

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO



**PORTAFOLIO DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA
PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA DEL COMPLEJO DE CUENCAS
“CORRIENTES DE TOPOLOBAMPO”**

UNA PROPUESTA TERRITORIALIZADA

PORTAFOLIO DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA DEL COMPLEJO DE CUENCAS “CORRIENTES DE TOPOLOBAMPO”. 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: Maite García de Alba, Octavio Mendoza

Enero 2025

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue enriquecida por diversas instituciones y organizaciones. Agradecemos el apoyo y la colaboración de la Secretaría de Bienestar y Desarrollo Sustentable de Sinaloa, de la Secretaría de Pesca y Acuicultura de Sinaloa, del Ayuntamiento de Choix, de la Universidad Autónoma Indígena de México, de Conselva, Costas y Comunicades A.C., de Corporación El Fuerte y de Arca Continental.

Esta publicación fue posible gracias al apoyo de Ayuda en Acción de México y el 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	39
Introducción	11	Grado de rezago social y grado de marginación	40
Objetivo general	12	Índice de Desarrollo Humano	41
Objetivos específicos	12	Igualdad de género	42
Metodología	15	Tenencia de la tierra	43
Caracterización socioeconómica	15	Áreas Naturales Protegidas	44
Población	15	Caracterización y diagnóstico biofísico y ambiental	45
Etnicidad	15	Subsistemas biofísicos	45
Acceso a agua potable y saneamiento	16	<i>Zonas funcionales</i>	45
Índice de Desarrollo Humano	16	<i>Geología</i>	45
Igualdad de Género	16	<i>Relieve</i>	47
Tenencia de la tierra	17	<i>Suelos</i>	49
Áreas Naturales Protegidas	17	<i>Hidrografía</i>	50
Caracterización y diagnóstico biofísico y ambiental	17	<i>Humedales</i>	51
Delimitación de zonas funcionales	17	<i>Zonas costeras</i>	52
Subsistemas biofísicos	18	<i>Vegetación y uso del suelo</i>	53
Clima y cambio climático	19	<i>Cambio de uso del suelo</i>	55
<i>Clima</i>	19	Clima y cambio climático	57
<i>Escenarios de cambio climático</i>	19	<i>Climas</i>	57
<i>Exposición a amenazas climáticas</i>	20	<i>Escenarios de cambio climático</i>	59
<i>Factores de sensibilidad al cambio climático</i>	21	<i>Exposición y amenazas climáticas</i>	61
Balance hídrico actual y ante el cambio climático	21	<i>Factores de sensibilidad al cambio climático</i>	63
Análisis geoespacial de balance hídrico	21	Balance hídrico y zonas potenciales	64
Análisis de potencial y zonas prioritarias para la implementación de estrategias de gestión territorial con enfoque SbN	25	<i>Balance hídrico actual</i>	64
Análisis de potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable	25	<i>Balance hídrico ante el cambio climático</i>	67
Análisis de zonas prioritarias para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable	31	Potencial para la conservación, la restauración y el aprovechamiento	67
Síntesis de la situación socioambiental	32	Zonas prioritarias para la conservación, la restauración y el aprovechamiento sustentable	70
Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica	32	Síntesis de situación socioambiental	71
Generación de medidas habilitadoras	32	Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica	74
Resultados	34	Medidas Habilitadoras para la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza	80
Localización de la zona de estudio	34	Conclusiones	83
Caracterización socioeconómica	36	Referencias	85
Población	36	Anexos	90
Etnicidad	37	Caracterización socioeconómica	90
Acceso a agua potable y saneamiento	38	Indicadores para estrategias de gestión ambiental con enfoque SbN	91

Figuras

Figura 1. Esquema de construcción del portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	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 “corrientes de Topolobampo”	41
Figura 5. Tenencia de la tierra del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	43
Figura 6. Áreas Naturales Protegidas del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	44
Figura 7. Zonas funcionales del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	45
Figura 8. Rocas del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	46
Figura 9. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de topofomas del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	48
Figura 10. Suelos del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	50
Figura 11. Hidrografía del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	51
Figura 12. Humedales del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	52
Figura 13. Zona costera del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	53
Figura 14. Uso de suelo y vegetación actual del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	55
Figura 15. Cambio de uso de suelo del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”, según el análisis de los años 1997 a 2021	56
Figura 16. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”, con base en la interpolación de información climática de estaciones meteorológicas	59
Figura 17. Comportamiento esperado de temperatura y precipitación en el complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”, según escenarios climáticos y RCP 8.5 para el largo plazo (2075-2099)	60
Figura 18. Grado de exposición ante amenazas por cambio climático del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	63
Figura 19. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático en el complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	64
Figura 20. Volumen de escurrimiento anual ($\text{hm}^3/\text{año}$) del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	65
Figura 21. Potencial para la conservación del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	68
Figura 22. Potencial para el aprovechamiento sustentable del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	68
Figura 23. Potencial para la restauración del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	69
Figura 24. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	71
Figura 25. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo” por municipio	72

Tablas

Tabla 1. Indicador de Desarrollo Humano para cada ámbito de bienestar	16	Tabla 28. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de topoformas por zona funcional	48
Tabla 2. Indicador para dimensiones del índice de desigualdad de género	17	Tabla 29. Tipo de suelo por zona funcional	49
Tabla 3. Valores del facto K, en función del tipo y uso del suelo	22	Tabla 30. Hidrografía por zona funcional	51
Tabla 4. Porcentajes de retorno con respecto al uso del agua	23	Tabla 31. Humedales por zona funcional	52
Tabla 5. Uso de suelo y vegetación para el escenario de disponibilidad hídrica ante el cambio climático	24	Tabla 32. Vegetación y uso de suelo actual por zona funcional	54
Tabla 6. Variables de ponderación para las zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable	25	Tabla 33. Dinámica histórica (1997-2021) de cambio de uso de suelo del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	55
Tabla 7. Pesos y rangos para zonas potenciales para la conservación	26	Tabla 34. Categoría de cambio de uso de suelo para el análisis de 1997 a 2021 por zona funcional	56
Tabla 8. Grado de potencial	28	Tabla 35. Clima por zona funcional	57
Tabla 9. Pesos y rangos para zonas potenciales para la restauración	28	Tabla 36. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN por zona funcional	58
Tabla 10. Grado de potencial	29	Tabla 37. 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 “corrientes de Topolobampo”	59
Tabla 11. Pesos y rangos para zonas potenciales para el aprovechamiento sustentable	29	Tabla 38. Cambios en las variables climáticas PMA, TMA, TMAX y TMIN, según escenarios climáticos bajo RCP 8.5, por zona funcional	60
Tabla 12. Grado de potencial	31	Tabla 39. Grado de exposición ante amenazas y exposición ante cambio climático por zona funcional	62
Tabla 13. Reglas de decisión para determinar la estrategia o estrategias prioritarias por polígono	32	Tabla 40. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático por zona funcional	64
Tabla 14. Estados y municipios del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	35	Tabla 41. Volumen ($\text{hm}^3/\text{año}$), en lugar de sólo la unidad	65
Tabla 15. Localidades del complejo por zona funcional	36	Tabla 42. Retornos de agua ($\text{hm}^3/\text{año}$)	66
Tabla 16. Población total de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	37	Tabla 43. Volumen de agua utilizado por sector ($\text{hm}^3/\text{año}$)	66
Tabla 17. Población total en hogares censales indígenas	37	Tabla 44. Entradas y salidas de agua (hm^3) para el cálculo del balance hídrico anual ante el cambio climático	67
Tabla 18. Porcentaje de población total por municipio que habla alguna lengua indígena y porcentaje de población total en hogares censales indígenas	37	Tabla 45. Zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable por zona funcional	69
Tabla 19. Población total que se considera afromexicana o afrodescendientes	38	Tabla 46. Acciones de gestión con enfoque SbN territorial para la seguridad hídrica	74
Tabla 20. Porcentaje de población total que se considera afromexicana o afrodescendiente por municipio	38	Tabla 47. Acciones complementarias a las de enfoque SbN que contribuyen a la seguridad hídrica del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	78
Tabla 21. Total de viviendas particulares habitadas por municipio con servicios y equipamiento de agua	39	Anexo - Tabla 1. Porcentaje de hablantes indígenas, población en hogares indígenas y población que se considera afromexicana o afrodescendientes en el complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	90
Tabla 22. Grado de rezago social y grado de marginación por zona funcional	40	Anexo - Tabla 2. Indicadores de gestión (G) e impacto (I) de acciones con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza del complejo de cuencas “corrientes de Topolobampo”	91
Tabla 23. Índice de Desarrollo Humano 2020 por municipio	42		
Tabla 24. Índice de Desigualdad de Género Municipal	42		
Tabla 25. Tenencia de la tierra por zona funcional	43		
Tabla 26. Áreas Naturales Protegidas por zona funcional	44		
Tabla 27. Distribución de la geología por zona funcional	46		

