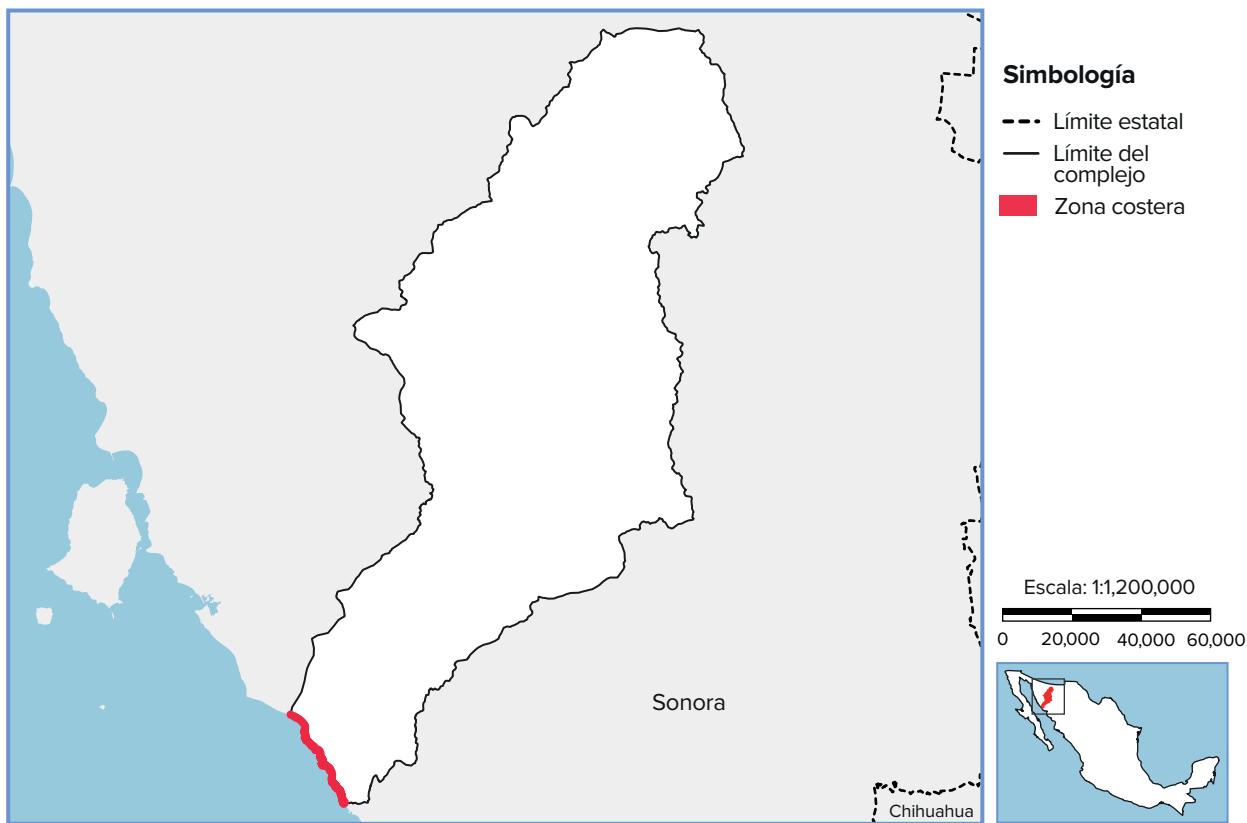


Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2019)

Zonas costeras

Según CONABIO (2018), la zona costera está determinada por la línea de costa, que es la que corresponde a la zona de contacto del nivel del mar con la superficie continental. En el complejo, la zona costera mide 70.92 km². Es importante su consideración porque ante modificaciones futuras del nivel medio del mar, será el punto de partida para el avance de las aguas del mar hacia el interior de la superficie continental. El total de la zona costera se ubica en la parte de menor altitud de la zona baja (figura 13).

Figura 13. Zona costera del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2018)

Vegetación y uso del suelo

La vegetación representa el subsistema más dinámico del complejo de cuencas “Sonora y otras”, y se deriva de las características aportadas en conjunto por otros subsistemas, como el geológico, el geomorfológico, el edáfico, el climático y el hídrico. Según INEGI (2021b), el complejo presenta 20 tipos de vegetación, que van desde la vegetación adaptada a climas semiáridos templados, como los pastizales naturales y los bosques de coníferas y latifoliadas (pino, táscale, encino); la vegetación adaptada a condiciones semiáridas y áridas semicálidas, como los matorrales y la selva baja caducifolia, hasta la vegetación adaptada a condiciones más extremas, característica del clima muy árido cálido y semicálido, como la vegetación halófila, la vegetación de dunas costeras y algunos matorrales. En las zonas altas de las montañas, resaltan las unidades clasificadas como áreas sin vegetación aparente, las cuales se refieren a superficies con apariencia rocosa, donde es muy difícil ver algún tipo de vegetación.

Al ser transformada a causa de la actividad antrópica, esa vegetación modifica sus condiciones naturales y se convierte en una superficie con algún uso. En el complejo, se observan siete usos de suelo. Derivado del desmonte, tenemos al pastizal inducido; con objeto de producir alimento, tenemos la agricultura de temporal y de riego; la primera depende de la lluvia para lograr su producción, y la segunda obtiene el agua

necesaria de cuerpos de agua o de pozos. También tenemos la acuicultura, que aprovecha las condiciones de saturación permanente del sistema lagunar para lograr su producción. Finalmente, el uso que más modifica las condiciones naturales son los asentamientos humanos, zonas donde se establece la población humana que desarrolla actividades económicas secundarias y terciarias.

La vegetación predominante es el mezquital, el matorral subtropical y el matorral desértico micrófilo. En cuanto a los usos de suelo, los de mayor predominio son el pastizal cultivado, la agricultura de riego y el pastizal inducido. En la zona alta del complejo, predomina el matorral desértico micrófilo y el bosque de encino; en la zona media, el mezquital y el matorral subtropical, y en la zona baja, encontramos el mezquital y el matorral sarcocaule (tabla 31, figura 14).

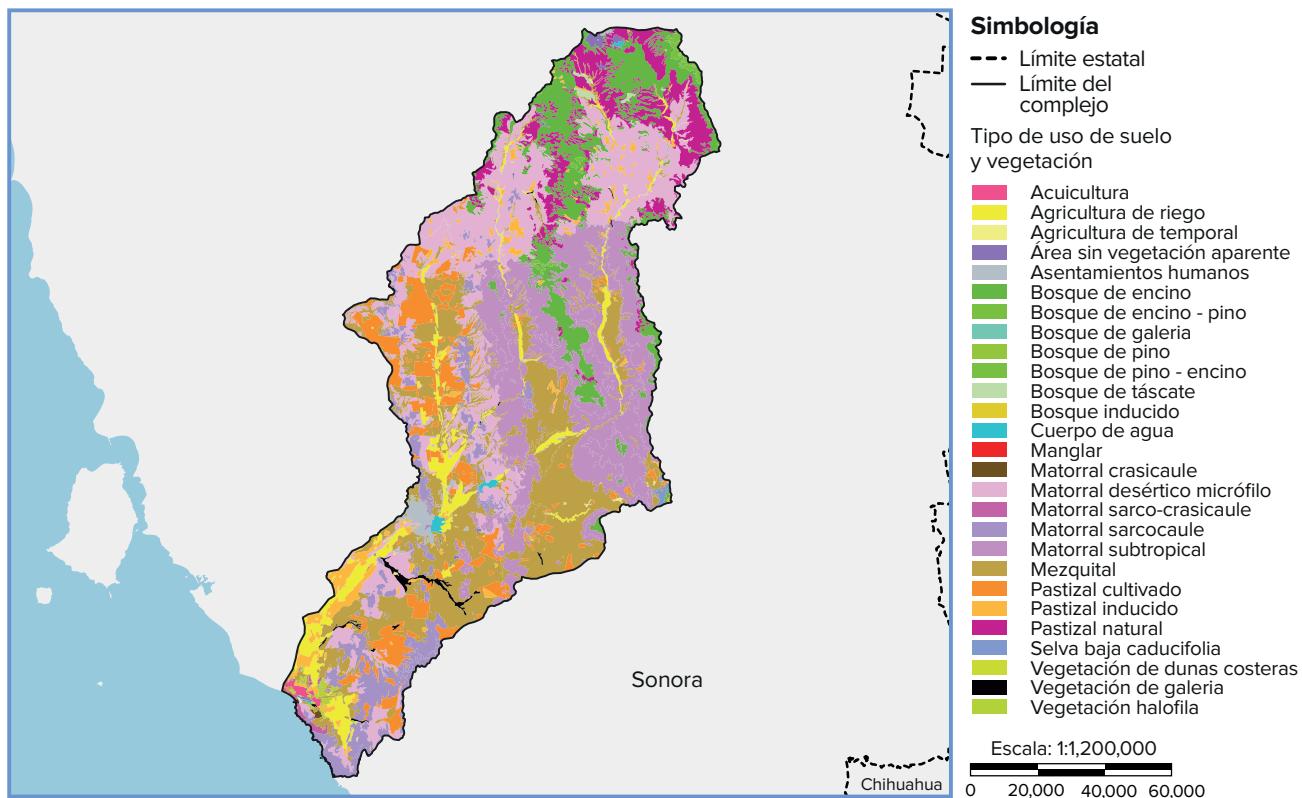
Tabla 31. Vegetación y uso de suelo actual por zona funcional

Zona funcional	Uso de suelo y vegetación	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Agricultura de riego	95.5	0.4
	Agricultura de temporal	7.5	0.03
	Área sin vegetación aparente	67.2	0.3
	Asentamientos humanos	11.8	0.04
	Bosque de encino	2,681.7	10.1
	Bosque de encino-pino	108.8	0.4
	Bosque de galería	2.2	0.01
	Bosque de pino	1.6	0.01
	Bosque de pino-encino	26.3	0.1
	Bosque de táscale	47.0	0.2
	Cuerpo de agua	9.4	0.04
	Matorral desértico micrófilo	2,929.5	11.0
	Matorral sarcocaule	93.9	0.4
	Matorral subtropical	2,377.5	8.9
	Mezquital	225.4	0.8
	Pastizal cultivado	45.2	0.2
	Pastizal inducido	246.9	0.9
Media	Pastizal natural	1,687.5	6.3
	Selva baja caducifolia	32.9	0.1
	Vegetación de galería	4.3	0.02
	Agricultura de riego	301.6	1.1
	Agricultura de temporal	13.7	0.1
	Área sin vegetación aparente	2.0	0.01
	Asentamientos humanos	9.7	0.04
	Bosque de encino	1.2	0.004
	Cuerpo de agua	0.2	0.001
	Matorral desértico micrófilo	1,073.5	4.0
	Matorral sarcocaule	554.9	2.1
	Matorral subtropical	2,560.0	9.6
	Mezquital	2,955.8	11.1
	Pastizal cultivado	1,074.3	4.0
Baja	Pastizal inducido	90.4	0.3
	Selva baja caducifolia	3.7	0.01
	Vegetación de galería	5.4	0.02
	Vegetación halófila	0.4	0.001
	Acuicultura	54.7	0.2
	Agricultura de riego	895.6	3.4
	Agricultura de temporal	3.5	0.01
	Área sin vegetación aparente	14.9	0.1
	Asentamientos humanos	184.8	0.7
	Bosque inducido	2.3	0.01
	Cuerpo de agua	56.6	0.2
	Manglar	0.4	0.002
	Matorral crasicaule	10.3	0.04
	Matorral desértico micrófilo	1,039.0	3.9
	Matorral sarco-crasicaule	50.3	0.2
	Matorral sarcocaule	1,105.4	4.1
	Matorral subtropical	189.3	0.7
	Mezquital	2,336.5	8.8
	Pastizal cultivado	754.9	2.8
	Pastizal inducido	423.0	1.6
	Vegetación de dunas costeras	1.6	0.01
	Vegetación de galería	104.2	0.4
	Vegetación halófila	75.2	0.3

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura ≤ 1 %

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Uso de suelo y vegetación actual del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2021b)

Cambio de uso del suelo

El análisis del cambio de uso de suelo muestra que durante los últimos 25 años, la tendencia general del complejo de cuencas “Sonora y otras” ha modificado las coberturas naturales, y han aumentado las coberturas antrópicas. En este sentido, los cambios en los bosques, matorrales y selva baja se han dado por la deforestación causada por el crecimiento de actividades agropecuarias, y en zonas reducidas, por el crecimiento de los asentamientos humanos. En las zonas ya modificadas, como el pastizal inducido, se ha consolidado la agricultura o se han establecido asentamientos humanos. En las áreas agrícolas, los cambios se han dado hacia la tecnificación para aplicar riego, o se han modificado para establecer asentamientos humanos. En algunas zonas, se han recuperado superficies agrícolas y de pastizal. Algunas zonas forestales perturbadas se han revegetado. El mayor cambio se presenta en el matorral desértico micrófilo, que perdió 1,285.7 km², y la mayor ganancia, en el pastizal cultivado, con 1,701.6 km² ganados durante el periodo que se analizó (tabla 32).

Tabla 32. Dinámica histórica (1997-2021) de cambio de uso de suelo en el complejo de cuencas “Sonora y otras”

Categoría	USV Serie I (1997) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²
Agricultura de riego	1,219.9	4.6	1,292.7	4.9	72.9
Agricultura de temporal	57.0	0.2	24.8	0.1	-32.2
Área sin vegetación aparente	30.1	0.1	84.1	0.3	53.9
Asentamientos humanos	31.8	0.1	206.3	0.8	174.5
Bosque de encino	2,677.6	10.0	2,682.8	10.1	5.2
Bosque de encino-pino	53.1	0.2	108.8	0.4	55.8
Bosque de galería	3.9	0.01	2.2	0.01	-1.7
Bosque de pino	2.0	0.01	1.6	0.01	-0.4
Bosque de pino-encino	29.1	0.1	26.3	0.1	-2.8

Categoría	USV Serie I (1997) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²
Bosque de táscale	46.2	0.2	47.0	0.2	0.9
Cuerpo de agua	10.7	0.04	66.1	0.2	55.4
Matorral crasicaula	10.6	0.04	10.3	0.04	-0.4
Matorral desértico micrófilo	6,327.7	23.7	5,042.0	18.9	-1,285.7
Matorral sarco-crasicaula	68.6	0.3	50.3	0.2	-18.4
Matorral sarcocaule	1,904.2	7.1	1,754.3	6.6	-150.0
Matorral subtropical	5,543.7	20.8	5,126.8	19.2	-416.9
Mezquital	6,206.8	23.3	5,517.7	20.7	-689.1
Pastizal cultivado	172.8	0.6	1,874.4	7.0	1,701.6
Pastizal inducido	170.7	0.6	760.2	2.9	589.5
Pastizal natural	1,847.0	6.9	1,687.5	6.3	-159.5
Selva baja caducifolia	15.3	0.1	36.5	0.1	21.2
Vegetación de dunas costeras	2.4	0.01	1.6	0.01	-0.8
Vegetación de galería	83.8	0.3	113.9	0.4	30.1
Vegetación halófila	121.1	0.5	75.6	0.3	-45.5
Bosque bajo abierto	15.1	0.1	0.0	0.0	-15.1
Bosque inducido	0.0	0.0	2.3	0.01	2.3
Manglar	0.0	0.0	0.4	0.002	0.4
Acuicultura	0.0	0.0	54.7	0.2	54.7
26,651.4			26,651.4		

Los valores con signo – en el cambio de superficie indican pérdida

Se señala con negritas los cambios con mayor superficie

Fuente: Elaboración propia

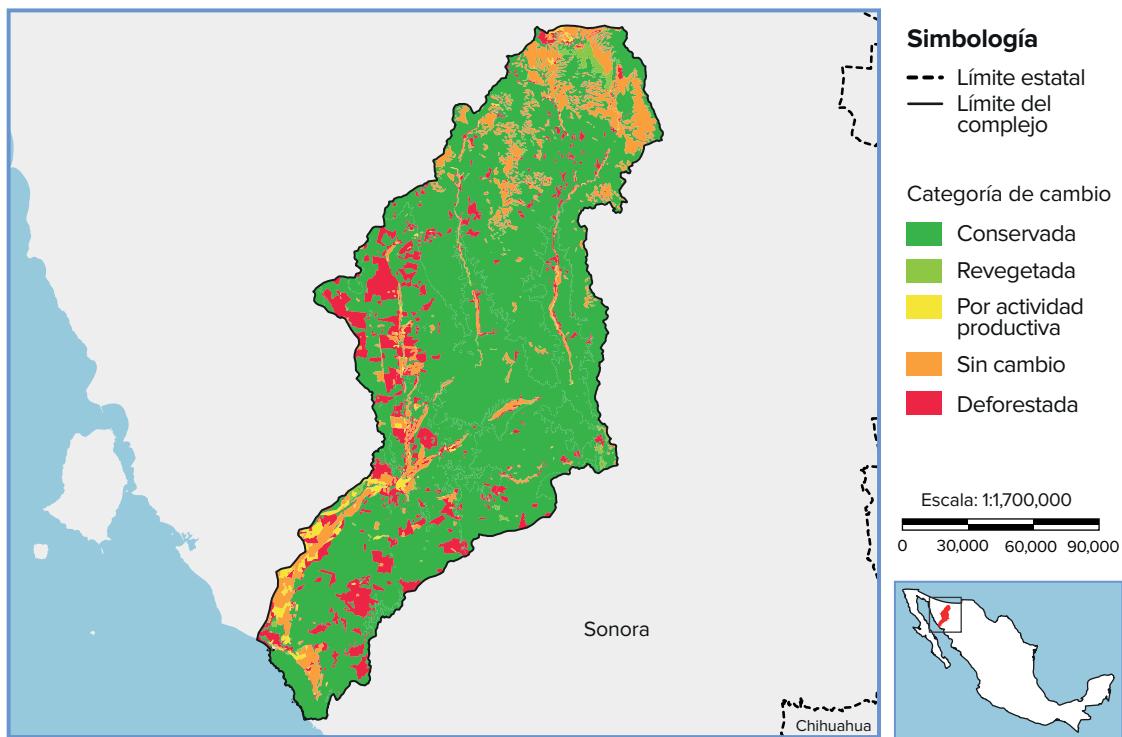
La dinámica de cambio (1997 a 2021) permite observar que en las zonas alta y media, predominan las zonas deforestadas y las zonas con actividades antrópicas que se consolidaron (sin cambio), y en la zona baja, las áreas conservadas y algunas zonas deforestadas (tabla 33, figura 15).