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	Módulo 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 Choix, arroyo Álamos, río Fuerte 2, arroyo Ocoroni, arroyo Cabrera, río Sinaloa 2 y Grupo Corrientes de Topolobampo, que inciden en los estados de Sinaloa, Sonora y Chihuahua, 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 al 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 para 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 “Corrientes de Topolobampo” como complejo prioritario dentro de este proyecto. Lo anterior se determina por su ubicación estratégica, por su importancia hídrica y su 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 Choix, la cuenca del arroyo Álamos, la cuenca del río Fuerte, la cuenca del arroyo Ocoroni, la cuenca del arroyo Cabrera, la cuenca del río Sinaloa y la cuenca del Grupo de corrientes Topolobampo. Este complejo se considera como cuenca costera

exorreica; pertenece a la Región Hidrológica Sinaloa; tiene incidencia en tres estados y once municipios, y concentra un total de 889,827 habitantes, principalmente dedicados a actividades económicas primarias (cultivo o cosecha de productos agrícolas y crianza de animales). Por esta razón, se desarrolla el siguiente portafolio, que permitirá tomar decisiones con base científica y respaldadas en 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, puntualizando 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, Áreas Naturales Protegidas (ANP) y el análisis histórico del cambio de uso del suelo; 2) análisis climático actual, potencial y análisis 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), el cual 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.

Adicionalmente, este portafolio fue enriquecido, de forma participativa, por 11 actores clave de las cuencas pertenecientes a siete instituciones (dos instituciones gubernamentales estatales, un gobierno municipal, una organización civil, una universidad y dos instituciones privadas). 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.

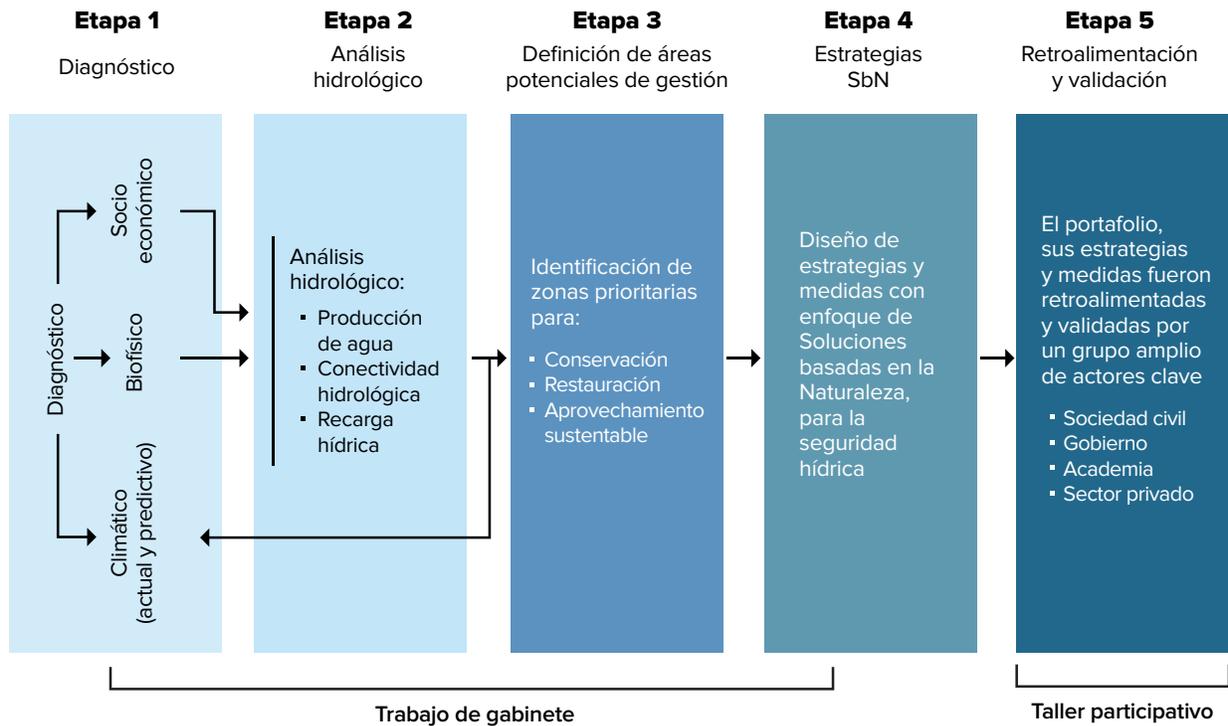
Objetivo general

Contribuir a la seguridad hídrica del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” 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 “Topolobampo”.
- Estimar el balance hídrico del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” 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 “Corrientes de Topolobampo”



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 que están dentro del complejo, 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). 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.

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. En cuanto 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 tal sentido, y por la baja calidad de la 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 los 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 afroamericana 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 afroamericana, negra o afrodescendiente, por sus antepasados y de acuerdo con sus costumbres y tradiciones.

Acceso a agua potable y saneamiento

Para el acceso al agua potable, se describió la información del total de viviendas particulares habitadas (INEGI, 2020), y se señaló 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 la 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.

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 calcular el índice de salud, sustituyendo 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

Igualdad de Género

Este índice busca evidenciar la brecha de igualdad entre varones y mujeres, el nivel de pérdidas de desarrollo por la desigualdad, el rezago y las 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 sistémico, deben reconocerse sus zonas funcionales, diferenciadas por su estructura paisajística y desempeñan una función específica (geomorfológica-hídrica), dependiendo de su posición espacial; asimismo, permiten entender la dinámica funcional de la cuenca (Valdés y Hernández, 2018). Las tres zonas funcionales son: a) la alta, de captación hídrica o cabecera; b) la media, o de captación-transporte hídrico, y c) la 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, incluidos 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 orden; 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 tal 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 permite 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

Para realizar 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 este sentido, se abordaron primero los subsistemas más antiguos, que son la base de la estructura de la cuenca, y cuya evolución requiere millones de años; posteriormente, los subsistemas de mediana antigüedad, cuya génesis se dio a partir de los anteriores durante miles de años, y conservan algunas de sus características; 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, así como por las variables derivadas de los usos de suelo. 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 antes referidos (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

Clima

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 directamente 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 a nivel nacional (García, 1998), a fin de contar con información general de su comportamiento, y con el fin de 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 36 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 la evaporación. Se consideró la información de mayor cobertura temporal (1951-2010). Asimismo, se calculó el índice de aridez (IA), siguiendo el método de Martonne (1926), publicado en Salinas-Zavala et al. (1998), el cual 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 $IA \leq 5$: árido, 5 a 10: semiárido, 10 a 20: estepa seca, 20 a 30: praderas y > 30 : vegetación de bosque. Lo anterior 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). Para 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), 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). Dichos valores se sumaron a los archivos ráster, que explican el clima histórico (precipitación media anual, temperatura media, temperatura mínima y temperatura máxima), y se obtuvieron así 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 “Corrientes de Topolobampo”, 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; 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 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-escorrimento 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 : Escurrimiento natural por cuenca propia	A_b : Escurrimiento a la salida de la cuenca
A_r : Escurrimiento 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

Escurrimiento natural por cuenca propia (C_p)

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

$$C_p = P * A_c * C_e$$

Donde:

- **P**= Precipitación media anual del complejo de cuencas (mm)
- **A_c**= Área del complejo de cuencas (km²)
- **C_e**= Coeficiente de escurrimiento (% de lluvia que se convierte en escurrimiento)

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	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 areas 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 Hileras	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			
Mas 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 ($VII = P \cdot Ac$) y finalmente el volumen escurrido ($Cp = VII \cdot Ce$).

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 consideró el total de agua destinada a los diferentes usos dentro del complejo de cuencas, tomando 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

Escorrentamiento a la salida de la cuenca (A_b)

Se refiere al volumen total del agua que llega al exutorio del complejo de cuencas, resultado de los procesos de escorrentamiento 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 Sinaloa (SNIARN, 2023), con el total de agua disponible conforme a la información publicada por la CONAGUA 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 5, 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 recalculó el coeficiente de escurrimiento C_e y el escurrimiento natural por cuenca propia C_p ; además se modificó el factor de corrección de la evaporación (0.8), y finalmente se recalculó 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 crasicaule
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 crasicaule	Pastizal inducido
Matorral sarcocaula	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
Escorrentamiento 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 $a_{ij} = a_{ji} = 1P$ 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

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad \text{Donde: } P_n \text{ muestra } n\text{-ésima unidad del indicador, y P es el elemento de la matriz de juicio.}$$

2) Cálculo del peso normalizado:

$$W_n = \left(\frac{GM_n}{\sum_{n=1}^N GM_n} \right) \quad \text{Donde W es el peso del vector (columna), y GM es la medida geométrica de } i\text{-ésima fila de juicio.}$$

3) Cálculo de Razón de Consistencia (CR) para verificar la razón de consistencia: $CR = \frac{CI}{RCI}$

El Índice de Consistencia (CI) se denota de la siguiente manera: $CI = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}$

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

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

Para que el análisis sea considerado válido la CR debe tener un valor < 0.10, de lo 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	3
			Aluvión	1
			Arenisca-conglomerado	1
			Caliza	3
			Caliza-arenisca	3
			Caliza-lutita	3
			Complejo metamórfico	4
			Conglomerado	1
			Cuarcita	5
			Cuerpo de agua	1
			Esquistos	4
			Filita	4
			Ígnea extrusiva ácida	5
			Ígnea extrusiva básica	5
			Ígnea extrusiva intermedia	5
			Ígnea intrusiva ácida	5
			Lutita	3
			Lutita-arenisca	3
			Metasedimentaria	4
			Metavolcánica	4
Pizarra	4			
Volcanosedimentaria	2			
Área sin información	1			
Relieve	0.03	3	Llanura	2
			Sierra	5
			Lomerío	4
			Valle	5
			Cuerpo de agua	5
			Playa o Barra	2
			Área sin información temática	1

Suelos	0.07	7	Cuerpo de agua	1
			Cambisol	5
			Feozem	5
			Fluvisol	1
			Leptosol	5
			Luvisol	3
			Regosol	3
			Solonchak	2
			Vertisol	1
Xerosol	2			
Clima	0.01	1	Awo	3
			(A)C(w1)	3
			(A)C(wo)	3
			BS1(h') w	5
			BS1hw	5
			BSo(h') w	5
			BW(h') w	5
			C(w1)	4
			C(w2)	4
			C(wo)	4
Pendiente (°)	0.02	2	0-3°	5
			3-15°	4
			15-30°	3
			30-45°	2
			>45°	1
Orientación de laderas	0.02	2	Norte	5
			Sur	1
			Este	3
			Oeste	3
			Plano	1
Hidrografía	0.11	1	NA	1
			Intermitente (50m)	3
			Perenne (50m)	5
Humedales	0.14	14	NA	1
			Estanque artificial	2
			Fluvial	5
			Palustre	3
			Estuarino	4
Lacustre	3			
Tenencia de la tierra	0.02	2	Sí	5
			No	1
Escurrimiento por cuenca propia	0.10	10	Alto (>10 hm ³ /año)	5
			Medio (1-10 hm ³ /año)	3
			Bajo (0-1 hm ³ /año)	1
ANP	0.20	20	Si	5
			No	1
Uso de suelo y vegetación	0.07	7	Acuicultura	2
			Agricultura de riego	2
			Agricultura de temporal	2
			Área sin vegetación aparente	1
			Asentamientos humanos	1
			Bosque de encino	5
			Bosque de encino-pino	5
			Bosque de pino	5
			Bosque de pino-encino	5
			Bosque de galería	5
			Cuerpo de agua	5
			Manglar	5
			Matorral crasicaule	4
			Matorral sarcocaula	4
			Mezquital	4
			Pastizal cultivado	3
			Pastizal natural	3
			Pastizal inducido	3
			Selva baja caducifolia	5
			Selva baja espinosa	5
Vegetación de galería	4			
Vegetación halófila	4			
Regiones marinas y terrestres prioritarias	0.19	19	Sí	5
			No	1
Sitios de restauración	0.01	1	Sí	5
			No	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Grado de potencial

Grado	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Rango	3.8 - 4.4	2.3 - 3.8	1.7 - 2.3	1.28 - 1.7

Fuente: Elaboración propia

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

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
Rocas	0.01	1	Arenisca	3
			Aluvión	5
			Arenisca-conglomerado	5
			Caliza	3
			Caliza-arenisca	3
			Caliza-lutita	3
			Complejo metamórfico	2
			Conglomerado	5
			Cuarcita	1
			Cuerpo de agua	5
			Esquistos	2
			Filita	2
			Ígnea extrusiva ácida	1
			Ígnea extrusiva básica	1
			Ígnea extrusiva intermedia	1
			Ígnea intrusiva ácida	1
			Lutita	3
			Lutita-arenisca	3
			Metasedimentaria	2
			Metavolcánica	2
Pizarra	2			
Volcanosedimentaria	4			
Área sin información	1			
Relieve	0.08	8	Llanura	5
			Sierra	1
			Lomerío	2
			Valle	5
			Cuerpo de agua	5
			Playa o Barra	4
			Área sin información temática	1
Suelos	0.13	13	Cuerpo de agua	5
			Cambisol	1
			Feozem	1
			Fluvisol	5
			Leptosol	1
			Luvisol	3
			Regosol	3
			Solonchak	4
			Vertisol	5
			Xerosol	4
Clima	0.06	6	Awo	3
			(A)C(w1)	3
			(A)C(wo)	3
			BS1(h') w	1
			BS1hw	1
			BSo(h') w	1
			BW(h') w	1
			C(w1)	2
			C(w2)	2
			C(wo)	2
Pendiente (°)	0.08	8	0-3°	1
			3-15°	2
			15-30°	3
			30-45°	4
			>45°	5
Orientación de laderas	0.04	4	Norte	1
			Sur	5
			Este	3
			Oeste	3
			Plano	5
Hidrografía	0.03	3	NA	1
			Intermitente (50m)	4
			Perenne (50m)	2