Tabla 33. Categoría de cambio de uso de suelo para el análisis de 1997 a 2021 por zona funcional

Zona funcional	Uso de suelo y vegetación	Superficie (km ²)
Alta	Conservada	8,204.2
	Deforestada	516.8
	Por actividad productiva	42.1
	Revegetada	383.5
	Sin cambio	1,555.5
Media	Conservada	7,084.7
	Deforestada	1,170.7
	Por actividad productiva	27.2
	Revegetada	70.1
	Sin cambio	294.2
Baja	Conservada	4,820.2
	Deforestada	1,314.7
	Por actividad productiva	302.5
	Revegetada	94.4
	Sin cambio	770.7

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Cambio de uso de suelo según el análisis de los años 1997 a 2021



Fuente: Elaboración propia a partir de Palacio et al. (2004)

Climas y cambio climático

Climas

El comportamiento de este subsistema permite identificar, dentro del complejo de cuencas “Sonora y otras”, siete climas diferentes, que van desde los semiáridos templados, semiáridos y áridos semicálidos, hasta los áridos cálidos, muy áridos semicálidos y muy áridos cálidos (García, 1998). En la zona alta, se concentran los semiáridos templados y semiáridos semicálidos; en la zona media, los climas áridos semicálido y muy árido semicálido, y en la zona baja, el clima muy árido cálido (tabla 34).

Tabla 34. Clima por zona funcional

Zona funcional	Clave	Nombre	Temperatura	Precipitación	Superficie (km ²)
Alta	BS1h(x')	Semiárido, semicálido	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	6,666.4
	BS1k(x')	Semiárido, templado	TMA entre 12°C y 18°C, TMF entre -3°C y 18°C, TMC menor de 22°C.	LIV y PLII mayor al 18% del total anual.	4,734.7
	BSo(h')(x')	Árido, cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIA, y PLII mayor al 18% del total anual.	1,069.5
	BSoh(x')	Árido, semicálido	TMA entre 18°C y 22°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	3,853.4
	BWh(x')	Muy árido, semicálido	TMA entre 18° y 22°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	3,938.9

Media	BS1h(x')	Semiárido, semicálido	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	6,666.4
	BSo(h')(x')	Árido, cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIA, y PLII mayor al 18% del total anual.	1,069.5
	BSoh(x')	Árido, semicálido	TMA entre 18°C y 22°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	3,853.4
	BW(h')(x')	Muy árido, cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	6,391.8
	BWh(x')	Muy árido, semicálido	TMA entre 18° y 22°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	3,938.9
Baja	BSo(h')(x')	Árido, cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIA, y PLII mayor al 18% del total anual.	1,069.5
	BSoh(x')	Árido, semicálido	TMA entre 18°C y 22°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	3,853.4
	BW(h')(x')	Muy árido, cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	6,391.8
	BW(h')w	Muy árido, cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	2.3
	BWh(x')	Muy árido, semicálido	TMA entre 18° y 22°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIA y PLII mayor al 18% del total anual.	3,938.9

TMA: Temperatura Media Anual, **TMF:** Temperatura Del Mes Más Frío, **TMC:** Temperatura Del Mes Más Caliente,

PMS: Precipitación Del Mes Más Seco, **LIV:** Lluvias De Verano, **PLII:** Porcentaje De Lluvia Invernal

Fuente: Elaboración propia

A partir de las interpolaciones realizadas con los datos de las estaciones climatológicas (SMN, 2023), el complejo tiene una precipitación media anual (PMA) que va de los 170.3 mm a los 575.4 mm; una temperatura media anual (TMA) de 16.4 a 24.8 °C; una temperatura máxima (TMAX) de 44 a 52 °C, y una temperatura mínima (TMIN) de -14 a 0 °C. En la zona alta, se concentran los valores más altos de PMA y los valores más bajos de TMA, TMAX y TMIN. En la zona media, resaltan los valores medios de PMA, y los valores medios y algunos altos de TMA, TMAX y TMIN. En la zona baja, predominan los valores bajos de PMA, y altos de TMA, y altos y bajos de TMAX y de TMIN (tabla 35, figura 16).

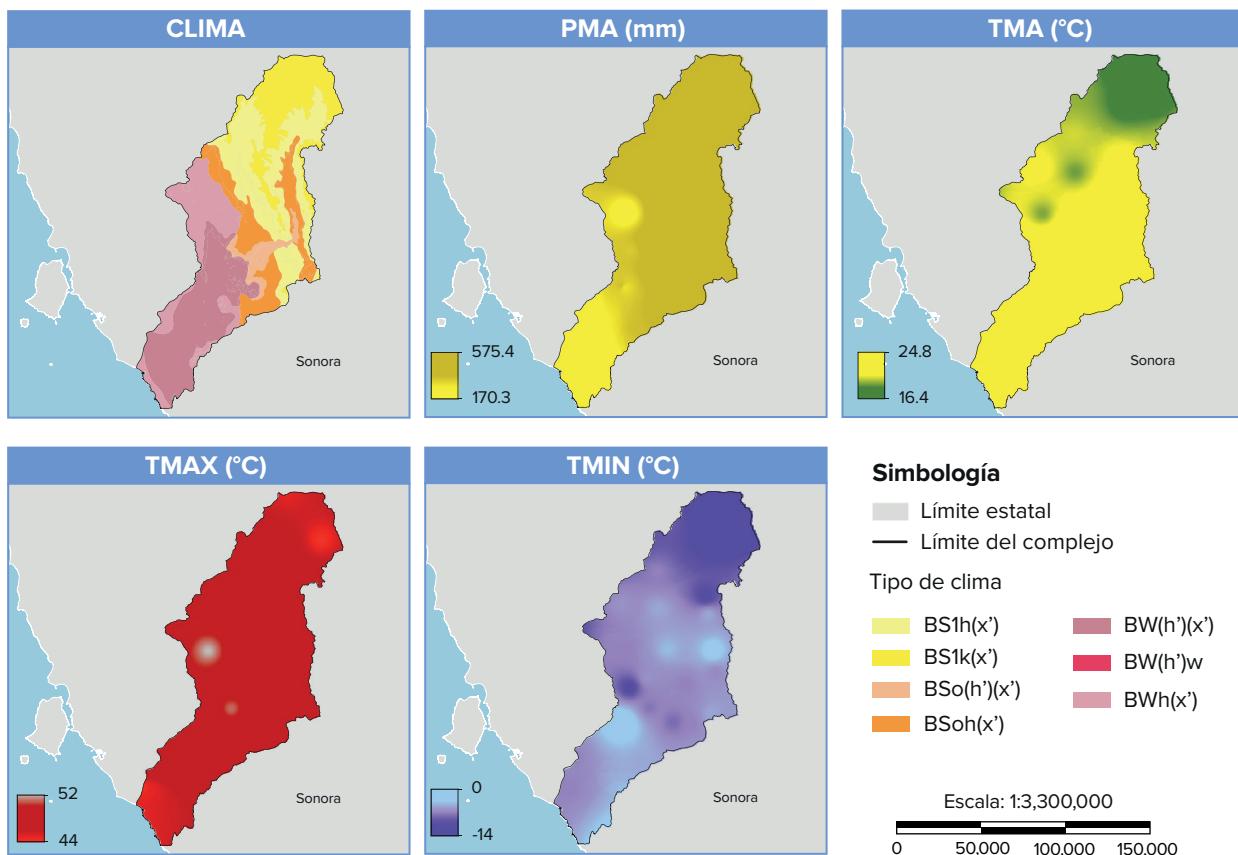
Tabla 35. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN por zona funcional

Zona funcional	Tipo de clima	PMA mm	TMA °C	TMAX °C	TMIN °C
Alta	BS1h(x')				
	BS1k(x')				
	BSo(h')(x')	241.4 a 574.4	16.4 a 23.7	-14 a -2.4	44 a 50.4
	BSoh(x')				
	BWh(x')				
Media	BS1h(x')				
	BSo(h')(x')				
	BSoh(x')	170.3 a 575.4	19 a 24.6	-10.9 a -0.8	45.2 a 52
	BW(h')(x')				
	BWh(x')				
Baja	BSo(h')(x')				
	BSoh(x')				
	BW(h')(x')	172.4 a 463.5	20.8 a 24.8	-10.9 a 0	44 a 51
	BW(h')w				
	BWh(x')				

BS1h(x'): Semiárido, semicálido, **BS1k(x')**: Semiárido, semicálido, **BSo(h')(x')**: Árido, cálido, **BSoh(x')**: Árido, semicálido, **BWh(x')**: Muy árido, semicálido, **BW(h')(x')**: Muy árido, cálido, **BW(h')w**: Muy árido, cálido

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN del complejo de cuencas “Sonora y otras”, con base en la interpolación de información climática de estaciones meteorológicas



Fuente: Elaboración propia a partir de García (1998) y SMN (2023)

Escenarios de cambio climático

La tendencia de cambio climático futuro en el complejo de cuencas “Sonora y otras” se describe con base en el ECCBio (CONABIO-IB-UNAM-CONANP-PNUD-INECC, 2023), considerando las variables de precipitación media anual (PMA), temperatura media anual (TMA), temperatura máxima (TMAX) y temperatura mínima (TMIN) para el corto (2015-2039), el mediano (2045-2069) y el largo (2075-2099) plazo, bajo dos trayectorias de concentraciones representativas (RCP) de gases de efecto invernadero, que son el nivel moderado (4.5) y el muy alto (8.5) (*business as usual*) (tabla 36).

Tabla 36. Cambios absolutos en variables climáticas PMA, TMA, TMAX y TMIN, según escenarios climáticos bajo RCP 4.5 y 8.5 para el complejo de cuencas “Sonora y otras”

Variable	Periodo	RCP 4.5	RCP 8.5
TMIN (°C)	2015 - 2039	(0.67, 1.31)	(0.92, 1.28)
	2045 - 2069	(1.69, 2.02)	(1.89, 3.13)
	2075 - 2099	(1.7, 2.67)	(3.18, 5.61)
TMA (°C)	2015 - 2039	(1.66, 2.76)	(1.74, 2.64)
	2045 - 2069	(2.52, 3.83)	(3.18, 4.75)
	2075 - 2099	(3.17, 4.64)	(4.95, 7.15)
TMAX (°C)	2015 - 2039	(0.72, 3.67)	(0.78, 3.09)
	2045 - 2069	(1.29, 4.42)	(2.11, 5.77)
	2075 - 2099	(2.43, 5.91)	(3.47, 10.51)
PMA (mm) (%)	2015 - 2039	(-42.96, 5.22) (-91, 1.1)	(-62.47, 57.25) (-14.8, 9.7)
	2045 - 2069	(-74.11, 14.61) (-15.7, 3.1)	(-79.2, -5.07) (-15.8, -2.3)
	2075 - 2099	(-66.09, -10.88) (-14, -2.3)	(-188.69, -20.48) (-37.5, -2.1)

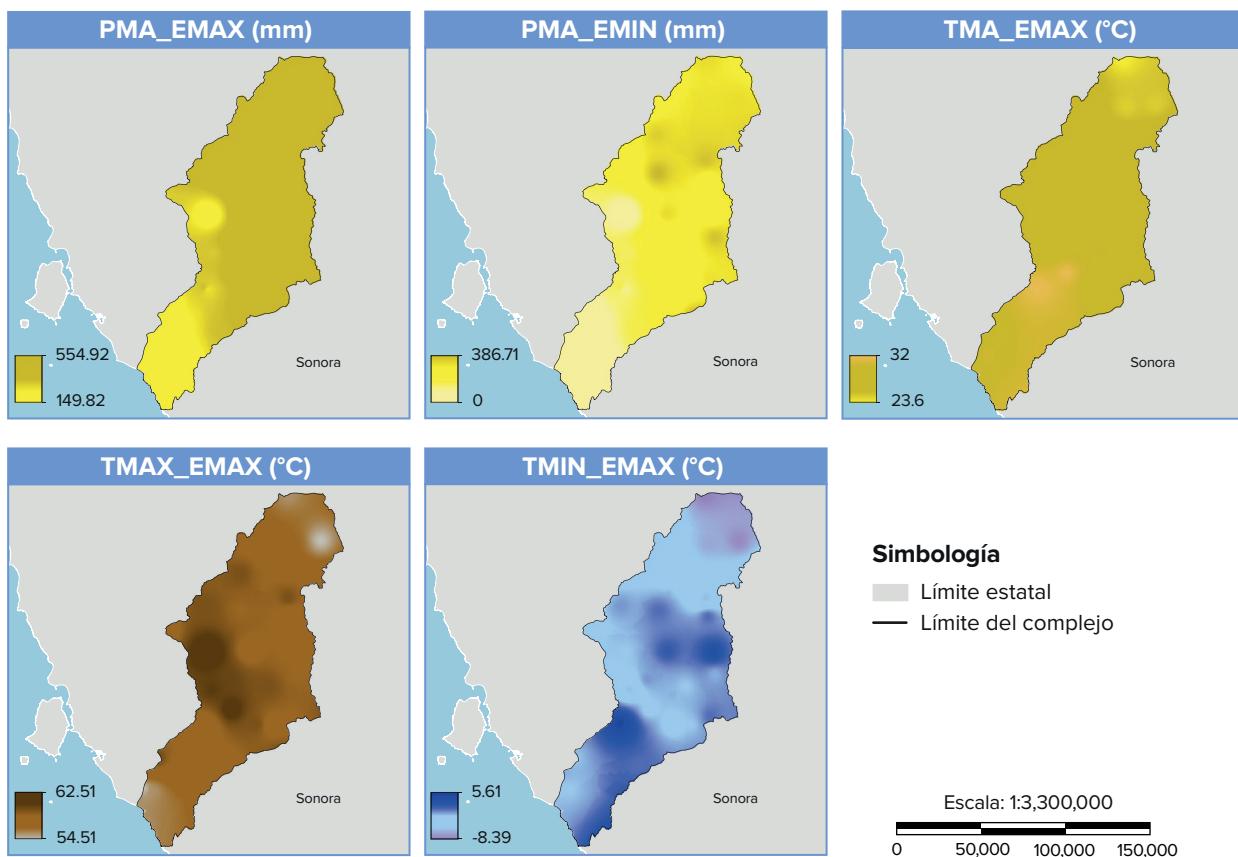
* Se marca en negritas los valores con los que se construyó la figura 15, los cuales representan los cambios más extremos

Fuente: Elaboración propia

Con base en la tabla anterior, los datos obtenidos para el comportamiento del clima, considerando la trayectoria RCP 8.5 a largo plazo, indican que la precipitación media anual puede disminuir de 37.5 % a 2.1%; la temperatura media anual puede aumentar de 4.95 a 7.15 °C; la temperatura máxima anual puede aumentar de 3.47 a 10.51 °C, y la temperatura mínima anual puede aumentar de 3.18 a 5.61 °C.

Al considerar los cambios más extremos en las variables de precipitación media anual (PMA), temperatura media anual (TMA), temperatura máxima (TMAX) y temperatura mínima (TMIN) según la trayectoria RCP 8.5, y modificar con estos las interpolaciones de las variables climáticas actuales, obtenemos que los valores de PMA en su escenario máximo irían de 554.92 mm a 149.82 mm; en su escenario mínimo, de 386.71 mm a -18.39 (0) mm; la TMA, de 32 a 23.6 °C; la TMAX, de 62.51 a 54.51 °C, y la TMIN, de 5.61 a -8.39 °C (tabla 37, figura 17).

Figura 17. Comportamiento esperado de temperatura y precipitación del complejo de cuencas “Sonora y otras”, según escenarios climáticos y RCP 8.5 para el largo plazo (2075-2099)



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO-IB-UNAM-CONANP-PNUD-INECC (2023)

Tabla 37. Cambios en las variables climáticas PMA, TMA, TMAX y TMIN, según escenarios climáticos bajo RCP 8.5, por zona funcional

Zona funcional	PMA_EMAX (mm)	PMA_EMIN (mm)	TMA_EMAX (°C)	TMAX_EMAX (°C)	TMIN_EMAX (°C)
Alta	221 a 553.9	52.8 a 385.7	23.6 a 30.8	54.51 a 60.9	-8.39 a 3.2
Media	149.82 a 554.92	-18.39 a 386.71 (0)	26.1 a 31.7	55.7 a 62.51	-5.3 a 4.7
Baja	151.9 a 443	-16.2 a 274.8 (0)	28 a 32	54.51 a 61.5	-5.3 a 5.61

EMAX: Escenario Máximo, **EMIN:** Escenario Mínimo

Fuente: Elaboración propia

Exposición y amenazas climáticas

Al modificarse las condiciones climáticas, los fenómenos naturales cuyo detonante sea la precipitación o la temperatura tenderán a intensificarse representando amenazas latentes para la población que pueda estar expuesta a ellos, afectando sus actividades económicas y, dependiendo de su frecuencia y magnitud, generaría situaciones de vulnerabilidad que podrían desencadenar zonas de riesgo y, finalmente, zonas de desastre.

Una de las amenazas que se pueden presentar en el complejo de cuencas “Sonora y otras” son las sequías, ya que se relacionan con períodos prolongados de tiempo sin presencia de lluvia, lo cual puede generar problemáticas en torno al abastecimiento de agua y cultivos. En el complejo, se presentan dos grados de exposición ante dicha amenaza (alto y medio), y predomina el medio, lo que sugiere que el complejo tiene media probabilidad de presentar sequías. La población más expuesta a esta amenaza sería de 870,847 habitantes, que corresponde a la categoría alta. En las zonas alta y media, predominan los valores medios, y en la zona baja, los valores altos.