Humedales	0.02	2	NA	1
			Estanque artificial	5
			Fluvial	2
			Palustre	4
			Estuarino	2
			Lacustre	3
Tenencia de la tierra	0.02	2	Sí	1
			No	5
Escurrimiento por cuenca propia	0.08	8	Alto (>10 hm ³ /año)	1
			Medio (1-10 hm ³ /año)	3
			Bajo (0-1 hm ³ /año)	5
ANP	0.01	1	Sí	1
			No	5
Uso de suelo y vegetación	0.18	18	Acuicultura	4
			Agricultura de riego	4
			Agricultura de temporal	4
			Área sin vegetación aparente	5
			Asentamientos humanos	5
			Bosque de encino	1
			Bosque de encino-pino	1
			Bosque de pino	1
			Bosque de pino-encino	1
			Bosque de galería	1
			Cuerpo de agua	5
			Manglar	1
			Matorral crasicaule	2
			Matorral sarcocaule	2
			Mezquital	2
			Pastizal cultivado	3
			Pastizal natural	3
			Pastizal inducido	3
			Selva baja caducifolia	1
			Selva baja espinosa	1
Vegetación de galería	2			
Vegetación halófila	2			
Regiones marinas y terrestres prioritarias	0.01	1	Sí	1
			No	5
Sitios de restauración	0.25	25	Sí	5
			No	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Grado de potencial

Grado	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Rango	3.3 - 4.9	2.5- 3.3	1.8 - 2.5	1.0 - 1.8

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
			Aluvión	5
			Arenisca-conglomerado	5
			Caliza	3
			Caliza-arenisca	3
			Caliza-lutita	3
			Complejo metamórfico	1
			Conglomerado	5
			Cuarcita	4
			Cuerpo de agua	5
			Esquisto	1
			Filita	1
			Ígnea extrusiva ácida	4
			Ígnea extrusiva básica	4
			Ígnea extrusiva intermedia	4
			Ígnea intrusiva ácida	4
			Lutita	3

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
			Lutita-arenisca	3
			Metasedimentaria	1
			Metavolcánica	1
			Pizarra	1
			Volcanosedimentaria	2
			Área sin información	1
Relieve	0.05	5	Llanura	5
			Sierra	1
			Lomerío	2
			Valle	3
			Cuerpo de agua	5
			Playa o Barra	4
			Área sin información temática	1
Suelos	0.19	19	Cuerpo de agua	5
			Cambisol	1
			Feozem	4
			Fluvisol	3
			Leptosol	1
			Luvisol	4
			Regosol	2
			Solonchak	2
			Vertisol	5
			Xerosol	2
Clima	0.01	1	Awo	5
			(A)C(w1)	5
			(A)C(wo)	5
			BS1(h') w	2
			BS1hw	2
			BSo(h') w	2
			BW(h') w	2
			C(w1)	4
			C(w2)	4
			C(wo)	4
Pendiente (°)	0.05	5	0-3°	1
			3-15°	5
			15-30°	4
			30-45°	2
			>45°	1
Orientación de laderas	0.03	3	Norte	1
			Sur	3
			Este	5
			Oeste	5
			Plano	3
Hidrografía	0.12	12	NA	1
			Intermitente (50m)	2
			Perenne (50m)	5
Humedales	0.16	16	NA	1
			Estanque artificial	5
			Fluvial	4
			Palustre	2
			Estuarino	4
			Lacustre	3
Tenencia de la tierra	0.03	3	Sí	5
			No	2
Escurrimiento por cuenca propia	0.05	5	Alto (>10 hm ³ /año)	5
			Medio (1-10 hm ³ /año)	3
			Bajo (0-1 hm ³ /año)	1
ANP	0.01	1	Si	1
			No	5
Uso de suelo y vegetación	0.25	25	Acuicultura	5
			Agricultura de riego	5
			Agricultura de temporal	5
			Área sin vegetación aparente	1
			Asentamientos humanos	3
			Bosque de encino	1
			Bosque de encino-pino	1
			Bosque de pino	1
			Bosque de pino-encino	1
			Bosque de galería	1
			Cuerpo de agua	5
			Manglar	1
			Matorral crasicaule	2
			Matorral sarcocaule	2

Componente	Peso	Porcentaje	Clase	Rango
			Mezquital	2
			Pastizal cultivado	4
			Pastizal natural	4
			Pastizal inducido	4
			Selva baja caducifolia	1
			Selva baja espinosa	1
			Vegetación de galería	2
			Vegetación halófila	2
Regiones marinas y terrestres prioritarias	0.01	1	Sí	1
			No	5
Sitios de restauración	0.01	1	Sí	1
			No	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Grado de potencial

Grado	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Rango	3.8 - 4.6	2.8- 3.8	2.0 - 2.8	1.16 - 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 resultante 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 o estrategias prioritarias que se aplicarían en 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.	Categoría con el grado más alto dentro del polígono; en caso de presentarse dos con el mismo valor, se nombrará en orden de aparición; en caso de que se presenten sólo valores medios, bajos o muy bajos, se destinará para aprovechamiento sustentable.		

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 socioeconómico, biofísico, ambiental, e hídrico; 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 periodos indefinidos.

El listado de las acciones con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza, consistió en 35 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.

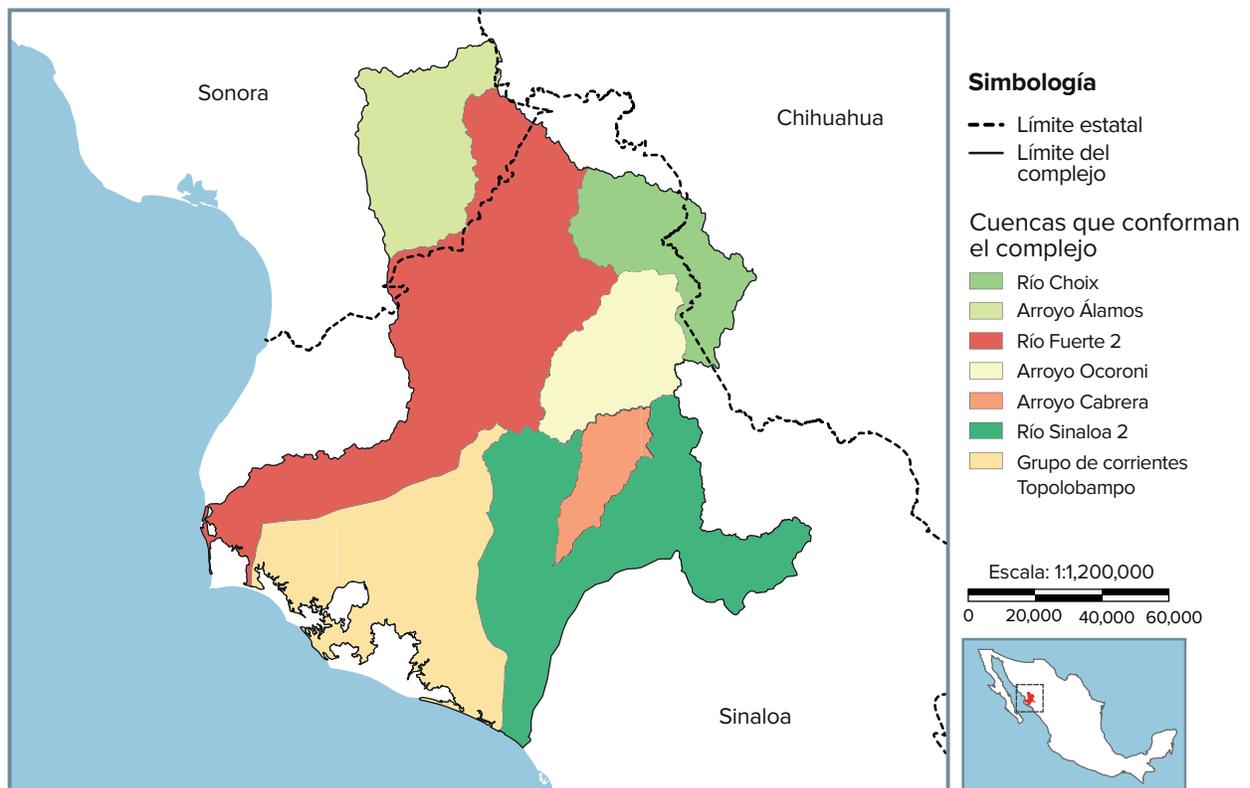


Resultados

Localización de la zona de estudio

La zona de estudio está conformada por 7 cuencas, que son referidas por la Comisión Nacional del Agua como: 126. Río Choix (1,487.3 km²); 127. Arroyo Álamos (1,776.8 km²); 128. Río Fuerte 2 (5,428.9 km²); 132. Arroyo Ocoroni (1,419.6 km²); 133. Arroyo Cabrera (627 km²); 134. Río Sinaloa 2 (3,738.1 km²); 138. Grupo de corrientes Topolobampo (3,186.4 km²) (en lo consiguiente serán referidas como complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”). Este complejo se ubica al noroeste de la República Mexicana; tiene una superficie de 17,664 km²; se localiza entre los 0 y 2,301 m s.n.m.; en su territorio inciden 3 estados y 11 municipios (figura 2,3; tabla 14). Su agua drena de este a oeste, y la aporta a la región hidrológica número 10 “Sinaloa”.

Figura 2. Localización de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2011a)

Figura 3. Municipios de la zona de estudio



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

Tabla 14. Estados y municipios del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”

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
Chihuahua	08008	Batopilas de Manuel Gómez Morín	2,121.4	18.4	0.9
	08020	Chínipas	1,977.5	2.1	0.1
	08046	Morelos	2,165.3	470.1	21.7
Sinaloa	25001	Ahome	3,957.30	2,023.00	51.1
	25003	Badiraguato	4,790.00	2.2	0.04
	25007	Choix	3,189.30	2,524.10	79.1
	25010	El Fuerte	4,133.80	3,646.40	88.2
	25011	Guasave	2,910.20	2,164.00	74.4
	25013	Mocorito	2,773.00	161.2	5.8
	25017	Sinaloa	6,268.30	4,303.60	68.7
Sonora	26003	Álamos	6,377.1	2,355.7	36.9

*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 “Corrientes de Topolobampo”, uno de ellos es la población concentrada en los asentamientos humanos. Según INEGI (2020), el complejo tiene un total de población de 889,827 habitantes, de los cuales 435,799 son hombres (49.3 %) y 448,097 son mujeres (50.7 %). Estos se ubican en 1,972 localidades (41 urbanas, 1,930 rurales), que se concentran principalmente en la zona baja del complejo (tabla 15). La Población Económicamente Activa (PEA) (personas que tienen una ocupación o que sin tenerla la están buscando activamente) es de 416,526 habitantes, de los cuales 255,021 son varones (61.2 %) y 161,505 son mujeres (38.8 %). La PEA se divide en población ocupada y desocupada. La primera es de 409,488 habitantes (250,081 varones [61.1 %] y 159,407 mujeres [38.9 %]), y la segunda de 7,038 (4,940 hombres [70.2 %] y 2,098 mujeres [29.8 %]). Conforme al número de localidades que desarrollan las actividades, en el complejo predominan las actividades económicas primarias. La actividad más realizada es el cultivo o cosecha de productos agrícolas, y la segunda más común, la crianza de animales. En la zona alta, media y baja predomina el cultivo o cosecha de productos agrícolas. El principal producto es el maíz (tabla 15).

Tabla 15. Localidades del complejo por zona funcional

Zona funcional	Num. de localidades	Población total	Actividades económicas			
			Nombre	Tipo	Prioridad*	Productos
Alta	44	1,107	CCPA	P	1	Maíz
			CA	P	2	Vacas, cabras, pollo
			PCA	P	3	NE
Media	284	8,209	CCPA	P	1	Maíz, cacahuete, ajonjolí, frijol, calabaza
			CA	P	2	Vacas, cabras, puercos
			EA	P	3	NE
			CSA	P	4	NE
Baja	284	8,209	CCPA	P	1	Maíz, ajonjolí, cacahuete, frijol, papa, naranja, mango, jitomate, nopal, calabaza, cebolla, chiles, cilantro, cítricos, fresa, garbanzo, granos, hortalizas, pepinos, sorgo, tomate, trigo, leguminosas, limón
			CA	P	2	Vacas, ovejas, puercos, pollos, cabras, caballos, rana, guajolotes o pavos
			PCA	P	3	NE
			CSA	P	4	Eucalipto
			RHPS	P	5	Quelite, orégano
			EA	P	6	NE
			EM	P	7	Hierro

CA: Crianza de animales, **CCPA:** Cultivo o cosecha de productos agrícolas, **PCA:** Pesca o caza de animales, **CSA:** Corte o siembra de árboles, **EM:** Explotación de minas, **RHPS:** Recolección de hierbas o plantas silvestres, **EA:** Elaboración de artesanías, **P:** Primaria, **T:** Terciaria, **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 “Corrientes de Topolobampo”, y de acuerdo con los datos del censo de 2020 (INEGI, 2020), el 2.9 % de la población de 3 años y más habla alguna lengua indígena (29,262 personas); el 53 % son varones, y el 43 % son mujeres. Además, respecto a la población total de estos municipios, el 4.5% (48,267) habita en hogares indígenas.

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

Entidad	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	Mujeres	Hombres
Sinaloa	18,692	8,436	10,256
Chihuahua	9,159	4,655	4,504
Sonora	1,411	670	741
TOTAL	29,262	13,761	15,501

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Población total en hogares censales indígenas

Entidad	Población en hogares censales indígenas
Sinaloa	134,292
Chihuahua	11,915
Sonora	2,060
TOTAL	48,267

Fuente: Elaboración propia

Tanto la población hablante de lengua indígena como la que habita en hogares indígenas se concentran en los municipios de Ahome, Choix, El Fuerte y Guasave (Sinaloa), y en Batopilas de Manuel Gómez Morín y Morelos (Chihuahua). Respecto a su población total de 3 años y más, con excepción de Guasave, son los mismos municipios de Sinaloa y Chihuahua los que tienen un mayor porcentaje de hablantes indígenas (Anexo - Tabla 1).