También pueden presentarse incendios forestales, que se relacionan con la expansión sin control ni planificación del fuego que consume los combustibles disponibles en los ecosistemas. Este fenómeno puede incrementarse con los gases de efecto invernadero en la atmósfera, dañar el suelo y degradar ecosistemas. Según CONAFOR (2020), en el complejo se presentan cuatro grados de exposición ante incendios (alto-medio, medio, bajo y muy bajo); predominan los valores bajos, lo cual indica que el complejo tiene baja probabilidad de presentar este tipo de procesos. La población más expuesta a esta amenaza sería de 28,526 habitantes, que corresponde al valor bajo. En las zonas alta, media y baja, predominan los valores bajos.

Otra amenaza es la presencia de huracanes, que se relacionan con un sistema tormentoso caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión que produce fuertes vientos y abundantes lluvias, que pueden causar problemas en la población, como inundaciones, pérdidas de cultivos y afectación a viviendas y caminos. Según CENAPRED (2012), el complejo reporta dos grados de exposición ante huracanes (bajos y muy bajos), y predominan los valores muy bajos, lo que indica que el complejo, al ser considerado cuenca costera y estar protegido por la península de Baja California, tiene muy baja probabilidad de presentar estos procesos. La población más expuesta a esta amenaza sería de 876,352 habitantes, que corresponde a la categoría alta. En las zonas alta y media, predominan los valores muy bajos, y en la zona baja, los valores bajos.

En cuanto al aumento del nivel del mar, que tiene que ver con el aumento del nivel causado por el derretimiento de los glaciares y polos, que al no contener el agua en estado sólido, la drenan en estado líquido a través de los ríos, y llega finalmente al mar, genera que, al tener mayor agua disuelta, el mar aumente su tamaño. Dicho fenómeno hace que el agua salada avance dentro de los continentes, modificando las condiciones del suelo, los ecosistemas y las zonas de cultivo o habitacionales que se encuentren a su paso, y disminuyendo drásticamente su productividad. La probabilidad de que ocurra esta amenaza indica que el complejo observaría sus efectos en los primeros 5 metros desde la línea de costa, y cubriría un área de 24.43 km². La población expuesta a esta amenaza corresponde a 20 habitantes.

Respecto a las inundaciones, fenómenos naturales causados por el aumento y desbordamiento de los niveles normales de agua en los cuerpos o corrientes de agua, que permanecen por tiempo prolongado, pueden ser de origen fluvial o pluvial. Las de tipo súbito son las que llegan a causar mayores afectaciones, que pueden ser daño a las viviendas y a la infraestructura, anegamiento de los cultivos y problemas de salubridad. En el complejo, se reportan cuatro grados de exposición a inundaciones (alto, medio, bajo y nulo); predominan los valores medios, lo que sugiere que por ser cuenca de cabecera y costera, hay media probabilidad de este tipo de procesos en caso de presentarse una lluvia atípica. La población más expuesta a esta amenaza equivale a 906,082 habitantes, que corresponde a la categoría alta. En las zonas alta y media, predominan los valores medios, y en la zona baja, los valores altos.

Finalmente, con respecto a los procesos de remoción en masa (PRM), que son procesos geomorfológicos por los que se da el desplazamiento de suelo, roca o escombros cuesta abajo por la fuerza de la gravedad, pueden ser súbitos o lentos. En específico, los súbitos pueden generar mayor daño al destruir infraestructura

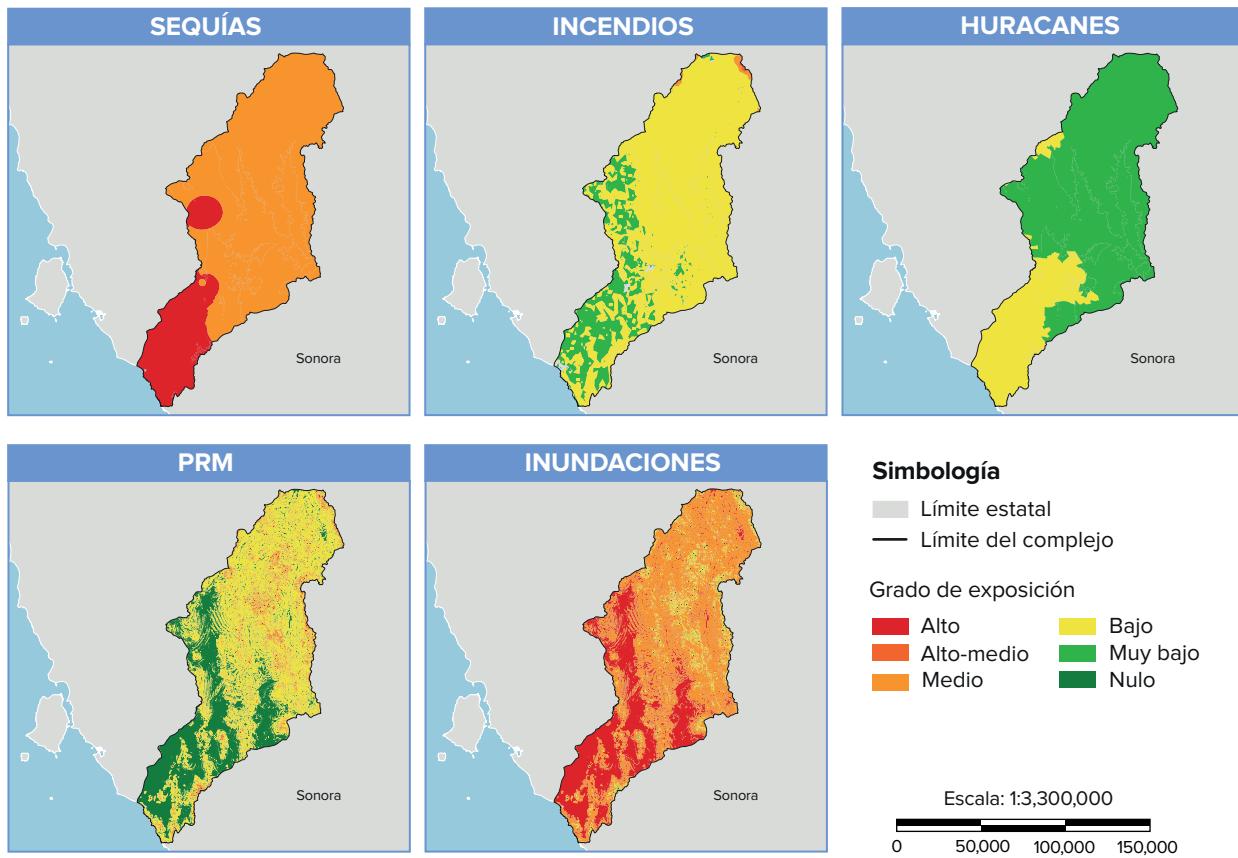
y viviendas, y al causar pérdidas humanas. En el complejo, se reportan cuatro grados de exposición ante PRM (alto, medio, bajo y nulo). Existe un mayor predominio de los valores bajos, lo que indica que, si bien el complejo es considerado una cuenca de cabecera el desarrollo de estos procesos, se concentraría en las zonas escarpadas, y se reportaría, en general, una baja probabilidad ante amenazas de este tipo. La población más expuesta a esta amenaza sería de 59 habitantes, que corresponde a la categoría media. En las zonas alta y media, predominan los valores bajos, y en la zona baja, los valores nulos (tabla 38, figura 18).

Tabla 38. Grado de exposición ante amenazas y exposición ante cambio climático por zona funcional

Variable	Zona funcional	Grado de exposición ante amenaza	Superficie (km ²)	Población expuesta
Sequías	Alta	Alto	9.9	-
		Medio	10,692.0	42,961
	Media	Alto	898.4	4,810
	Medio	7,748.3	14,576	
	Baja	Alto	4,600.01	866,037
	Medio	2,702.4	28,916	
Incendios	Alta	Alto-Medio	25.0	-
		Medio	163.3	-
		Bajo	10,446.4	3,165
		Muy Bajo	67.4	39,796
	Media	Bajo	7,256.3	15,936
		Muy Bajo	1,390.6	3,450
	Baja	Bajo	3,728.1	9,425
		Muy Bajo	3,574.3	885,065
Huracanes	Alta	Bajo	232.9	14
		Muy Bajo	10,469.2	42,947
	Media	Bajo	634.2	29
	Muy Bajo	8,012.7	19,357	
	Baja	Bajo	5,895.8	876,309
	Muy Bajo	1,406.6	18,644	
Inundaciones	Alta	Alto	1,074.6	1,220
		Medio	8,168.8	41,741
		Bajo	1,414.5	-
		Nulo	44.2	-
	Media	Alto	3,567.4	14,038
		Medio	4,854.0	5,346
		Bajo	216.9	2
		Nulo	8.6	-
	Baja	Alto	5,060.5	890,824
		Medio	2142.3	4,040
		Bajo	97.6	57
		Nulo	1.9	-
Procesos de Remoción en Masa	Alta	Alto	44.2	-
		Medio	1,414.5	-
		Bajo	8,168.8	41,741
		Nulo	1,074.6	1,220
	Media	Alto	8.6	-
		Medio	216.9	2
		Bajo	4,854.0	5,346
		Nulo	3,567.4	14,038
	Baja	Alto	1.9	-
		Medio	97.6	57
		Bajo	2,142.3	4,040
		Nulo	5,060.5	890,824

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Grado de exposición ante amenazas por cambio climático del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de CENAPRED (2012), Reyes y Campos (2014) y CONAFOR (2020)

Factores de sensibilidad al cambio climático

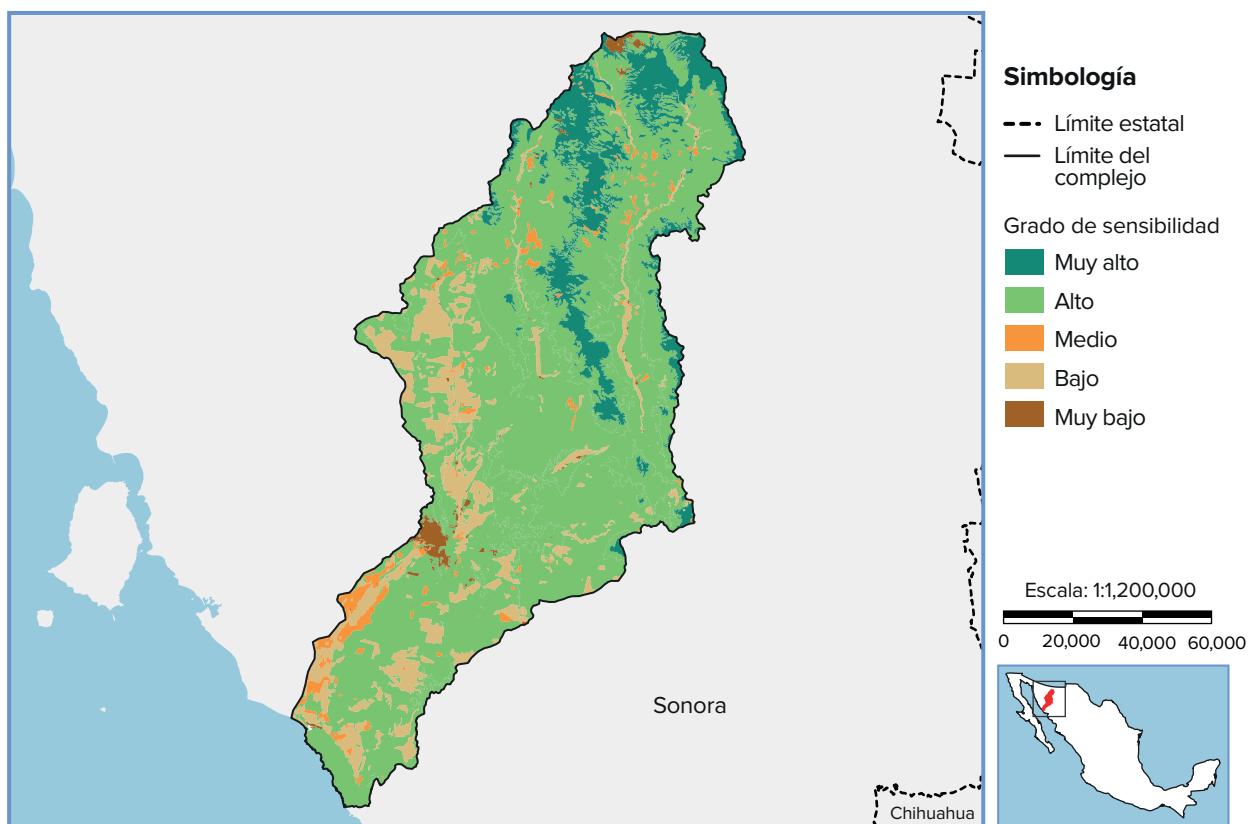
El análisis de sensibilidad permitió clasificar a los diferentes ecosistemas y usos del suelo del complejo de cuencas “Sonora y otras”, considerando su susceptibilidad a ser modificados ante el cambio climático que afectaría sus procesos y su permanencia en el futuro. Se identificaron cinco grados de sensibilidad (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo). En el complejo, predomina el grado de sensibilidad alto, lo cual sugiere que, dadas las condiciones de los subsistemas naturales y, en específico, la dinámica histórica de la vegetación y el uso del suelo, el complejo podría ser afectado drásticamente por el cambio de uso y la variabilidad climática. Las zonas que corresponden al grado muy alto agrupan los bosques, las selvas y los manglares. El grado alto corresponde a las zonas de matorral, mezquital, vegetación de dunas costeras, vegetación halófila, vegetación de galería, pastizal natural y cuerpos de agua. El grado de sensibilidad media considera los pastizales inducidos y los bosques inducidos. El grado de sensibilidad baja contempla la agricultura (riego y temporal), los pastizales cultivados y la acuicultura. Finalmente, el grado de sensibilidad muy baja corresponde a las áreas sin vegetación aparente y a los asentamientos humanos. En tal sentido, en las zonas alta, media y baja, predominan los valores altos (tabla 39, figura 19).

Tabla 39. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático por zona funcional

Zona funcional	Grado de sensibilidad	Superficie (km ²)
Alta	Muy alto	2,900.6
	Alto	7,327.4
	Medio	246.9
	Bajo	148.2
	Muy bajo	79.0
Media	Muy alto	4.8
	Alto	7,150.2
	Medio	90.4
	Bajo	1,389.7
	Muy bajo	11.7
Baja	Muy Alto	0.4
	Alto	4,968.4
	Medio	425.3
	Bajo	1,708.7
	Muy bajo	199.7

Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático en el complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología descrita en el portafolio

Balance hídrico y zonas potenciales

Balance hídrico actual

El balance hídrico permitió analizar el estado de la zona de estudio de acuerdo con la disponibilidad de agua anual, además de contemplar el grado de presión ejercido por la población en caso de presentar superávit. El balance hídrico anual para el complejo de cuencas “Sonora y otras” es un balance positivo, ya que al desarrollar la fórmula de balance y despejar el escurrimiento a la salida de la cuenca, se reporta un superávit de 912.1 hm³ (tabla 40).

Tabla 40. Entradas y salidas de agua (hm^3) para el cálculo del balance hídrico anual

Entradas	Volumen ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Salidas	Volumen ($\text{hm}^3/\text{año}$)
Escurrimiento natural por cuenca propia (Cp)	1,040.7	Usos del agua en la cuenca (U)	473.2
Retornos de agua (Re)	354.9	Evaporación en cuerpos de agua (Ev)	107.4
Escurrimiento que llega de cuenca arriba (Ar)	182.3	Exportaciones hacia cuencas vecinas (Ex)	85.2
Importaciones de agua de cuencas vecinas (Im)	60.5		
Total	1,577.8	Total	665.8
		Escurrimiento a la salida de la cuenca (Ab)*	912.1
		Balance hídrico positivo (superávit) 912.1 $\text{hm}^3/\text{año}$	

* se despeja al final de la ecuación dando como resultado el valor del balance

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad y presión

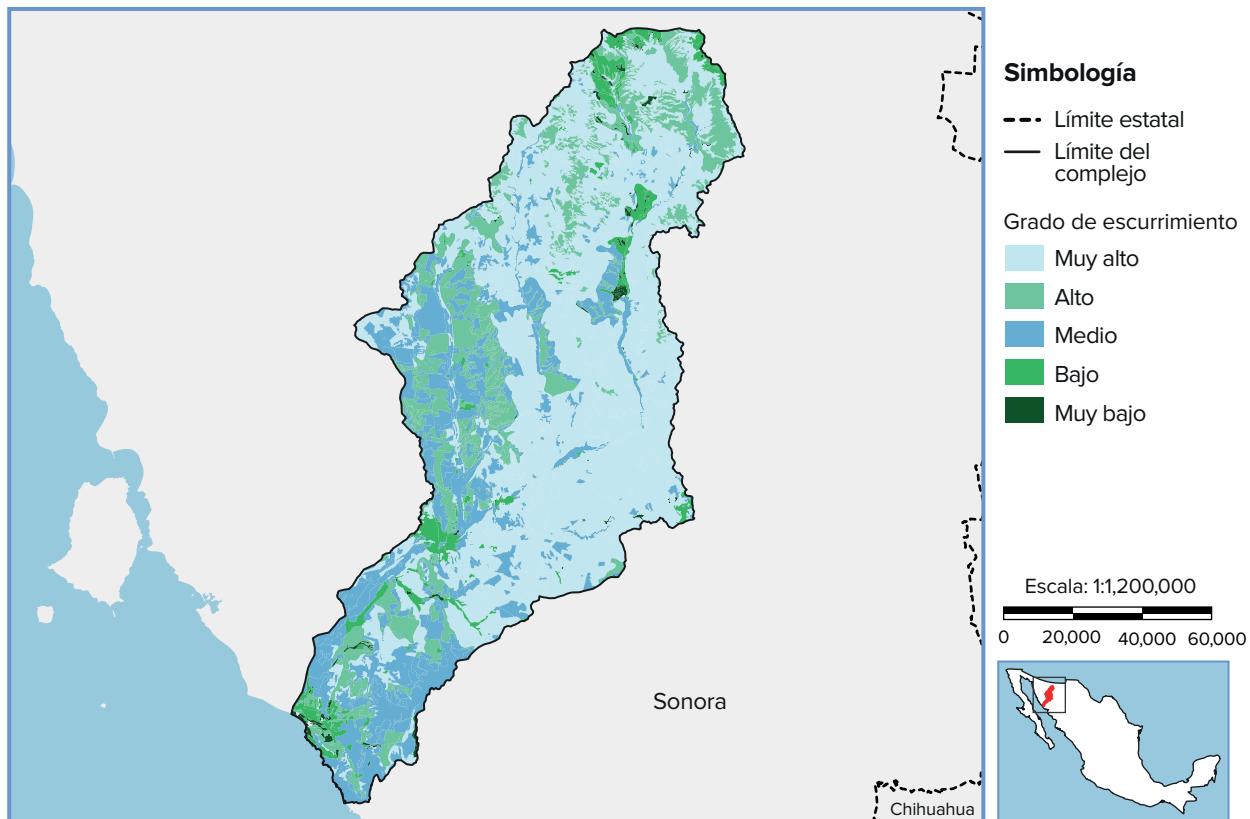
Con respecto al resultado del balance (912.1 hm^3 anuales), el complejo presenta superávit, lo que indica que existe agua disponible para desarrollar una mayor cantidad de actividades o potencializar un sector. Como el resultado del balance es positivo, es posible calcular el grado de presión considerando el consumo per cápita de agua anual del estado de Sonora, el cual es de 470 litros de agua al día. Siendo el total de la población 957,300 habitantes, el consumo anual sería de 164.2 hm^3 , lo cual representa un 18 % del agua disponible, y se clasifica con un grado de presión media.

Entradas

Escurrimiento natural por cuenca propia (Cp)

El escurrimiento natural por cuenca propia contempló un coeficiente de escurrimiento (Ce) del 9 %, considerando una precipitación media anual de 413 mm. El volumen llovido sobre la superficie del complejo es de $11,010.03 \text{ hm}^3$, por lo que el volumen de agua que escurre es de $1,040.7 \text{ hm}^3$ anuales (figura 20).

Figura 20. Volumen de escurrimiento anual ($\text{hm}^3/\text{año}$) del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de DOF (2015)

Retornos de agua (Re)

Los retornos de agua representan el porcentaje del volumen de agua utilizado que llega a formar parte de la red hidrográfica posterior al uso que se le da en diversas actividades en el complejo. Se describen a continuación (tabla 41).

Tabla 41. Retornos de agua (hm³/año)

Sector	Uso del agua	% de retorno	Retorno del agua
Agrícola	302.3	20	226.7
Agroindustrial	0.1	20	0.04
Diferentes usos	55.9	75	41.9
Doméstico	0.1	75	0.1
Industrial	27.2	55	20.4
Pecuario	4.4	15	3.3
Público urbano	82.6	75	62
Servicios	0.6	75	0.5
Total	473.2		354.9

Fuente: Elaboración propia

Escurrimiento que llega de cuenca arriba (Ar)

El agua que llega de cuenca arriba se relaciona con la cantidad de agua que escurre naturalmente en otras cuencas y entra por escurrimiento en la parte alta de la cuenca. En el complejo, esta agua representa 182.3 hm³ anuales.

Importaciones de agua de cuencas vecinas (Im)

Las importaciones se refieren al volumen de agua obtenido de otras cuencas hidrográficas, el cual es utilizado para desarrollar alguna actividad que llega por medio de acueductos, ductos o pipas. En el complejo, es de 60.5 hm³ anuales.

Salidas

Usos del agua en la cuenca (U)

Los usos del agua se refieren a la cantidad de agua subterránea que sale del sistema hídrico para el aprovechamiento de los sectores económicos (tabla 42).

Tabla 42. Volumen de agua utilizado por sector (hm³/año)

Entradas	Volumen (hm ³ /año)	Salidas	Volumen (hm ³ /año)
Escurrimiento natural por cuenca propia (Cp)	420.4	Usos del agua en la cuenca (U)	473.2
Retornos de agua (Re)	354.9	Evaporación en cuerpos de agua (Ev)	121.8
Escurrimiento que llega de cuenca arriba (Ar)	182.3	Exportaciones hacia cuencas vecinas (Ex)	85.2
Importaciones de agua de cuencas vecinas (Im)	60.5		
Total	957.5	Total	680.1
		Escurrimiento a la salida de la cuenca (Ab)*	277.4
		Balance hídrico positivo (superávit) 277.4 hm³/año	

* se despeja al final de la ecuación dando como resultado el valor del balance

Fuente: Elaboración propia

Evaporación en cuerpos de agua (E_v)

La evaporación en cuerpos de agua es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y retorna directamente a la atmósfera en forma de vapor. La evaporación anual en los cuerpos de agua del complejo es de 107.4 hm³.

Exportaciones hacia cuencas vecinas (E_x)

Las exportaciones se refieren al volumen de agua aportada a otras cuencas hidrográficas, el cual es utilizado para desarrollar alguna actividad. En el complejo, las exportaciones corresponden a 85.2 hm³ anuales.

Escurrimiento a la salida de la cuenca (A_b)

Se refiere al volumen total del agua que llega al exitorio de la cuenca, resultado de los procesos de escurrimiento superficial colectado por el cauce principal del complejo en cuestión. Esta variable se despejó al final de la fórmula general, lo que dio como resultado 912.1 hm³ anuales.

Balance hídrico ante el cambio climático

El balance hídrico ante el cambio climático permitió analizar los cambios en la disponibilidad anual de agua y el grado de presión ejercido por la población en caso de presentar superávit. Al considerar la dinámica de cambio de uso de suelo en el futuro, la precipitación media anual proyectada al horizonte temporal 2099 en su extremo más bajo, y el aumento en la evaporación, se tiene que el coeficiente de escurrimiento (Ce) cambió a 7%. Considerando una precipitación media anual de 225 mm, el volumen lluvioso sobre la superficie del complejo es de 5,998.2 hm³, por lo que el volumen de agua que escurre es de 420.4 hm³ anuales (tabla 43).

Tabla 43. Entradas y salidas de agua (hm³) para el cálculo del balance hídrico anual ante el cambio climático

Sector	Uso del agua
Agrícola	302.3
Agroindustrial	0.1
Diferentes usos	55.9
Doméstico	0.1
Industrial	27.2
Pecuario	4.4
Público urbano	82.6
Servicios	0.6
Total	473.2

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad y presión

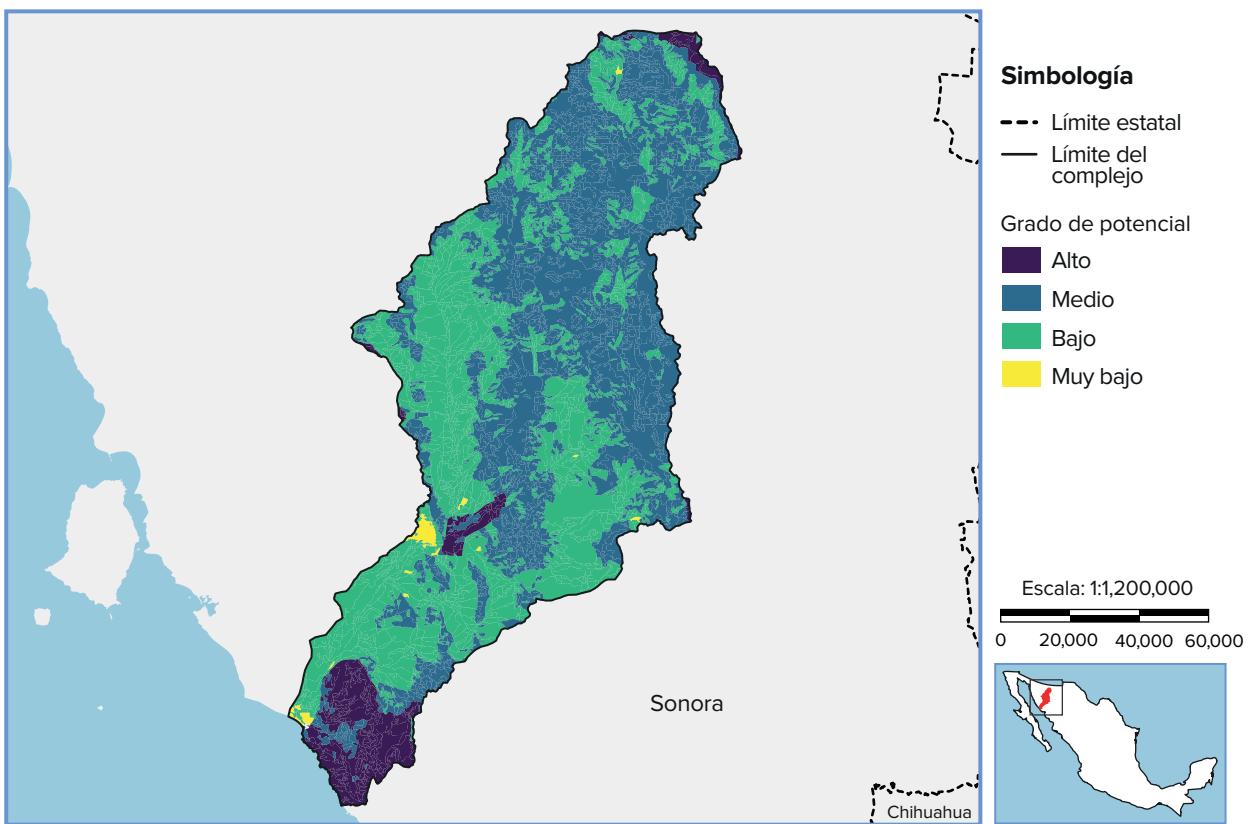
El resultado del balance sería de 277.40 hm³ anuales, lo cual indica que la cuenca seguiría teniendo superávit, aunque la cantidad de agua disponible disminuiría con respecto al balance actual, lo que indica que existe agua disponible para desarrollar una mayor cantidad de actividades o potencializar un sector. El grado de presión se clasificaría como alto (59 %).

Potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento

A partir de la evaluación multicriterio, se pudieron identificar las zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable dentro del complejo, las cuales consideraron la cartografía de la estructura, la función y el estado de la cuenca, y se representan en cuatro grados de potencial (alto, medio, bajo y muy bajo).

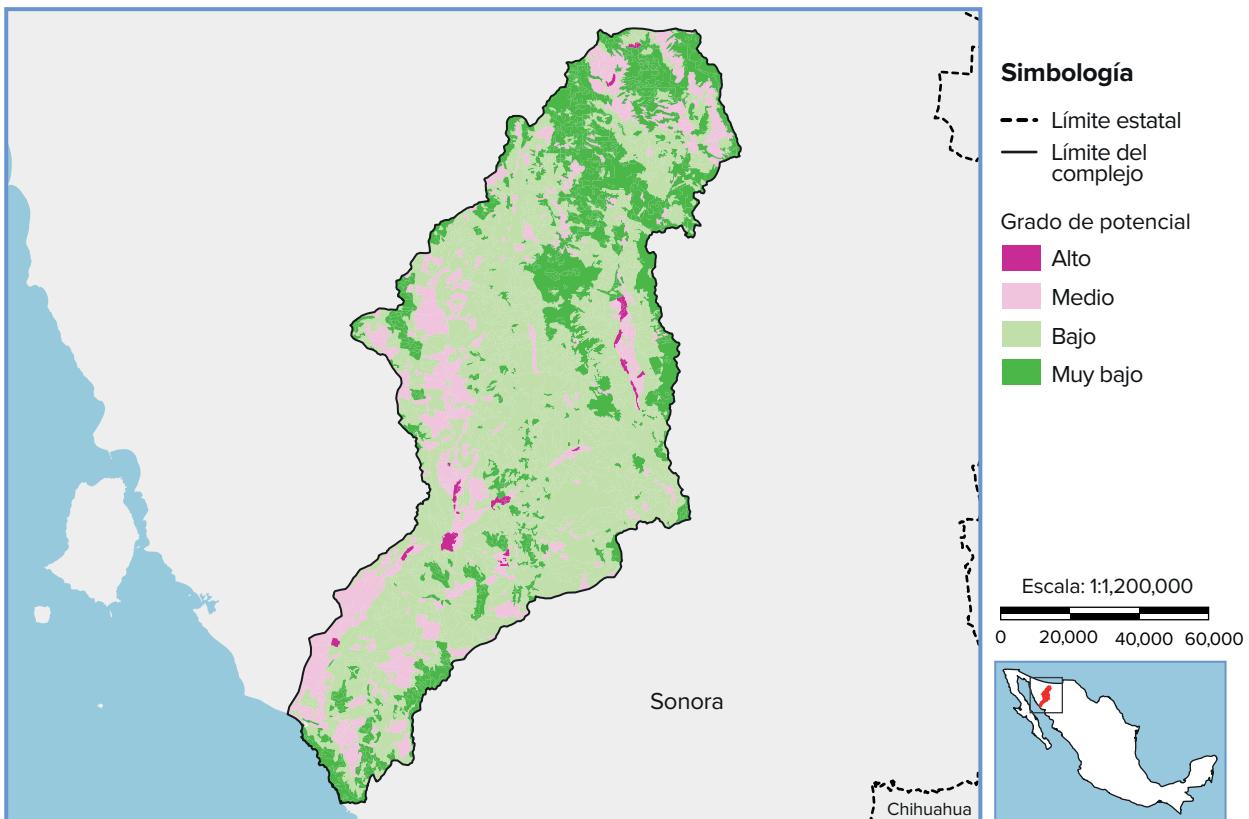
En cuanto a las zonas potenciales, para la conservación de la estructura y la función de la cuenca, las zonas de mayor potencial se concentran en el norte, centro y sur del complejo; las de grado medio, en el centro, sur y norte; las de grado bajo, en toda la cuenca, y las de grado muy bajo, en el oeste, este y centro. En la zona alta, predominan los grados medios, y en las zonas media y baja, los grados bajos. En cuanto a las zonas potenciales para la restauración, las zonas de mayor potencial se concentran en el centro y sur del complejo; las de grado medio, en el centro, este y oeste; las de grado bajo, en el centro y en el norte, y las de grado muy bajo, en el norte, sur y centro. En las zonas alta, media y baja, predominan los grados bajos. Finalmente, en cuanto a las zonas con potencial para el aprovechamiento sustentable, las zonas de mayor potencial se concentran en el centro del complejo; las de grado medio, en el oeste, norte y sur; las de grado bajo, en el sur, centro y norte, y las de grado muy bajo, en el oeste, este, norte y centro. En las zonas alta, media y baja, predominan los grados bajos (tabla 44, figura 21-23).

Figura 21. Potencial para la conservación del complejo de cuencas “Sonora y otras”



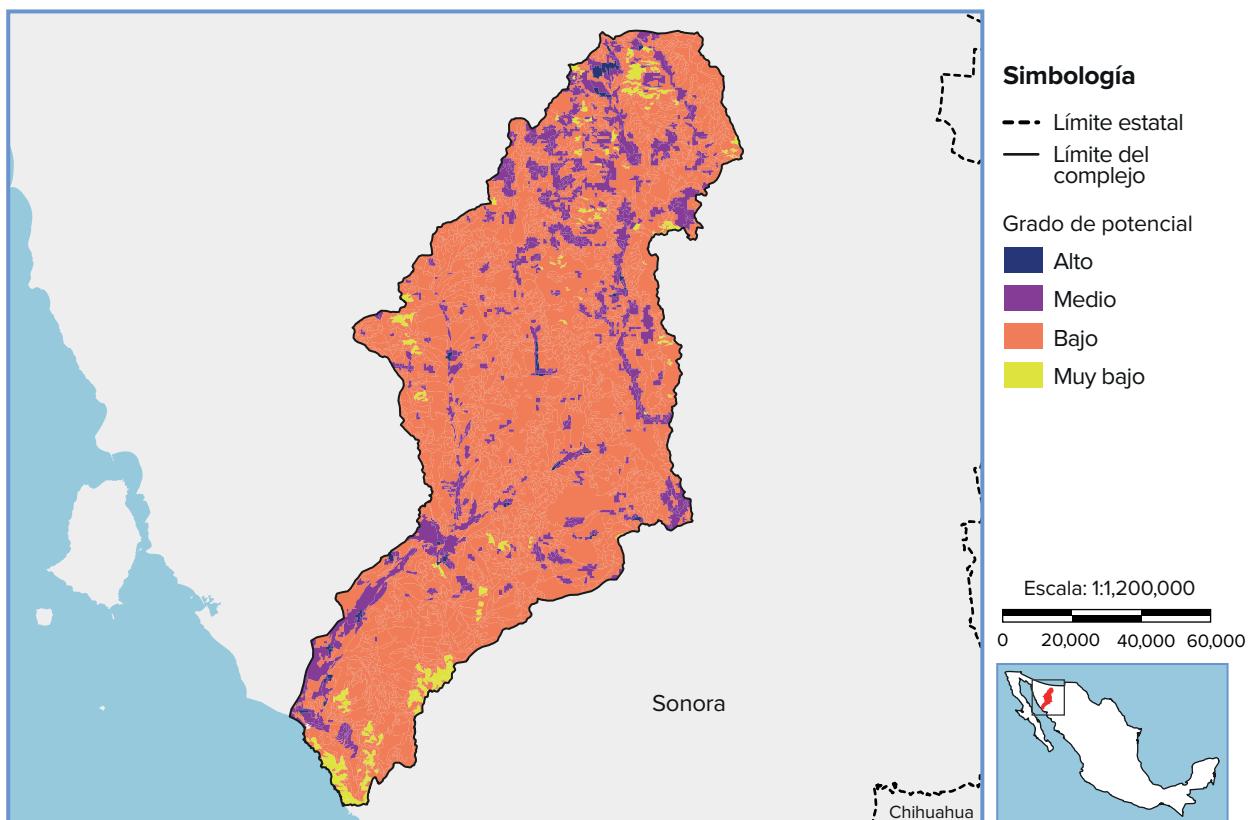
Fuente: Elaboración propia a partir de Chávez *et al.* (2014), González *et al.* (2016) y Ríos y González (2018)