Tabla 18. Porcentaje de población total por municipio que habla alguna lengua indígena y porcentaje de población total en hogares censales indígenas

Entidad	Municipio	Población que habla alguna lengua indígena (%)	Población en hogares censales indígenas (%)
Sinaloa	Ahome	21.9 %	31.6 %
	Badiraguato	0.1 %	0.1 %
	Choix	10.7 %	3.4 %
	El Fuerte	18.1 %	25.0 %
	Guasave	12.0 %	10.0 %
	Mocorito	0.1 %	0.1 %
	Sinaloa	4.2 %	4.1 %
Chihuahua	Batopilas de Manuel Gómez Morín	22.3 %	16.5 %
	Chínipas	2.8 %	2.1 %
	Morelos	7.8 %	7.1 %
Sonora	Álamos	4.8 %	4.3 %

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en los municipios que inciden en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, se contabilizan 12,350 personas (el 1.15 % de la población de la cuenca) que se consideran afromexicanas o afrodescendientes (48.3 % mujeres, 51.7 % hombres). Esta población se ubica mayoritariamente en Sinaloa (93.9 %), en los municipios de Ahome, Choix, Guasave y El Fuerte (Anexo - Tabla 1).

Tabla 19. Población total que se considera afromexicana o afrodescendientes

Entidad	Población que se considera afromexicana o afrodescendiente	Mujeres	Hombres
Sinaloa	111,601	5,630	5,971
Chihuahua	126	55	71
Sonora	623	277	346
TOTAL	12,350	5,962	6,388

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Porcentaje de población total que se considera afromexicana o afrodescendiente por municipio

Entidad	Municipio	Población que se considera afromexicana o afrodescendiente (%)
Sinaloa	Ahome	32.1 %
	Badiraguato	2.9 %
	Choix	17.5 %
	El Fuerte	14.3 %
	Guasave	24.4 %
	Mocorito	1.4 %
	Sinaloa	6.3 %
Chihuahua	Batopilas de Manuel Gómez Morín	0.8 %
	Chínipas	0.1 %
	Morelos	0.2 %
Sonora	Álamos	5 %

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la condición de multi etnicidad y culturalidad, sobresalen los municipios de Ahome, Choix, El Fuerte y Guasave, pues concentran el mayor porcentaje de alta población hablante indígena, en hogares censales indígenas.

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 la finalidad 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 las cuencas del complejo “Corrientes de Topolobampo” el total viviendas particulares habitadas es 299,988 de las cuales el 84.9 % disponen de agua entubada y con abastecimiento del servicio público de agua, mientras que el 92.4 % disponen 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 “Corrientes de Topolobampo” el porcentaje de viviendas que cuentan con tinacos es el 37.4 %, mientras que sólo el 3.8 % disponen 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 21. 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 (%)
Chihuahua	008	Batopilas de Manuel Gómez Morín	2, 823	14.45	22.60	41.06	0.85
	020	Chinipas	1, 787	64.86	63.68	57.86	4.76
	046	Morelos	1, 868	27.57	45.24	56.64	1.23
Sinaloa	001	Ahome	133, 896	97.3	97.45	22.95	1.83
	003	Badiraguato	7, 250	36.19	82.66	69.78	21.06
	007	Choix	8, 176	45.49	86.06	57.6	15.3
	010	El Fuerte	26, 499	78.17	82.77	31.22	3.35
	011	Guasave	77, 894	86.42	95.89	47.27	3.69
	013	Mocorito	11, 587	67.69	93.35	64.38	8.57
	017	Sinaloa	21, 075	77.95	88.72	56.8	3.83
Sonora	003	Álamos	7, 133	52.04	71.48	56.41	6.98
Total			299, 988				

Fuente: Elaboración propia

De los municipios que inciden en el complejo de cuencas del “Corrientes de Topolobampo”, el que presenta el mayor porcentaje de cobertura de agua potable y drenaje es Ahome (Sinaloa), con el 97.3 % y 97.4 % respectivamente; en cambio, el municipio con menor cobertura es Batopilas de Manuel Gómez Morín (Chihuahua), con el 14.4 y 22.6 %. En cuanto al equipamiento para el almacenamiento de este recurso, el municipio de Ahome (Sinaloa) tiene el mayor porcentaje de viviendas con tinaco, al igual que en almacenamiento en cisternas.

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 Sinaloa, como muchos otros, so temas alarmantes la presencia del crimen organizado y desaparición de personas.

El Estado de Sinaloa es uno de los estados con mayor número de personas desaparecidas. De manera particular, hasta mayo de 2023, de acuerdo con datos recabados por la Red Lupa del Instituto Mexicano de Derechos Humanos y Democracia A.C. (IMDH, 2023) entre los municipios con la mayor cantidad de personas desaparecidas de todo el estado se identificaron: Ahome (896), Guasave (301) y El Fuerte (215).

Por otro lado, según el Observatorio Nacional Ciudadano (2024) y con base en la información del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad, en 2021, del total de delitos ocurridos en los municipios de la Cuenca (598), el 45 % se concentraron en Ahome, Sinaloa, seguido por Guasave (14%). Dado que los municipios de Chihuahua que abarca la Cuenca de Topolobampo, son solo 3 y de poca población, no son datos relevantes los relacionados con incidencia delictiva.

Con estos mismos datos del Observatorio, se identifica que, de los delitos graves en razón de género, sobresale la violación (104 casos reportados en carpetas de investigación), también con mayores cifras en Ahome (57) Choix (6) y Mocorito (4) en Sinaloa. Aunque las cifras de feminicidio no parecen altas, es importante considerar la situación de todo el estado, tanto de Sinaloa, como Durango, y tener presente que las mujeres son una población altamente vulnerable en estos territorios. El robo con violencia destaca por las altas cifras (493) en total, con 271 carpetas en Ahome, 83 en Guasave y 73 en Mocorito.

Finalmente, el homicidio doloso es otro delito que considerar, y en el total de los municipios de la Cuenca, en 2021 se abrieron 163 carpetas de investigación, con una mayor prevalencia en los municipios de Guasave (35), Ahome (34) y Choix (15).

En síntesis, es importante considerar las condiciones particulares de inseguridad de los municipios que integran la Cuenca del Sonora, 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 la zona alta y media predominan los valores medios. Y en la zona baja 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 y muy 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 la zona alta y media predominan los valores altos, y en la zona baja, los valores muy bajos (tabla 22, figura 4).