Figura 22. Potencial para el aprovechamiento sustentable del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de Chávez *et al.* (2014), González *et al.* (2016) y Ríos y González (2018)

Figura 23. Potencial para la restauración del complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de Chávez et al. (2014), González et al. (2016) y Ríos y González (2018)

Tabla 44. Zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable por zona funcional

Sector	Uso del agua	Conservación		Aprovechamiento sustentable
		Restauración	Superficie (km ²)	
Alta	Alto	214.3	55.3	17.5
	Medio	7,775.1	2,113.5	1,209.5
	Bajo	2,705.1	8,234.1	4,684.6
	Muy bajo	4.8	296.3	4,787.5
Media	Alto	29.2	35.8	65.3
	Medio	3,621.1	892.2	1,369.2
	Bajo	4,984.5	7,605.4	6,491.8
	Muy bajo	4.6	106.0	713.1
Baja	Alto	1,638.7	52.7	115.5
	Medio	1,578.2	1,078.6	1,974.8
	Bajo	3,954.8	5,795.4	4,185.0
	Muy bajo	140.6	385.7	1,037.2

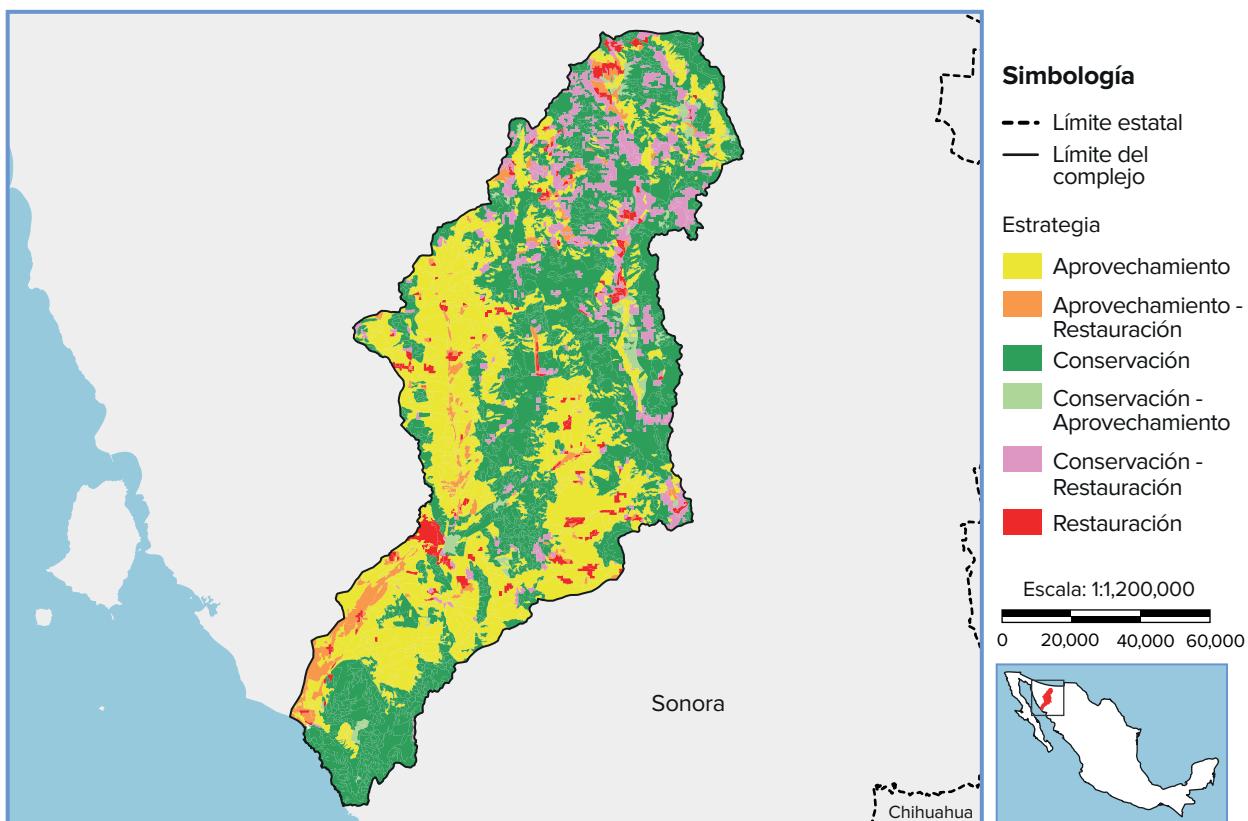
Fuente: Elaboración propia

En conclusión, considerando los valores altos, la zona alta posee mayor potencial para desarrollar actividades encaminadas a las estrategias de conservación y restauración; la zona media, para actividades encaminadas a la conservación y al aprovechamiento sustentable, y la zona baja, para el aprovechamiento sustentable y la restauración.

Zonas prioritarias para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable

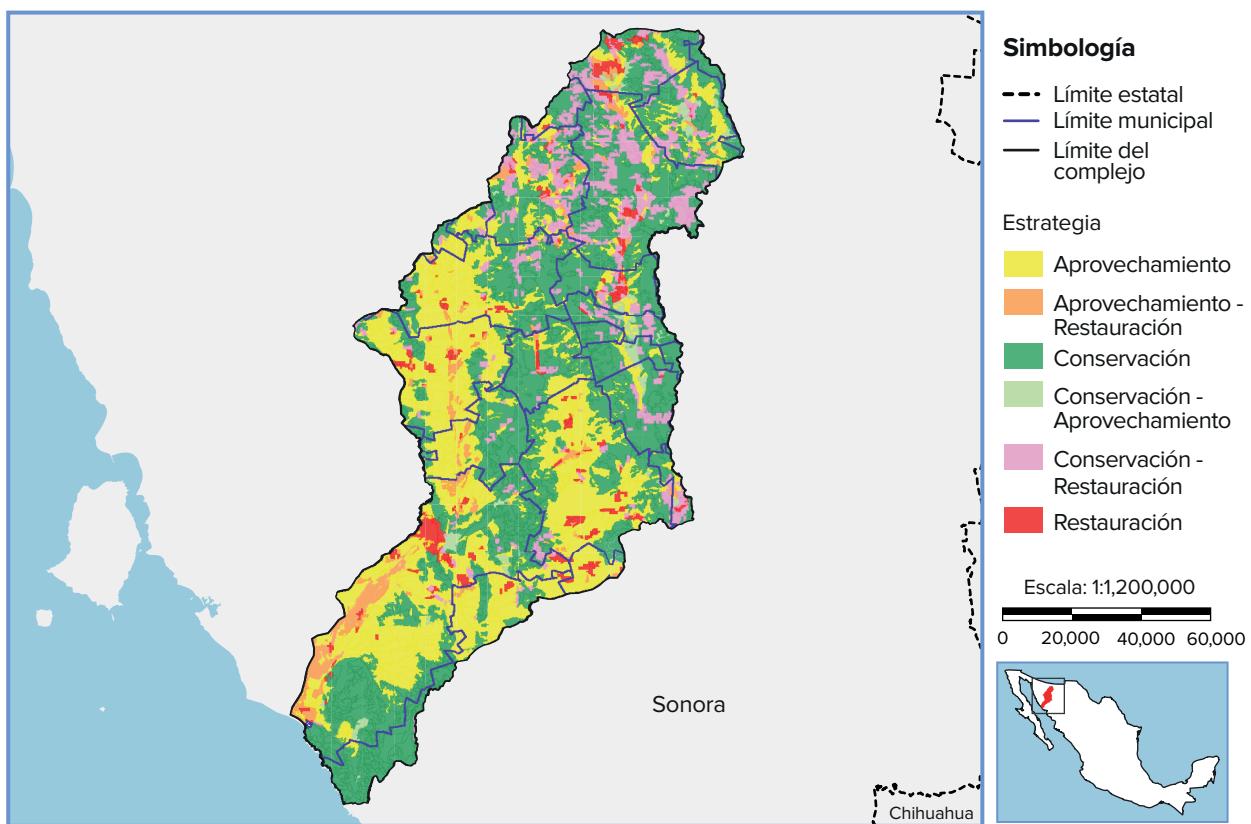
Los resultados siguientes muestran el producto derivado de la combinación geoespacial de cuatro mapas (volumen natural por cuenca propia, zonas potenciales para la conservación, para la restauración y para el aprovechamiento sustentable). De esta combinación, se obtuvo un mapa compuesto por polígonos a los que se les definió la estrategia o estrategias ambientales prioritarias por aplicarse, a fin de llevar a cabo Soluciones basadas en la Naturaleza. En el complejo, se observan 3,496 polígonos; en la zona alta, se identificaron 1,460 polígonos, en los que predomina la estrategia de conservación; en la zona media, existen 1,053 polígonos con predominio de la estrategia de aprovechamiento sustentable; y en la zona baja, hay 983 polígonos en los que destacan las estrategias de conservación y de aprovechamiento sustentable (figura 23). Finalmente, la figura 24 muestra la distribución de las zonas prioritarias para la aplicación de las estrategias ambientales dentro de los municipios que conforman la cuenca.

Figura 24. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “Sonora y otras”



Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología descrita en el portafolio

Figura 25. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “Sonora y otras” por municipio



Fuente: Elaboración a partir de la metodología descrita en el portafolio

Síntesis de situación socioambiental

El complejo de cuencas “Sonora y otras” se ubica al noroeste de la república mexicana, y aporta agua a la región hidrológica Sonora Sur. Esta cuenca se clasifica como exorreica, lo cual indica que drena sus aguas y desemboca en el mar (Hermosillo, Sonora). Sus características estructurales están determinadas por las provincias fisiográficas de las que forman parte. Estas últimas son la Llanura Sonorense, la Sierra Madre Occidental y las Sierras y Llanuras del Norte. La relación entre sus componentes estructurales (rocas, relieve, suelos, agua, clima y vegetación) está representada por las zonas funcionales. Dadas sus características, la zona funcional con mayor superficie es la alta, seguida de la media y, posteriormente, la baja, lo cual indica que en esta cuenca predominan los procesos de recarga y captación hídrica y de erosión de materiales.

En la zona alta, predominan rocas volcánicas, suelos regosoles, corrientes de primero y segundo orden, estanques artificiales, el matorral desértico micrófilo y el bosque de encino. Las actividades económicas mayormente desempeñadas son la crianza de animales, como las vacas, y el cultivo de ajo y pastos. Es la zona con la menor cantidad de población y presenta valores muy bajos de rezago social y de marginación; predomina la tenencia de la tierra ejidal. En ella se ubica el Área Natural Protegida de carácter federal. En esta región, predominan las zonas deforestadas y algunas actividades antrópicas sin cambio; predominan también los climas semiáridos, y conforme a los escenarios de cambio climático en ella, se ubican los valores medios de precipitación, y más bajos de temperatura. En cuanto al grado de exposición ante amenazas por fenómenos naturales detonados por las variaciones climáticas, en esta zona se presentarían valores medios ante sequías e inundaciones; valores bajos ante incendios forestales y procesos de remoción en masa, y valores muy bajos ante huracanes. Con respecto a la sensibilidad, en ella predominan los valores altos. El

balance hídrico reporta volúmenes muy altos y altos de escurrimiento anual, lo que sugiere que en esta zona existe disponibilidad de agua para desarrollar actividades sectoriales, lo cual coincide con el superávit mostrado en los resultados del balance hídrico actual y ante el cambio climático. En cuanto a las zonas con potencial para el desarrollo de actividades, predominan los grados medios para la conservación, y bajos para la restauración y el aprovechamiento sustentable.

En la zona media, predominan rocas sedimentarias, regosoles, corrientes de tercero, cuarto y quinto orden, estanques artificiales, el mezquital y el matorral subtropical. La actividad económica mayormente desempeñada es la crianza de animales, como las vacas, puercos y abejas. Ocupa el segundo lugar en cuanto a cantidad de población y presenta valores muy bajos de rezago social, y bajos de marginación; predomina la tenencia de la tierra ejidal. Concentra la menor superficie de ANP existentes en su territorio. En esta región, predominan las zonas deforestadas y algunas actividades antrópicas sin cambio; también predominan los climas semiáridos, y conforme a los escenarios de cambio climático, en ella se ubican los valores más altos de precipitación y medios de temperatura. En cuanto al grado de exposición ante amenazas por fenómenos naturales detonados por las variaciones climáticas, en esta zona se presentarían valores medios ante sequías e inundaciones; valores bajos ante procesos de remoción en masa e incendios forestales, y valores muy bajos ante huracanes. Con respecto a la sensibilidad, en ella predominan los valores altos. El balance hídrico reporta volúmenes muy altos, altos y medios de escurrimiento anual, lo que sugiere que en esta zona existe disponibilidad de agua para desarrollar actividades sectoriales, lo cual coincide con el superávit mostrado en los resultados del balance hídrico actual y ante el cambio climático. En cuanto a las zonas con potencial para el desarrollo de actividades, predominan los grados bajos para la conservación, y bajos para la restauración y para el aprovechamiento sustentable.

En la zona baja, también predominan las rocas sedimentarias, regosoles, corrientes de sexto y séptimo orden, estanques artificiales, la zona costera, el mezquital y el matorral sarcocaule. Las actividades económicas mayormente desempeñadas son la agricultura de sandía y garbanzo, y la crianza de animales como las vacas. Concentra la mayor cantidad de población y presenta valores muy bajos de rezago social y de marginación; predomina la tenencia de la tierra ejidal. En ella se encuentra la mayor superficie cubierta por las ANP. En esta región, predominan las zonas conservadas y algunas deforestadas; predominan también los climas muy áridos, y conforme a los escenarios de cambio climático, en ella se ubican los valores de menor precipitación, y los más altos de temperatura. Respecto del grado de exposición ante amenazas por fenómenos naturales detonados por las variaciones climáticas, en esta zona se presentarían valores altos de sequías, inundaciones y ante el aumento del nivel del mar; valores bajos ante incendios forestales y huracanes, y valores nulos ante procesos de remoción en masa. Con respecto a la sensibilidad, en ella predominan los valores altos. El balance hídrico reporta volúmenes medios, bajos y muy bajos de escurrimiento anual, lo que sugiere que en esta zona existe disponibilidad de agua para desarrollar actividades sectoriales, pero la mayor presión sobre el recurso, lo cual coincide con los resultados del balance hídrico actual y ante el cambio climático, y las mediciones de presión. Finalmente, en ella predominan los grados bajos para la conservación, para la restauración y para el aprovechamiento sustentable.



Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica

A continuación, se muestra el listado de estrategias y acciones con las que se espera reducir la vulnerabilidad hídrica de las cuencas de estudio, que contribuyen al manejo integral de cuencas y que incluyen el enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza (Tabla 45). Como propuesta para el seguimiento de las acciones se proponen indicadores de gestión e impacto (ver anexo 2).

Tabla 45. Acciones de gestión con enfoque SbN territorial para la seguridad hídrica (ver anexo)

Estrategia ambiental	Acción	Clave	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Actor	Encargado
Aprovechamiento sustentable	Rehabilitación y manejo de agostaderos	ARMA	Se refiere a acciones de rehabilitación y manejo de tierras con capacidad para producir forraje para el ganado.	Evita la degradación del suelo, apoya la revegetación, evita erosión, como la carga animal y retiene humedad en el suelo.	Media, Baja	Sector pecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua
	Implementar acciones de permacultura	APP	Se refiere a un sistema sostenible donde se integra complementariamente la vivienda y el paisaje, a la vez que se conservan los recursos naturales y el agua.	Permite el funcionamiento adecuado del horizonte orgánico del suelo, incrementando su productividad y respetando los ciclos regenerativos de nutrientes. Asimismo, apoya a la infiltración.	Baja, Media	Sector agrícola, agropecuario y pecuario	SADER, SEMARNAT, INIFAP, CONAFOR, Municipios, FIRCO
	Terrazas vegetadas	ATV	Consiste en reforzamientos de bancos o escalones en la mayoría de los casos mediante plantas de la zona.	Ayuda a la retención de suelo, al establecimiento de zonas vegetadas; retiene humedad del suelo, forma horizontes superficiales y ayuda a la infiltración.	Baja, Media	Sector agrícola	SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, FIRCO, CONAFOR
	Rotación de cultivos	ADPA	Consiste en la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos sobre un área de territorio seleccionada.	Ayuda a aportar nutrientes que son demandados por los cultivos de forma natural; ayuda a la resistencia ante plagas; retiene humedad en el suelo y en los estratos inferiores; evita la degradación y erosión del suelo.	Media, Baja	Sector pecuario	SADER, SEMARNAT, INIFAP, CONAFOR, Municipios, FIRCO
	Implementación de Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA)	AUMA	Consiste en predios de propietarios donde se destinan al aprovechamiento sustentable de especies silvestres de forma voluntaria.	Ayuda a mantener las especies vegetales y animales nativas de la región, las cuales cumplen una labor clave para la permanencia de los ecosistemas.	Alta, Media	Sector agrícola, pecuario y urbano	SEMARNAT, CONANP, Municipios, CONAFOR, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Universidades Estatales
	Abonos verdes	AAV	Consiste en la práctica de sembrar una determinada planta en el terreno, para incorporarla o esparcirla en el suelo durante la época de desarrollo vegetativo.	Incorpora los nutrientes necesarios para el adecuado funcionamiento de los horizontes orgánicos del suelo; mantiene el equilibrio en humedad del suelo.	Baja, Media	Sector agropecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP
	Construcción de bordo abrevadero y parcelario	ABAP	Consiste en un depósito de agua donde el ganado se hidrata o es utilizado para el uso agrícola, en el cual se logra el confinamiento de un volumen de agua, este puede ser construido en una depresión natural del terreno o artificial.	Permite el establecimiento de una zona de captación de agua de lluvia, la cual puede ser aprovechada para riego, como sitio de hidratación para el ganado o como reserva de agua para el uso humano. Ayuda a la regulación de microclimas, al monitoreo de la cantidad y calidad de agua de la cuenca.	Media, Baja	Sector agrícola, agropecuario y pecuario	SADER, CONAGUA, SEMARNAT, Comisión Estatal de Agua, CONAFOR
	Captación de agua de lluvia	ACAL	Consiste en un sistema de diseño donde se intercepta el agua de lluvia, para posteriormente recolectarse y almacenarse para el uso potable, lo que permite dar acceso a zonas vulnerables.	Permite el almacenamiento de agua de lluvia que puede ser aprovechada para el abastecimiento de agua en las temporadas de sequía, ayudando al crecimiento de la vegetación natural o cultivos, protegiendo el suelo y conservando la humedad en él.	Baja, Media	Sector agrícola, agropecuario, pecuario y urbano	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, Secretaría de Salud, Universidades Estatales
	Separación y manejo de aguas residuales	SMAR	Consiste en la separación de carga orgánica de las aguas residuales; busca eliminar la mayor cantidad de residuos y contaminantes.	Permite el uso de aguas grises para el riego, ayudando a conservar la humedad en el suelo, a mantener la vegetación, a disminuir la sensación térmica. Además, permite el aprovechamiento de nutrientes por la vegetación y la generación de alimento para el ganado; evita así la contaminación de las aguas superficiales y la disminución de la presión sobre el uso del agua.	Baja, Media	Sector urbano y pecuario	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, Secretaría de Salud

Estrategia ambiental	Acción	Clave	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Actor	Encargado
Conservación	Plantación dendroenergéticas	APDE	Consiste en un modelo de cultivo que busca la acumulación de biomasa en un mínimo tiempo.	Ayuda a la generación de biomasa que antes de la corta puede captar gases de efecto invernadero, ya que su crecimiento es rápido; protege el suelo y mantiene la humedad.	Alta, Media	Sector forestal	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable
	Plantación dendroenergéticas	APDE	Consiste en un modelo de cultivo que busca la acumulación de biomasa en un mínimo tiempo.	Ayuda a la generación de biomasa que antes de la corta puede captar gases de efecto invernadero, ya que su crecimiento es rápido; protege el suelo y mantiene la humedad.	Alta, Media	Sector forestal	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable
	Establecer y manejar áreas naturales protegidas	CAPC	Consiste en generar áreas con fines de preservación, de protección del suelo, cuencas, agua y de los recursos naturales.	Ayuda a la permanencia de los ecosistemas de los ciclos biogeoquímicos, a la conservación de germoplasma, la retención de suelo, desarrollo del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos, permanencia de manantiales, mejora de la calidad del aire, el desarrollo cultural, económico de la población; contribuye al desarrollo de la ciencia y a la educación; a la conservación de la belleza escénica y valores estéticos.	Alta, Media, Baja	Sector forestal, conservación, agrícola, pecuario y urbano.	MUNICIPIOS, SEMARNAT, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Universidades Estatales
	Elaboración de barreras vivas	CVSA	Consiste en una práctica de control de erosión eólica en áreas agrícolas, de pastizales o zonas desprovistas de vegetación a través de la alineación de una o más hileras de árboles o arbustos para generar una barrera alta y robusta que permita generar un obstáculo para el viento y el polvo.	Ayuda a la retención de suelos, a la disminución del viento, a la regulación del clima, y a evitar la erosión eólica. Proporciona alimento al ganado y zonas de descanso.	Baja, Media	Sector agrícola, agropecuario y pecuario	Universidades Estatales, CONAFOR, SEMARNAT, INIFAP, FIRCO, SADER
	Gestión por pago de servicios ambientales	CPSA	Consiste en un incentivo económico para propietarios de terrenos que buscan compensar el costo de conservación y las buenas prácticas ambientales en el territorio.	Ayuda a la permanencia de los ecosistemas y a la biodiversidad; al desarrollo óptimo del ciclo hidrológico; a la adaptación y mitigación al cambio climático.	Alta, Media, Baja	Sector forestal, conservación y urbano	SADER, SEMARNAT, CONAFOR, Municipios, INIFAP, FIRCO
	Proyectos de turismo sostenible	CPEC	Consiste en actividades de recreación y turismo que de manera integral y sostenible permitan difundir la importancia de la conservación y preservación del territorio a través de la educación ambiental.	Ayuda a la conservación de la belleza escénica y de los valores estéticos; a la recreación, al resguardo de los valores espirituales y religiosos, y a la prevención de daños por la fragmentación de ecosistemas.	Alta, Media, Baja	Sector conservación y urbano	MUNICIPIOS, FIRCO, SADER, SECTUR, Secretaría de Desarrollo Sustentable, CONANP
	Construcción de vivero comunitario	CVRN	Consiste en áreas destinadas a la producción de plantas y árboles para la rehabilitación y reforestación de espacios comunes.	Ayuda a conservar las especies vegetales, a aumentar la producción primaria, proteger a los polinizadores, al control biológico de plagas, a la provisión de materias primas y de algunos alimentos.	Alta, Media, Baja	Sector agrícola, conservación y urbano	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios
	Proyectos de huertos familiares	CPHF	Consiste en un sistema alternativo de parcelas contiguas a viviendas donde las familias cultivan de manera intensiva, lo que les permite consumir plantas y hortalizas de manera continua durante el año.	Ayuda a la generación de alimentos, a mantener el ciclo de nutrientes en el suelo, a la fotosíntesis, a la conservación de la humedad, a la regulación de los microclimas, al control biológico de plagas, a la polinización y al manejo sustentable del agua.	Baja, Media	Sector agrícola, conservación y urbano	SEMARNAT, SADER, CONAFOR
	Análisis de estatus y conservación de hábitats críticos en la cuenca	CASA	Consiste en generar un diagnóstico que permite conocer las áreas de hábitats críticos dentro del territorio cuenca que necesitan tener una mejor gestión y manejo.	Ayuda a la regulación del clima, a la conservación de recursos genéticos y ornamentales, farmacológicos y medicinales, a la generación de agua, a la belleza escénica y valores estéticos; a la ciencia y educación.	Alta, Media, Baja	Sector conservación y urbano	Universidades Estatales, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Municipios
	Inventario y manejo de especies en la NOM 059-ecol-2010	CRNO	Consiste en la conservación de las especies de flora y fauna en riesgo de extinción, amenazada, rara o sujetas a protección especial.	Ayuda a la conservación de ecosistemas, al control biológico de plagas, a la conservación de polinizadores.	Alta, Media, Baja	Sector conservación	Universidades Estatales, CONANP, CONAFOR, SEMARNAT
Recuperación	Instrumentación de las microcuencas	CIIS	Consiste en generar mecanismos de incidencia en la cuenca de manera sustentable, que permitan monitorear el manejo adecuado del territorio.	Ayuda a conocer cómo funciona el ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes, la formación del suelo, el comportamiento del clima y la provisión de agua.	Alta, Media, Baja	Sector conservación y urbano	Universidades Estatales
	Establecimiento de proyectos de apicultura	CEAB	Consiste en la crianza y cuidado de las abejas, que permite beneficios a la agricultura y medio ambiente a través del proceso de polinización.	Ayuda a la conservación de polinizadores, al control de plagas, a la provisión de alimentos y materias primas; a la salud física y mental.	Media, Alta	Sector conservación y agropecuario	CONAFOR, CONANP, SEMARNAT, MUNICIPIOS, Universidades Estatales
	Restauración de áreas erosionadas	RRAE	Consiste en la recuperación de la composición y las funciones de los suelos afectados.	Ayuda a la estabilización y desarrollo del suelo, a la retención de humedad, infiltración, el control de erosión, la calidad del agua, y a la reducción de daños por desastres naturales.	Alta, Media, Baja	Sector agrícola, forestal, conservación y pecuario	SEMARNAT, CONAFOR, MUNICIPIOS, FIRCO, Universidades estatales
	Reforestación y revegetación de laderas	CIRE	Consiste en cubrir con plantas terrenos forestales o espacios perturbados que permitan revertir las afectaciones por actividades humanas, disminuyendo la fragmentación del paisaje.	Ayuda a la conservación de ecosistemas, a la fotosíntesis, al desarrollo del ciclo hidrológico, a la regulación de procesos de remoción en masas, a la disminución de daños por desastres naturales, a la regulación del clima, a la retención y formación de suelo.	Alta	Sector agrícola, forestal, conservación y pecuario	SEMARNAT, CONAFOR, MUNICIPIOS, FIRCO, Universidades Estatales
	Restauración de cauces y bosque ripario con franjas hidroforestales	RRTA	Consiste en recuperar el cauce original a través de plantaciones en la ribera, a partir de una barrera que absorbe nutrientes de terrenos agrícolas, lo que permite restablecer comunidades vegetales.	Ayuda a la conservación de ecosistemas, a la fotosíntesis, al desarrollo del ciclo hidrológico, a la regulación de avenidas, a la disminución de daños por desastres naturales, a la regulación del clima y a la recarga de acuíferos.	Alta, Media, Baja	Sector agrícola, forestal, conservación y pecuario	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, CONAFOR, Universidades Estatales, FIRCO
	Identificación y propagación de especies vegetales nativas	RITA	Consiste en el empleo de especies nativas para fines de restauración y rescate de especies nativas.	Conservación de la vegetación nativa, regulación del clima, protección del suelo, retención de humedad, fotosíntesis, desarrollo del ciclo hidrológico, producción primaria, control de erosión, valores estéticos.	Alta, Media, Baja	Sector agrícola, forestal, conservación y pecuario	INIFAP, Universidades Estatales, CONAFOR

Estrategia ambiental	Acción	Clave	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Actor	Encargado
Recuperación	Correcciones de los suelos ácidos y básicos	RCAS	Consiste en equilibrar el pH del suelo para mejorar la producción agrícola y recuperar los horizontes orgánicos del suelo.	Ayuda a la estabilización del suelo, aumenta la productividad, retiene humedad, mejora la calidad del cultivo, la producción primaria, y la infiltración y recarga de acuíferos.	Media, Baja	Sector agrícola y conservación	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP
	Construcción de fajinas, presas de madera y piedra, y presas de gavión	RPGA	Consiste en la construcción de técnicas de retención de suelo y sedimentos.	Retención de sedimentos, conservación y desarrollo de suelo, retención de humedad, infiltración del agua, control de avenidas, control de erosión y sucesión vegetativa.	Alta, Media, Baja	Sector forestal, agrícola, pecuario y conservación	CONAGUA, SEMARNAT, Universidades Estatales, Comisión Estatal de Agua, Municipios
	Recuperación y acondicionamiento de manantiales	RRMA	Consiste en rescatar las condiciones naturales de las corrientes y/o cuerpos de agua que suelen ser efímeros o intermitentes, lo que aumenta su accesibilidad.	Retención de humedad, conservación de ecosistemas, dotación y captación de agua para uso ambiental (caudal ecológico), manejo de flujos hidráulicos e inundaciones, disminución de la presión sobre el uso del agua, belleza escénica, valores espirituales y religiosos, recreación y turismo, regulación del clima y recarga de acuíferos. Gestión de inundaciones y peligros.	Alta, Media, Baja	Sector forestal y conservación	Comisión Estatal de Agua, CONAGUA, SEMARNAT, Universidades Estatales, Municipios
	Tratamiento de aguas residuales con humedales	RTAH	Consiste en recuperar la cantidad de agua resultante del uso humano cuyas características de calidad no son óptimas para ser consumidas de nuevo (potable).	Permite el uso de aguas grises y negras para el riego, ayudando a conservar la humedad en el suelo, a mantener la vegetación, a la conservación de ecosistemas acuáticos y subacuáticos, y a disminuir la sensación térmica. Además, permite el aprovechamiento de nutrientes por la vegetación y la generación de alimento para el ganado, evitando así la contaminación de las aguas superficiales.	Alta, Media, Baja	Sector urbano, agrícola y pecuario	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, Secretaría de Salud, Universidades Estatales
	Construcción de tinajas ciegas, zanjas y bordos de infiltración	RPCA	Consiste en la construcción de técnicas de retención de humedad en el suelo, y recarga de acuíferos, principalmente superficiales.	Ayuda a la infiltración de agua, a la recarga de acuíferos superficiales; aporta humedad a los ecosistemas; permite el desarrollo de cultivos. Constituye sitios de hidratación para la fauna, y permite el desarrollo de suelo.	Alta, Media, Baja	Sector forestal, agrícola, pecuario y conservación	Comisión Estatal de Agua, CONAGUA, SEMARNAT, Universidades Estatales, Municipios
	Revegetación de áreas comunes con vegetación nativa	RZIN	Consiste en aprovechar las especies nativas para el restablecimiento de los ecosistemas, privilegiando la adaptación de estas especies ante las condiciones ambientales, lo cual disminuye costos de mantenimiento, como el riego y el abono de suelos.	Regulación del clima, protección del suelo, polinización, fotosíntesis, ciclo de nutrientes, regulación del aire, retención de humedad en el suelo, recarga de acuíferos, captura de gases de efecto invernadero, belleza escénica, valores estéticos, ciencia y educación, salud física y mental, recreación.	Baja, Media	Sector urbano y conservación	SEDESOL, Municipios, CONAFOR, Universidades Estatales

Fuente: Elaboración propia

Las acciones de gestión territorial con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza pueden ser complementadas con otras, desarrolladas bajo enfoques distintos (i.e. verdes, ingenieriles, de gobernanza, entre otras). Algunas de estas estrategias complementarias son:

Tabla 46. Acciones complementarias a las de enfoque SbN que contribuyen a la seguridad hídrica

Estrategia	Descripción	Zona funcional de incidencia	Actor	Encargado
Presas de gaviones	Consisten en estructuras permanentes, permeables y ligeramente flexibles formada a base de gaviones (cajones de malla de alambre) llenos de piedra acomodada, construidas de forma perpendicular a las carcavas, controlando la velocidad de los escurrimientos.	Alta, Media	Sector conservación	SEDESOL, Municipios, CONAFOR, Universidades Estatales
Sistemas de Captación de Agua de Lluvia	Consiste en infraestructura urbana verde que permiten la captación de agua de lluvia a través de los techos de viviendas particulares o edificios, mediante canales y tubos que conducen el agua a tanques o cisternas.	Baja, Media, Alta	Sector urbano	SEDESOL, Comisión Estatal del Agua, Municipios, Universidades Estatales
Separación y manejo de aguas residuales a escala comunitario	Consiste en un sistema que trata las aguas grises o jabonosas provenientes del lavadero, fregadero, tarja y regadera, por medio de un filtro vegetal que elimina los contaminantes del agua para su posterior aprovechamiento o filtración al suelo, ríos o mares de forma segura.	Baja, Media	Sector urbano y pecuario	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, Secretaría de Salud
Tecnificación de riego	Consiste en utilizar tecnologías para disminuir el consumo de agua en los sistemas productivos. Entre estas tecnologías están los sistemas de aspersión, microaspersión, goteo, y exudación.	Baja, Media	Sector agrícola	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua
Estrategias para mejorar la calidad del agua	Consiste en aplicar estrategias que prevengan la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, como son: el manejo de excretas a través de la recuperación de nutrientes; el uso de abonos orgánicos, como son el ensilaje o lombricomposta; y la aplicación de plaguicidas derivados de sustancias orgánicas o microbiológicas, y fertilizantes que utilicen sustancias naturales.	Alta, Media, Baja	Sector Agropecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua
Ecotecnias para el manejo eficiente de agua	Consiste en implementar técnicas que permitan reciclar, reducir o reutilizar el recurso hídrico dependiendo de los materiales a los que se tenga acceso y a las características de cada sitio. En lo que se refiere al agua para consumo humano, pueden implementarse sistemas de almacenamiento de agua, sistemas alternativos para la extracción, bombeo y tratamientos alternativos para consumo humano; respecto a sistemas de saneamiento pueden encontrarse: sanitarios secos, letrinas y biodigestores.	Alta, Media	Sector forestal, agrícola, pecuario y conservación	CONAGUA, SEMARNAT, Universidades Estatales, Comisión Estatal de Agua, Municipios

Estrategia	Descripción	Zona funcional de incidencia	Actor	Encargado
Uso de materiales permeables en zonas urbanas	Consiste en usar materiales permeables que permitan el paso del agua y su filtración hacia el suelo de forma que reduzcan los escurrimientos y se aumente la recarga de los acuíferos. Entre estos materiales se encuentra el concreto poroso y adoquines permeables.	Baja, Media	Sector urbano y conservación	SEDESOL, Municipios, CONAFOR, Universidades Estatales
Mantenimiento de sistemas de distribución de agua y de drenaje	Consiste en la inspección de los sistemas de distribución de agua potable y recolección de aguas residuales, para dará mantenimientos preventivos o correctivos para detectar daños físicos en el sistema, disminuyendo las fugas de agua que repercuten en la disponibilidad del recurso, y a la posible contaminación de cuerpos hídricos y suelo en el tema de drenaje.	Baja, Media	Sector urbano y conservación	SEDESOL, Municipios, CONAFOR, Universidades Estatales
Planes de Evaluación y Monitoreo en la Cuenca	Consiste en generar programas o planes que permitan monitorear el manejo adecuado del territorio, ya sea a escala de microcuencas, subcuencas y/o cuencas. Ayuda a conocer cómo funciona el ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes, la formación del suelo, el comportamiento del clima y la provisión de agua, para garantizar la captación, infiltración y provisión de agua de calidad y en cantidad suficiente, conservación de la biodiversidad y mitigar el cambio climático.	Alta, Media, Baja	Sector conservación y urbano	Universidades Estatales
Análisis de estatus y conservación de hábitats críticos en la cuenca	Consiste en generar un diagnóstico que permita conocer las áreas de hábitats críticos dentro del territorio cuenca que necesitan tener una mejor gestión y manejo, incluyendo planes monitoreo y control de las especies exóticas invasoras. Promueve la regulación del clima, la conservación de recursos genéticos y ornamentales, farmacológicos y medicinales, y a mantener ecosistemas críticos para la producción, infiltración y regulación de flujos de agua.	Alta, Media, Baja	Sector conservación y urbano	Universidades Estatales, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Municipios
Análisis de calidad y Biodiversidad	Consiste en la conservación de las especies de flora y fauna en riesgo de extinción, amenazada, rara o sujetas a protección especial, que permitan identificar y jerarquizar las zonas prioritarias para la atención o intervenciones. Ayuda a la conservación de ecosistemas, al control biológico de plagas, a la conservación de polinizadores promoviendo en el mantenimiento de hábitats, y promoviendo la estructura del suelo, y a su vez la infiltración y recarga de acuíferos.	Alta, Media, Baja	Sector conservación	Universidades Estatales, CONANP, CONAFOR, SEMARNAT

Fuente: Elaboración propia



Medidas Habilitadoras para la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza

Dado que la implementación de las estrategias y medidas SbN previamente descritas requiere condiciones técnicas, políticas, económicas, sociales, culturales y de gobernanza particulares para poder implementarse, este Portafolio también contribuye a identificar medidas habilitadoras.