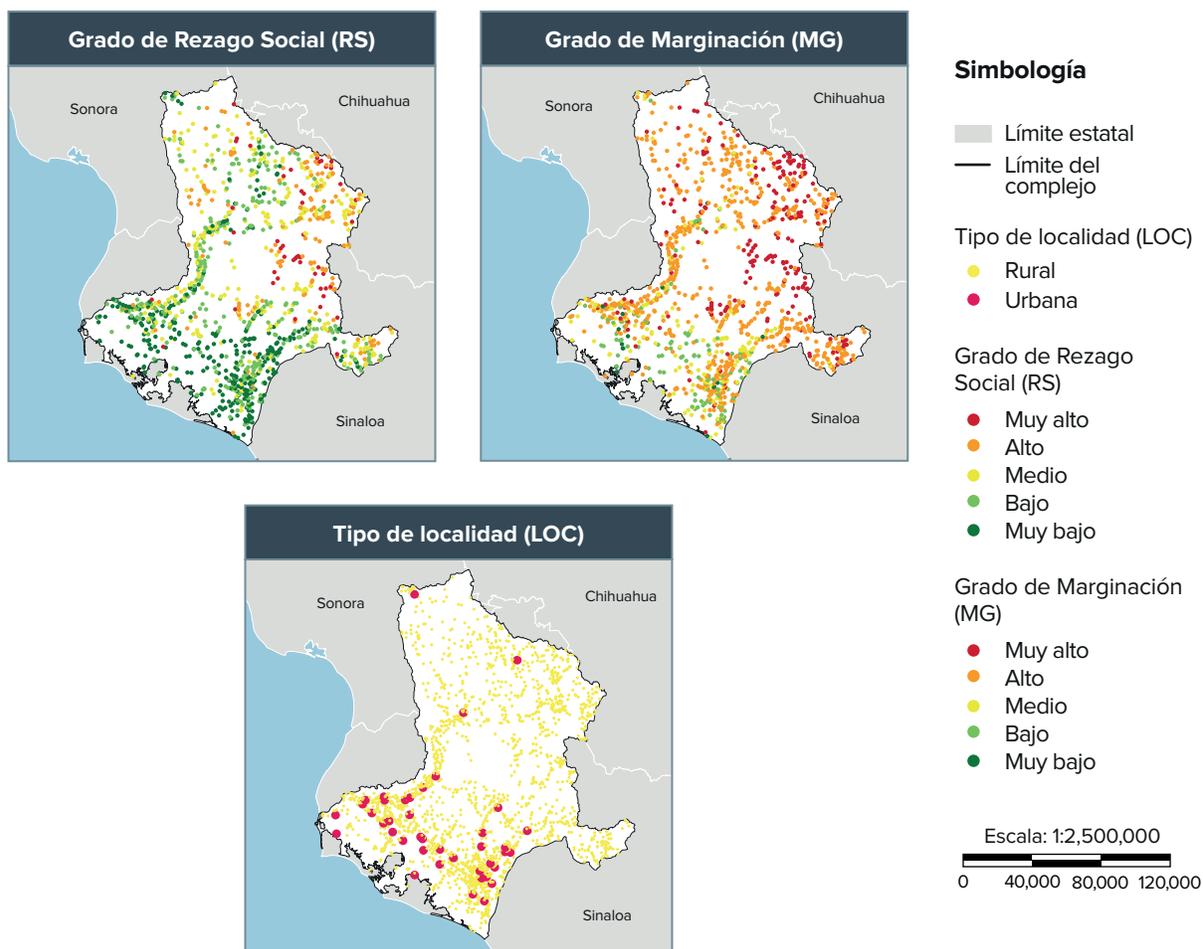
Tabla 22. Grado de rezago social y grado de marginación por zona funcional

Zona funcional	Indicador	Grado					
		MA	A	M	B	MB	
Alta	Rezago social	Núm. Localidad	6	12	7		
		Total de Población	105	503	640		
	Marginación	Núm. Localidad	12	13			
		Total de Población	437	811			
Media	Rezago social	Núm. Localidad	17	77	63	19	2
		Total de Población	399	2,164	4,788	2,613	608
	Marginación	Núm. Localidad	92	83	3		
		Total de Población	2,848	6,999	725		
Baja	Rezago social	Núm. Localidad	25	67	243	321	317
		Total de Población	626	2,123	30,335	104,664	702,421
	Rezago social	Núm. Localidad	109	556	177	114	17
		Total de Población	3,735	134,568	188,635	170,042	345,189

Fuente: Elaboración propia

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

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



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

Índice de Desarrollo Humano

Según los datos del último Informe de Desarrollo Humano Municipal (IDHM) 2010-2020 (PNUD, 2022), el cual se construye principalmente con base en los datos de los Censos Nacionales de Población y Vivienda y Encuestas intercensales, así como otras estimaciones del el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO). El PNUD a nivel global realiza este tipo de mediciones y categoriza los niveles de desarrollo humano en 4 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 “Corrientes de Topolobampo”, el promedio ponderado de IDH es de 0.735. Se ubican

con un nivel bajo dos municipios (Batopilas de Manuel Gómez Morín y Morelos (20 %), cuatro se clasifican con un nivel Medio (40 %), y cuatro con Alto (40 %). Solo el 20 % de los municipios se identifican con un nivel por encima del promedio nacional, y se localizan en Sinaloa.

Tabla 23. Índice de Desarrollo Humano 2020 por municipio

Entidad	Municipio	IDH 2020
Chihuahua	Batopilas de Manuel Gómez Morín	0.456
	Morelos	0.535
	Chínipas	0.595
Sinaloa	Badiraguato	0.645
	Choix	0.67
	Sinaloa	0.69
	Mocorito	0.706
	El Fuerte	0.718
	Guasave	0.752
	Ahome	0.799
Sonora	Álamos	ND*

*Debido a que la muestra recabada en el Censo de Población y Vivienda 2020 para dichos municipios fue insuficiente, PNUD, 2022

Fuente: Elaboración propia

Igualdad de género

Como un complemento al IDH a nivel municipal, el PNUD incluye el Índice de Desigualdad de Género (IDG), como un elemento fundamental para entender las brechas y rezagos entre hombres y mujeres. A diferencia del IDH, los valores cercanos al cero son los que denotan panoramas más alentadores, es decir, a menor valor, menor desigualdad.

A nivel nacional, el IDG de México es de 0.309 (PNUD, 2022). De los municipios que se ubican dentro de la Cuenca del Topolobampo, Chínipas en Chihuahua, obtuvo un índice menor al nacional (0.306), lo que habla de una situación de alta desigualdad en razón de género. Por otro lado, los municipios con mayor índice de desigualdad son: en Sinaloa, Guasave (0.4), Sinaloa (0.41). Ahome (0.413); y en Chihuahua Batopilas de Manuel Gómez Morín (0.436) y Morelos (0.447).

Tabla 24. Índice de Desigualdad de Género Municipal

Entidad	Municipio	IDG Municipal
Chihuahua	Batopilas de Manuel Gómez Morín	0.436
	Morelos	0.447
	Chínipas	0.306
Sinaloa	Badiraguato	0.318
	Choix	0.373
	Sinaloa	0.41
	Mocorito	0.348
	El Fuerte	0.397
	Guasave	0.4
	Ahome	0.413
Sonora	Álamos	ND