Se conoce como medidas habilitadoras o blandas a las medidas que generan las condiciones necesarias para el desarrollo o implementación de las SbN. Por tanto, contribuyen de forma indirecta a mantener y aumentar la resiliencia de los ecosistemas. Estas medidas se enfocan en: i) generar capacidades requeridas para el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de las estrategias de forma eficaz y eficiente; ii) sensibilizar sobre el enfoque de SbN, así como de la problemática ambiental e hídrica; iii) crear y fortalecer alianzas para la implementación de la estrategia y iv) impulsar políticas públicas que permitan transversalizar el enfoque de SbN. A partir del trabajo participativo se identificaron las siguientes medidas habilitadoras. Se señalan los principios de las SbN a los que abonan.

Componente 1. Gobernanza

Descripción: Las SbN se implementan bajo una base de procesos de gobernanza inclusivos, transparentes donde se involucran los actores clave y se fortalece los espacios de toma de decisiones para la gestión hídrica.

Principio de SbN 3, 4, 8

- Garantizar que previo a definir Áreas Naturales de Conservación, así como otros instrumentos de ordenamiento territorial y zonas de restauración o manejo sostenible se lleven a cabo consultas incluyentes con participación de las comunidades, con lo que se asegura su alineación con sus necesidades e intereses.
- Asegurar procesos participativos e incluyentes para la toma de decisiones en los que haya representatividad de actores de las comunidades y de otros sectores clave.
- Implementar procesos para fortalecer capacidades a partir de consultas que permitan identificar las necesidades e intereses de las comunidades para el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas, de manera que las poblaciones se vean beneficiadas y sean incluidas en el diseño e implementación de soluciones.
- Definir mecanismos para informar a las comunidades de las acciones por implementar y de los beneficios obtenidos, para recibir también retroalimentación y validación.
- Establecer estrategias de colaboración multisectoriales que vinculen instrumentos de política pública y programáticos de diversos sectores y aseguren una planeación territorial integral y con enfoque de cuenca.
- Promover estrategias comunitarias de monitoreo de las acciones y de gestión de riesgos.
- Fortalecer las capacidades de los mecanismos de participación y de toma de decisiones, tales como los Consejos de Cuenca, asegurando que los procesos de decisión sean colectivos y representen los intereses y necesidades de todos los sectores que integran la sociedad.

Componente 2. Capacidades

Principio de
SbN 3, 4, 8

Descripción: Las SbN consideran las capacidades institucionales, políticas, financieras, técnicas y sociales necesarios para la implementación y sostenibilidad.

- Asegurar que el aporte de esta caracterización y propuesta de Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza sea utilizado para la actualización/generación de Programas de Ordenamiento territorial y urbano, así como Programas de Ordenamiento Ecológicos estatales y municipales.
- Generar y fortalecer las capacidades técnicas de los distintos actores clave en el sector ambiental, en materia de gestión de cuenca, planeación con perspectiva climática y SbN.
- Generar reglas de operación para mecanismos financieros ya existentes para priorizar el financiamiento de acciones con enfoque SbN sobre otros enfoques.
- Desarrollar mecanismos financieros multi-sectoriales.
- Sensibilizar sobre las problemáticas ambientales a funcionarios y funcionarias, particularmente a quienes integran el poder legislativo, para impulsarlos a aprobar o proponer leyes que respondan a estas problemáticas.
- Implementar programas de educación ambiental en escuelas de educación básica y media superior e involucrar a las autoridades educativas en la definición de temas prioritarios.
- Acompañar la implementación de acciones con enfoque SbN de estrategias de sensibilización para las comunidades sobre los beneficios de las SbN, tanto para los ecosistemas, medios de vida y desarrollo social.
- Fortalecer las capacidades de gestión del territorio a las comunidades, particularmente en negociación con múltiples actores y la resolución de conflictos.
- Generar espacios de divulgación científica para fortalecer la implementación y monitoreo de SbN.

Componente 3. Desarrollo económico

Principio de
SbN 4,7

Descripción: Las SbN generan mayor impacto sobre medios de vida al promover el desarrollo económico de la población donde integran incentivos y se aprovecha las oportunidades y co-beneficios.

- Incluir acciones con enfoque SbN en proyectos productivos que mejoren las condiciones de vida de la población.
- Generar estímulos económicos para el involucramiento de la población, visibilizando los beneficios de las SbN con transparencia y comunicación
- Fortalecer las capacidades de asociaciones de productores.
- Generar alianzas con las cámaras empresariales y el sector privado en general.
- Impulsar esquemas de pago de servicios ambientales hidrológicos que involucren a la población en las acciones de restauración de ecosistemas y por lo tanto la provisión de estos servicios.
- Promover esquemas de economía circular que permitan generar empleos y disminuir el impacto en los ecosistemas.

Componente 4. Género e interculturalidad

Principio de
SbN 4,8

Descripción: Las SbN se implementan bajo un enfoque de equidad donde se defiende los derechos de las personas logrando disminuir las brechas sociales, contribuir al empoderamiento de las mujeres y asegurando la integración de la diversidad étnica y cultural.

- Planear las actividades con perspectivas de género y pertinencia cultural, considerando los horarios y días adecuados para mujeres y representantes de pueblos originarios.
- Integrar los saberes ancestrales sobre el cuidado del medio ambiente y la seguridad hídrica.
- Constituir comités de género con representación propia en organismos de participación como los Consejos de Cuenca.
- Diseñar programas de inversión en actividades productivas con perspectiva de género e interculturalidad.
- Implementar acciones específicas dirigidas exclusivamente para las mujeres y otros grupos vulnerados y excluidos.
- Asegurar que las mujeres y otros grupos vulnerados sean receptores de beneficios derivados de la implementación de acciones SbN.
- Sensibilizar a funcionarios y funcionarias, integrantes del legislativo, integrantes de mecanismos de participación, y otros actores clave, en materia de perspectiva de género e interculturalidad, especialmente en el diseño de proyectos que contribuyan a resolver problemáticas de desarrollo.
- Diseñar y evaluar los proyectos desde una perspectiva de género, con el apoyo de personas expertas en la materia.
- Identificar capacidades y necesidades de las mujeres y grupos vulnerables, para establecer acciones género responsivas que las atiendan.
- Impulsar la participación en espacios de toma de decisiones.
- Garantizar la representación en consejos, comités, juntas y otros organismos de participación.
- Involucrar a las mujeres en las acciones de implementación de las acciones en territorio, así como en las tareas de inspección, vigilancia y monitoreo.
- Generar programas de divulgación dirigidos a familias e infancias para sensibilizar sobre la igualdad de género.
- Diseñar estrategias de comunicación que consideren las perspectivas de género e interculturalidad, por ejemplo, con materiales en lenguas indígenas.



Conclusiones

La etapa de caracterización y diagnóstico biofísico, ambiental, hídrico y socioeconómico, abordados desde el enfoque de cuencas y descritos a través de las zonas funcionales, permitió comprender de forma detallada la evolución, distribución y dinámica de la estructura y función del complejo. La etapa de análisis climático actual y potencial; el análisis de las amenazas y la exposición ante el cambio climático permitieron comprender las características históricas, actuales y futuras del clima y sus variables principales (precipitación y temperatura) en el complejo, además de identificar las zonas amenazadas y expuestas ante el desarrollo de fenómenos naturales. La etapa del balance hídrico y zonas potenciales permitió identificar la disponibilidad y presión actual y futura en el complejo, así como identificar las zonas con potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable. Finalmente, la etapa de propuestas conjuntó la información generada en los apartados anteriores, la cual fue la base para la priorización de las zonas que podrán ser intervenidas mediante acciones específicas.

Lo anterior permitió obtener un estudio robusto y metodológicamente repetible, que describió eficientemente los componentes estructurales y funciones del complejo, mostró el estado y la dinámica de su funcionalidad e identificó escenarios futuros ante las condiciones de cambio climático, enunciando una serie de acciones con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza, lo cual es de suma utilidad para la gestión y el manejo de su territorio, la sustentabilidad de sus ecosistemas y de su población, y para la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Las estrategias con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza aquí presentadas tienen el fin de contribuir a una gestión del territorio que promueva el fortalecimiento de la resiliencia de ecosistemas y de comunidades. Su implementación contribuirá a la seguridad hídrica, en el contexto de cambio climático. Adicionalmente, la implementación generará beneficios colaterales con los cuales puedan ser atendidas otras problemáticas. La implementación de este Portafolio, de la mano de múltiples actores y sectores, será clave para generar una buena gobernanza y promover la gestión sostenible del agua.

Este Portafolio, sumando a otros instrumentos de política pública existentes para la región, permitirá la transición a un desarrollo íntegro y sostenible que considere el bienestar ambiental como la base del bienestar social, que se desarrolla bajo una perspectiva de inclusión y atención a las vulnerabilidades diferenciadas. Para cumplir con este fin, se invita al lector a su entendimiento, comprensión y uso adecuado.



Referencias

- Aslan, V., y Çelik, R. (2021).** Integrated GIS-Based Multi-Criteria Analysis for Groundwater Potential Mapping in the Euphrates's Sub-Basin, Harran Basin, Turkey. *Sustainability.* 13(13):7375. <https://doi.org/10.3390/su13137375>
- CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2012).** Grado de riesgo por ciclones tropicales por municipio. Escala 1:200,000.
- Chavéz, G. H., González, G.M. de J. y Hernández, de la R. P. (2014).** Metodologías para aplicar áreas prioritarias para conservación de zonas naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales.* 6(27):8-23. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000100002&lng=es&tlng=es
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021).** Diagnóstico de la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado en México.
- CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2018).** Línea de costa de la República Mexicana (2011-2014). Escala 1:250,000.
- CONABIO-IB-UNAM-CONANP-PNUD-INECC. (2023).** Explorador de cambio climático y biodiversidad, versión 1.0. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cambio-climatico> (consultado el 01 de agosto de 2023).
- CONAFOR Comisión Nacional Forestal (2020).** Riesgo por ocurrencia de incendios. Sistema de predicción de peligro de incendios forestales. México.
- CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2020).** Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México. Escala 1:250,000.
- CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2022).** Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Escala 1:250,000.
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R. y Ríos, E. (2013).** Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión, (Cuaderno de divulgación ambiental. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable). D.F. México. SEMARNAT/Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2015).** Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Publicada el 27 de marzo de 2015.

DOF (Diario Oficial de la Federación). (2020). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 Regiones Hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos. Publicada el 21 de septiembre de 2020.

DOF (Diario Oficial de la Federación). (2023). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada el 08 de mayo de 2023.

García, C.W. (2006). El Sistema Complejo de la Cuenca Hidrográfica. Facultad de Ciencias Humanas. Medellín. Colombia: Universidad de Colombia. Recuperado de http://telesecundaria.gob.mx/mesa_tecnica/files/Sistema-Cuenca_Hidrografica.pdf

García, E. (1998). Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1,000,000. México.

Garrido, A., Enríquez, C., Pérez, J. L., Luna, N., y Sánchez, O. (2010). Zonas Funcionales de las Cuencas Hidrográficas de México. Escala 1:250,000. D.F. México: INECC.

Gilland, T., Fox, F., Andruczyk, M., French, S. y Swanson, L. (2009). What is a watershed. Urban water-quality management. Publication 426-041. Virginia, U.S.: Virginia Polytechnic Institute and State University / Virginia cooperative extension.

González, O. M. L., Plascencia, E. F. O., y Martínez-Trinidad, T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. Madera y bosques. 22(2):41-52. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221323>

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2020. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (1997). Uso de suelo y vegetación-continuo nacional. Serie I. Escala 1: 250,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2000a). Modelo digital de elevación. Nogales (H12-2), Agua Prieta (H12-3), Cananea (H12-5), Nacozari de García (H12-6), Hermosillo (H12-8), Madera (H12-9), Sierra Libre (H12-11). Serie I. Escala 1:250,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2000b). Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica. Rocas. Escala 1: 1,000,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2001a). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Provincias fisiográficas. Continuo Nacional serie I. Escala 1: 1,000,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2001b). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Subprovincias fisiográficas. Continuo Nacional serie I. Escala 1: 1,000,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2001c). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Sistema de topoformas. Continuo Nacional serie I. Escala 1: 250,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). Conjunto de datos edafológicos. Serie I. Escala 1: 250,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2012). Grado de marginación por localidad 2010. Escala 1:250, 000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Grado de rezago social por localidad 2010. Escala 1:250, 000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019). Conjunto de Datos Vectoriales del Modelo Cartográfico de Humedales. Escala 1:250,000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2020.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021a). Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica. Sonora. Escala 1:250, 000.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021b). Uso de suelo y vegetación-continuo nacional. Serie VII. Escala 1: 250,000.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA. (2017)). Regulación de los servicios de agua potable y saneamiento en México. Obtenido de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/regulacion-servicios/files/assets/basic-html/page1.html

Instituto Nacional (2020). Subsistema de Información Demográfica y Social. Censo de Población y Vivienda 2020. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#datos_abiertos

INPI Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (2021). “Población auto adscrita indígena y afromexicana e indígena en hogares con base en el Censo de Población y Vivienda 2020. Obtenido de <https://www.inpi.gob.mx/indicadores2020/>

Martonne, de E. (1926). Areisme et índice d'aridité, comptes rendus de L'Académie des Sciences de Paris 182:1393-1398, in English: Regions of Interior-Basin Drainage. The Geographical Review. 17:397-414.

NASA National Aeronautics and Space Administration (2021). Aumento del nivel del mar. NASA-GLOBAL CLIMATE CHANGE. https://climate.nasa.gov/climate_resources/274/aumento-del-nivel-del-mar/#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20est%C3%A1%20provocando,ente%201%20y%204%20pies)

Observatorio Nacional Ciudadano (2024). Observatorio Interactivo de incidencia delictiva, mapa de datos. <https://delitosmexico.onc.org.mx/mapa/sonora?unit=folders&indicator=researchFoldersRate&period=3-2024&group=month&crime=0&domain=>

Palacio, P.J.L.; Sánchez, S.M.T.; Casado, I.J.M.; Propin, F.E.; Delgado, C.J.; Velázquez, M.A.; Camacho, R.C.G. (2004). Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio, UNAM, INE, CONANP, CONABIO, SEGOB, INEGI, SEDESOL, primera edición, México. https://www.researchgate.net/publication/288840782_Indicadores_para_la_Caracterizacion_y_Ordenamiento_del_Territorio

PNUD. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2022). Informe De Desarrollo Humano Municipal 2010-2020: Una Década de Transformaciones Locales para el Desarrollo De México. PNUD México. <https://www.undp.org/es/mexico/publicaciones/informe-de-desarrollo-humano-municipal-2010-2020-una-decada-de-transformaciones-locales-en-mexico-0>

RAN Registro Agrario Nacional (2019). Datos geográficos perimetrales de los núcleos agrarios certificados, por estado. Sonora. Escala 1:250,000.

Reyes, E.A. y Campos, V.M. (2014). Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de riesgos y Catálogo de datos geográficos para representar el riesgo, SEDATU. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/40838/Bases_AR_PRAH_2014.pdf

Ríos, P.E. y González, M.I.D. (2018). Servicios ecosistémicos, Fundamentos desde el manejo de cuencas. SEMARNAT-CECADESU-REMEXCU-RedSocioecoS-WWFMéxico-INECC-Fundación Gonzalo Rio Arronte, I.A.P. <https://remexcu.org/index.php/publicaciones/item-cuadernos-divulgacion/105-servicios-ecosistemicos-fundamentos-desde-el-manejo-de-cuencas>

Roy, S., Hazra, S., Chanda, A., & Das, S. (2020). Assessment of groundwater potential zones using multi-criteria decision-making technique: a micro-level case study from red and lateritic zone (RLZ) of West Bengal, India. Sustainable Water Resources Management. 6(4):1-14. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00373-z>

Salazar Cruz L.M; Chávez T. (2022), “Distribución estatal y municipal del feminicidio en México 2015-2021”. Korpus 21, 15 de octubre de 2022. DOI 10.22136/korpus21202295. https://korpus21.cmq.edu.mx/index.php/ohtli/article/view/95/190?fbclid=IwAR2cxl62Def-Umf0PE_3CnPNff6k6o6VMHv37cbTJxUGIWegbEmRGUfznNs_aem_AbI5XsmJE3eAy-hpzU_dvVTXnFN56847KNyA-qmozUN5HgxmiHcm3tEyLhmSRDnd3XI9KeaoIE5zq1HVAWRR_WU2#toc

Salinas-Zavala, C.A., Lluch-Belda, D., Hernández-Vázquez, S., y Lluch-Cota, D.B. (1998). La aridez en el noroeste de México. Un análisis de su variabilidad espacial y temporal. Atmósfera. 11:29-44.

SEGOB Secretaría de Gobernación (2021). Búsqueda e identificación de personas desaparecidas. Reporte semestral, 1 de enero al 30 junio, 2021. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/650760/8_AM_AER_Karla_CNB_7_julio_2021.pdf

SMN Servicio Meteorológico Nacional. (2023). Normales climatológicas de México. CONAGUA. México.

SNIARN Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. (2023). Agua suministrada al día por habitante para consumo humano (litros por habitante al día). SEMARNAT-CONAGUA.

Valdés-Carrera, A., & Hernández-Guerrero, J. (2018). Zonas funcionales y unidades de paisaje fisicogeográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. Revista Geográfica de América Central, 1(60), 189 - 230. <https://doi.org/10.15359/rgac.60-1.7>

Zúñiga, E. (2022). Mujeres buscadoras en Sonora: Transformaciones subjetivas frente a la violencia. Argumentos Estudios críticos de la Sociedad, 1(97), 123–138. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202297-06>



Anexos

Caracterización socioeconómica

Tabla 1. Porcentaje de hablantes indígenas, población en hogares indígenas y población que se considera afromexicana o afrodescendientes en el complejo de cuencas “Sonora y otras”

Entidad	Municipio	Porcentaje de población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena			Porcentaje de población en hogares censales indígenas	Porcentaje de población que se considera afromexicana o afrodescendiente		
		Total	Mujeres	Hombres		Total	Mujeres	Hombres
Sonora	TOTAL	2.1 %	45.08 %	54.9 %	3.3 %	1.8 %	48.9 %	51.1 %
	Aconchi	0.1 %	0 %	100 %	0.2 %	0.8 %	50 %	50 %
	Arizpe	0.1 %	33.3 %	66.7 %	0.1 %	0.2 %	40 %	60 %
	Bacoachi	0.3 %	40 %	60 %	0.3 %	0.7 %	36.4 %	63.6 %
	Banámichi	0 %	0 %	0 %	0 %	0.2 %	25 %	75 %
	Baviácora	0 %	0 %	0 %	0 %	0.1 %	66.7 %	33.3 %
	Benjamín Hill	0.1 %	33.3 %	66.7 %	0.4 %	0.4 %	38.9 %	61.1 %
	Cananea	0.3 %	32.0 %	68 %	0.7 %	0.9 %	51.6 %	48.4 %
	Carbó	1.4 %	39.7 %	60.3 %	2.7 %	1.5 %	52.8 %	47.2 %
	La Colorada	0.4 %	25 %	75 %	0.6 %	1.5 %	28.6 %	71.4 %
	Cucurpe	0.1 %	100 %	0 %	0.2 %	0.5 %	50 %	50 %
	Cumpas	0 %	0 %	100 %	0.1 %	0.3 %	50 %	50 %
	Fronteras	1.3 %	43.4 %	56.6 %	3.2 %	0.4 %	25.7 %	74.3 %
	Guaymas	8.3 %	48.7 %	51.3 %	11.6 %	0.8 %	49 %	51 %
	Hermosillo	1.1 %	40.5 %	59.5 %	2 %	2.2 %	48.9 %	51.1 %
	Huépac	0.1 %	0 %	100 %	0.3 %	0.3 %	33.3 %	66.7 %
	Imurís	1.0 %	38.7 %	61.3 %	11 %	1.3 %	52.4 %	47.6 %
	Magdalena	0.3 %	41.4 %	58.6 %	0.5 %	1.0 %	43 %	57 %
	Mazatlán	0.1 %	0 %	100 %	0.4 %	1.5 %	64.7 %	35.3 %
	Moctezuma	0.1 %	75 %	25 %	0.2 %	0.3 %	50 %	50 %
	Opodepe	0.4 %	44.4 %	55.6 %	0.5 %	10.5 %	49.8 %	50.2 %
	Rayón	0.3 %	50 %	50 %	1.1 %	0.1 %	0 %	100 %
	San Felipe de Jesús	0 %	0 %	0 %	0 %	0.3 %	100 %	0 %
	San Miguel de Horcasitas	21.9 %	47 %	53 %	38 %	0.4 %	44.4 %	55.6 %
	San Pedro de la Cueva	0.1 %	50 %	50 %	0.5 %	0.8 %	54.5 %	45.5 %
	Santa Ana	0.1 %	20 %	80 %	0.3 %	0.6 %	58.1 %	41.9 %
	Ures	0.2 %	33.3 %	66.7 %	0.3 %	0.7 %	40.4 %	59.6 %
	Villa Pesqueira	0 %	0 %	0 %	0 %	0.0 %	0 %	0 %

Fuente: Elaboración propia

Indicadores para estrategias de gestión ambiental con enfoque SbN

Tabla 2. Indicadores de gestión (G) e impacto (I) de acciones con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza del complejo de cuencas “Sonora y otras”

Estrategia ambiental	Estrategia	Acción	Indicador	Fórmula
Aprovechamiento sustentable	Rehabilitación y manejo de agostaderos	Resiembra de pastos nativos	(G) Cambio de la superficie revegetada con pastos nativos en zona de intervención. (I) Cambio en el porcentaje de humedad del suelo a partir de la resiembra de pastos nativos. (I) Cambio del escurrimiento superficial en la zona de intervención	$\% \text{ de Capacidad de retención de humedad} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de retención} \\ \text{de humedad alcanzada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de retención} \\ \text{de humedad original} \end{array} \right)} \times 100$
		Rotación de ganado	(G) Cambio por hectáreas en las que se implementa rotación de ganado a nivel del complejo de cuencas.	$\% \text{ de Plantas vivas} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Plantas vivas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Plantas sembradas} \end{array} \right)} \times 100$
		Contención de ganado con cercas vivas	(G) Cambio en las unidades de producción intervenidas con contención de ganado con cercas vivas.	$\% \text{ de Plantas vivas} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Plantas vivas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Plantas sembradas} \end{array} \right)} \times 100$
		Ganadería regenerativa	(I) Cambio en el porcentaje de humedad del suelo a partir de la resiembra de pastos nativos. (I) Cambio del escurrimiento superficial en la zona de intervención	$\% \text{ de Capacidad de retención de humedad} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de retención} \\ \text{de humedad alcanzada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de retención} \\ \text{de humedad original} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de Capacidad de retención de suelo} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de retención} \\ \text{de suelo alcanzada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Capacidad de retención} \\ \text{de suelo original} \end{array} \right)} \times 100$
	Agricultura regenerativa	Permacultura	(G) Disminución de la cantidad aplicada de fertilizantes empleada previo a la producción con permacultura. (I) Cambio porcentual en la producción deseada a la obtenida con permacultura	$\% \text{ de aplicación de fertilizantes} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Aplicación de fertilizantes alcanzada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Cantidad de Fertilizantes deseada} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de cambio en producción vegetal} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Producción vegetal actual} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Producción vegetal deseada} \end{array} \right)} \times 100$
		Terrazas vegetadas	(I) Cambio en la capacidad de retención de humedad alcanzada en unidades de intervención con terrazas vegetadas. (I) Cambio en la capacidad de retención de suelo alcanzada en unidades de intervención con terrazas vegetadas.	$\% \text{ de Humedad en el suelo} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Humedad del suelo alcanzada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Humedad en el suelo original} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de escurrimiento superficial} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Escurrimiento superficial actual} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Escurrimiento superficial original} \end{array} \right)} \times 100$
		Plantaciones dendroenergéticas	(I) Porcentaje de sobrevivencia de plantas sembradas por unidad de producción.	$\% \text{ de Cuerpos hídricos que cuenta con Programas de reintroducción} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de cuerpos hídricos con Programas de reintroducción} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de cuerpos hídricos sin Programas de reintroducción} \end{array} \right)} \times 100$
		Transición a variedades con menor requerimiento hídrico	(I) Porcentaje de sobrevivencia de plantas sembradas por unidad de producción.	$\% \text{ de agua tratada por humedales} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Volumen de agua tratada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Volumen total de aguas residuales} \end{array} \right)} \times 100$
Producción forestal con buenas prácticas ambientales	Desarrollo de agroforestería	(I) Cambio en la capacidad de retención de humedad alcanzada en unidades de intervención con terrazas vegetadas.		$\% \text{ de manantiales recuperados y acondicionados} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de manantiales recuperados y acondicionados} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número total de manantiales} \end{array} \right)} \times 100$
	Producción certificada de frutales	(G) Porcentaje de cambio superficial incorporada a alguna certificación que promueva buenas prácticas ambientales.		$\% \text{ de superficie intervenida} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie con intervención} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie total} \end{array} \right)} \times 100$
Conservación de Vida Silvestre	Implementación de Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA)	(G) Porcentaje de cumplimiento de metas de la UMA de acuerdo con indicadores de manejo establecidos.		$\% \text{ de áreas de intervención} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie de suelos bajo acciones de corrección} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie total de suelos que requieren corrección} \end{array} \right)} \times 100$
Acceso y manejo de agua	Construcción de bordo abrevadero y parcelario	(I) Porcentaje en la capacidad alcanzada de almacenamiento en bordo en comparación con el volumen deseado.		$\% \text{ de supervivencia} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de plantas supervivientes} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de plantas sembradas} \end{array} \right)} \times 100$
	Captación de agua de lluvia	(I) Porcentaje de captación de agua de lluvia alcanzada en temporada de lluvias de la captación deseada.		$\% \text{ de áreas de intervención} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Unidades de intervención con contenido de ganado} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Unidades de intervención con contención de ganado con cercas vivas} \end{array} \right)} \times 100$

Estrategia ambiental	Estrategia	Acción	Indicador	Fórmula
Conservación	Mecanismos de Gobernanza e Instrumentación	Establecer y manejar áreas naturales protegidas	(G) Cambio en la superficie decretada como ANP del territorio. (G) Porcentaje de la superficie del ANP que cuenta con Plan de manejo y reglamento para su gestión.	$\% \text{ de canales con flujo rehabilitado} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de canales con apertura} \\ \text{Número de canales bloqueados} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de canales con apertura} \\ \text{Número de canales bloqueados} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de áreas con intervención} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie bajo prácticas de conservación} \\ \text{restauración} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie total} \end{array} \right)} \times 100$
		Establecimiento de zonas de protección de recarga de acuíferos	(G) Cambio en la superficie decretada como protección para recarga de acuíferos del territorio.	$\% \text{ de plantas supervivientes} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de plantas supervivientes} \\ \text{Número de plantas sembradas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de plantas supervivientes} \\ \text{Número de plantas sembradas} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de zona intervenida} = \frac{\text{Zona intervenida}}{\text{Zona transformada}} \times 100$
		Gestión por pago de servicios ambientales hidrológicos	(G) Porcentaje de la superficie incorporada a esquema de pago por servicios ambientales del territorio.	$\% \text{ de Plantas propagadas} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Plantas vivas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Plantas propagadas} \end{array} \right)} \times 100$
		Proyectos de turismo sostenible	(G) Cambio en superficie destinada a proyectos de turismos sostenible	$\% \text{ de franjas hidroforestales} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de franjas hidroforestales establecidas} \\ \text{Número de franjas hidroforestales sembradas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de franjas hidroforestales establecidas} \\ \text{Número de franjas hidroforestales sembradas} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de Humedad en el suelo} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Humedad del suelo alcanzado} \\ \text{Humedad en el suelo original} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Humedad en el suelo original} \end{array} \right)} \times 100$
	Obras de control ante amenazas	Elaboración de barreras vivas	(I) Disminución en la superficie con erosión.	$\% \text{ de Extensión de fajas marginales} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Extensión actual de fajas marginales} \\ \text{Extensión original de fajas marginales} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Extensión original de fajas marginales} \end{array} \right)} \times 100$
		Brechas cortafuego	(G) Cambio en superficie protegida por brechas cortafuego	$\% \text{ de áreas de intervención} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie intervenidas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie total} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de volumen de agua infiltrada} = \frac{\left(\begin{array}{l} \% \text{ de volumen de agua infiltrada} \\ \% \text{ de volumen de agua existente originalmente} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \% \text{ de volumen de agua existente originalmente} \end{array} \right)} \times 100$
	Proyectos productivos	Construcción y gestión de viveros comunitarios	(G) Cambio en número de viveros existentes	$\% \text{ de Plantas supervivientes} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de plantas supervivientes en laderas en tiempo } x \\ \text{Número de plantas sembradas en laderas} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de plantas supervivientes en laderas en tiempo } x \\ \text{Número de plantas sembradas en laderas} \end{array} \right)} \times 100$
		Proyectos de huertos familiares	(G) Cambio en número de proyectos de huertos familiares existentes	$\% \text{ de cambio en proyectos apíarios} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de apíarios en funcionamiento} \\ \text{Número total de apíarios en el territorio} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número total de apíarios en el territorio} \end{array} \right)} \times 100$
		Establecimiento de proyectos de apicultura	(G) Cambio en número de proyectos de apicultura existentes	$\% \text{ de cambio en número de huertos familiares} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Número de huertos actuales} \\ \text{Número de huertos originales} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Número de huertos originales} \end{array} \right)} \times 100$
Restauración	Restauración de áreas erosionadas	Reforestación y revegetación de laderas	(I) Porcentaje de supervivencia en reforestación	$\% \text{ de cambio en superficie protegida actualmente por brechas cortafuego} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie protegida actualmente por brechas cortafuego} \\ \text{Superficie protegida originalmente por brechas cortafuego} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie protegida originalmente por brechas cortafuego} \end{array} \right)} \times 100$
		Construcción de tinas ciegas, zanjas, curvas de nivel y bordos de infiltración	(G) Porcentaje de área intervenida por tinas ciegas, zanjas, curvas de nivel y bordos de infiltración (I) Porcentaje de volumen de agua infiltrada	$\% \text{ de rotación del ganado} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie con rotación de ganado} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie a rotar de ganado} \end{array} \right)} \times 100$
		Fajas marginales en los cursos de agua	(G) Cambio en extensión de fajas marginales	$\% \text{ de cambio en superficie protegida por brechas cortafuego} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie protegida actualmente por brechas cortafuego} \\ \text{Superficie protegida originalmente por brechas cortafuego} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie protegida originalmente por brechas cortafuego} \end{array} \right)} \times 100$
	Revegetación en ecosistemas	Restauración de cauces y bosque ripario con franjas hidroforestales	(G) Cambio en número de franjas hidroforestales (I) Cambio en humedad de suelo	$\% \text{ de Cambio en superficie destinada a Proyectos de turismo sostenible} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie alcanzada incorporada a proyectos de turismo sostenible} \\ \text{Superficie original incorporada a proyectos de turismo sostenible} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie original incorporada a proyectos de turismo sostenible} \end{array} \right)} \times 100$
		Identificación y propagación de especies vegetales nativas	(I) Porcentaje de supervivencia en propagación	$\% \text{ de Cambio en superficie destinada a Proyectos de turismo sostenible} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie alcanzada incorporada a proyectos de turismo sostenible} \\ \text{Superficie original incorporada a proyectos de turismo sostenible} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie original incorporada a proyectos de turismo sostenible} \end{array} \right)} \times 100$
		Revegetación de zonas transformadas y áreas verdes con vegetación nativa	(I) Porcentaje de supervivencia (G) Porcentaje de zona intervenida	$\% \text{ de Superficie incorporada a GSA} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie actual incorporada a pagos por servicios ambientales} \\ \text{Superficie original incorporada a pagos por servicios ambientales} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie original incorporada a pagos por servicios ambientales} \end{array} \right)} \times 100$
	Rehabilitación de manglares	Rehabilitación del flujo hídrico	(G) Porcentaje de canales con flujo hídrico rehabilitado (G) Porcentaje de superficie bajo prácticas de conservación/restauración	$\% \text{ de Superficie que cuentan con decreto de protección para recarga de acuíferos} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie actual con decreto de protección} \\ \text{Superficie original con decreto de protección para recarga de acuíferos} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie original con decreto de protección para recarga de acuíferos} \end{array} \right)} \times 100$
		Reforestación y resiembra directa de manglar	(I) Porcentaje de supervivencia	$\% \text{ de Superficie de ANP decretada con respecto al territorio} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Total de la superficie decretada como ANP alcanzada} \\ \text{Superficie del territorio con ANP original} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie del territorio con ANP original} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de ANP que cuenta con Plan de Manejo y reglamento} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie de ANP con Plan de Manejo y reglamento alcanzada} \\ \text{Superficie de ANP con Plan de Manejo y reglamento original} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie de ANP con Plan de Manejo y reglamento original} \end{array} \right)} \times 100$
	Manejo del Suelo	Correcciones de los suelos ácidos, básicos y salinos	(G) Porcentaje de superficie intervenida para corrección de suelos	$\% \text{ de Captación de agua de lluvia} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Captación de agua de lluvia alcanzada} \\ \text{Captación de agua deseada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Captación de agua deseada} \end{array} \right)} \times 100$
		Construcción de fajinas, presas de madera y piedra, barreras de material vegetal seco	(G) Porcentaje de superficie intervenida	$\frac{\text{qej por qej}}{\text{qej por qej}} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Captación de agua de lluvia alcanzada} \\ \text{Captación de agua deseada} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Captación de agua deseada} \end{array} \right)} \times 100$
Restauración de cauces y cuerpos de agua	Recuperación y acondicionamiento de manantiales	Recuperación y acondicionamiento de manantiales	(G) Porcentaje de manantiales recuperados y acondicionados	$\% \text{ de Cumplimiento de metas de la UMA} = \sum_{i=1}^n \frac{\% \text{IS(FSI)}_i}{n} \text{tasa}$ $\% \text{IS (FSI): Porcentaje de medición obtenido de cada indicador de seguimiento para el manejo}$ $n: \text{número de indicadores de seguimiento medidos}$
		Tratamiento de aguas residuales con humedales	(G) Porcentaje de agua tratada	$\% \text{ de Cambio en Superficie incorporada a Certificaciones} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie actual incorporada a certificaciones} \\ \text{Superficie original incorporada a certificaciones} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie original incorporada a certificaciones} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de sucesión vegetal} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie revegetada} \\ \text{Superficie a revegetar} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Superficie a revegetar} \end{array} \right)} \times 100$
	Reintroducción de especies en cuerpos hidrálicos	(G) Porcentaje de cuerpos hidrálicos con programas de reintroducción de especies en cuerpos hidrálicos		$\% \text{ de Humedad en el suelo} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Humedad del suelo alcanzado} \\ \text{Humedad en el suelo original} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Humedad en el suelo original} \end{array} \right)} \times 100$ $\% \text{ de escorrentamiento superficial} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Escorrentamiento superficial actual} \\ \text{Escorrentamiento superficial original} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Escorrentamiento superficial original} \end{array} \right)} \times 100$



**Programa de las Naciones Unidas para el
Desarrollo en México**

Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec
Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México.
C.P. 11000

www.undp.org/es/mexico