Fuente: Elaboración propia

Tenencia de la tierra

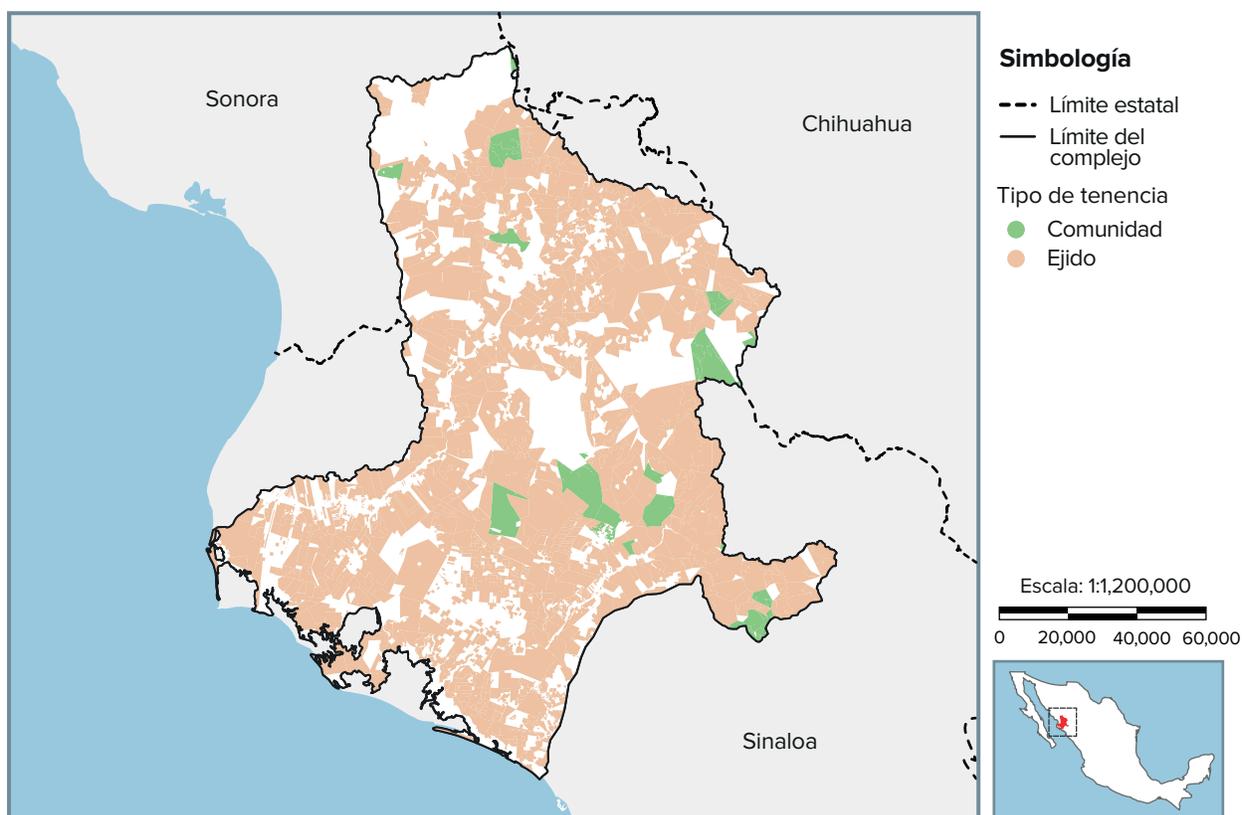
Según RAN (2019), la propiedad de la tierra en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” se divide en ejidal, comunal y privada, de ellas predominan los ejidos (514) (64.9 % con respecto a la superficie del complejo), seguidos de la propiedad comunal (22) (4.2 % con respecto a la superficie del complejo), y finalmente, de la propiedad privada. En la zona alta, media y baja predomina la propiedad ejidal (tabla 25, figura 5).

Tabla 25. Tenencia de la tierra por zona funcional

Zona funcional	Categoría	Núm. de ejidos	Superficie (km ²)
Alta	Ejido	29	356.2
	Comunidad	7	110.04
Media	Ejido	145	2,571.1
	Comunidad	19	135.5
Baja	Ejido	701	8,539.7
	Comunidad	23	496.6

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Tenencia de la tierra del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



Fuente: Elaboración propia a partir de RAN (2019)

Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Según la CONANP (2022, 2020), en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, 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 26, figura 6).

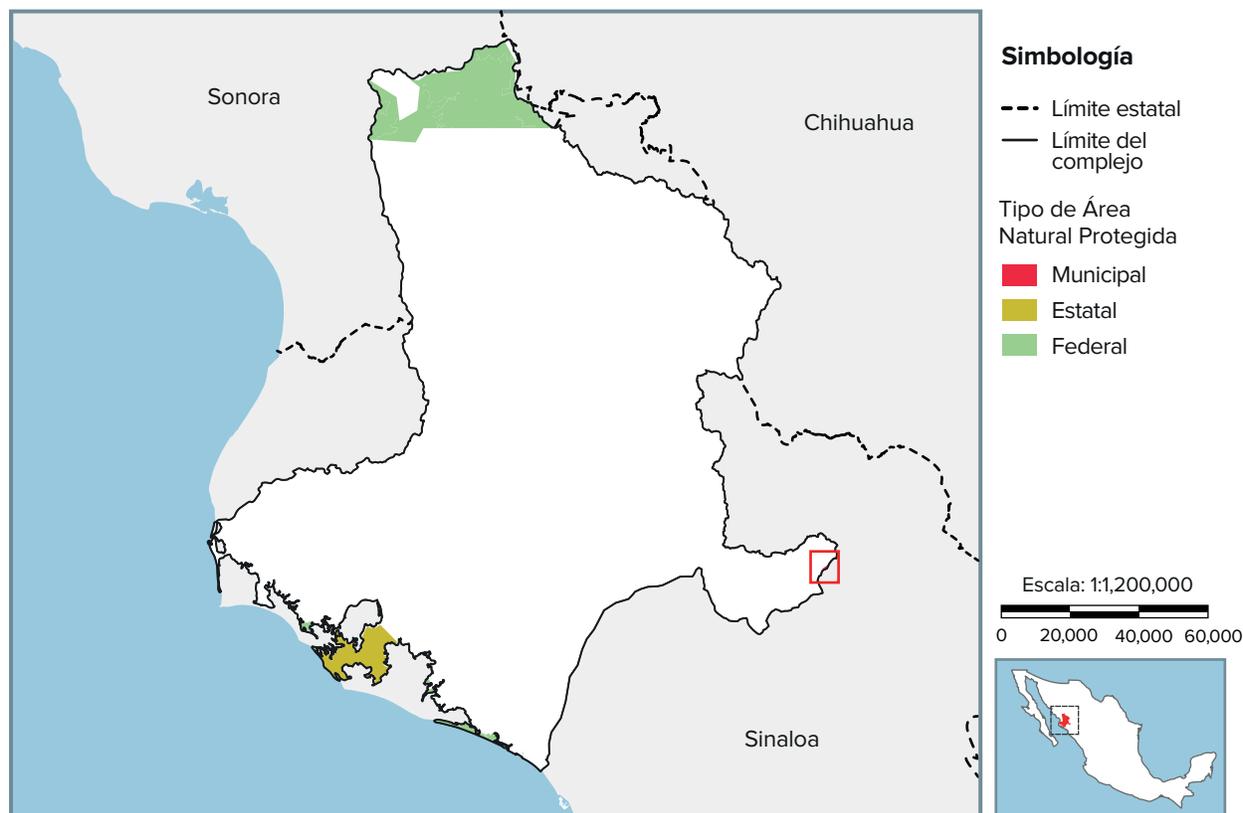
Tabla 26. Áreas Naturales Protegidas por zona funcional

Zona funcional	Nombre del Área Natural Protegida	Categoría	Orden	Superficie (km ²)
Alta	Sierra de Álamos-río Cuchujaqui	APFF	Federal	63.5
	Surutato	ZPECP	Municipal	1.2
Media	Sierra de Álamos-río Cuchujaqui	APFF	Federal	563.5
Baja	Sierra de Álamos-río Cuchujaqui	APFF	Federal	124.1
	Islas del Golfo de California	APFF	Federal	37.4
	Navachiste	ZSCE	Estatal	166.4

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

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Áreas Naturales Protegidas del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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

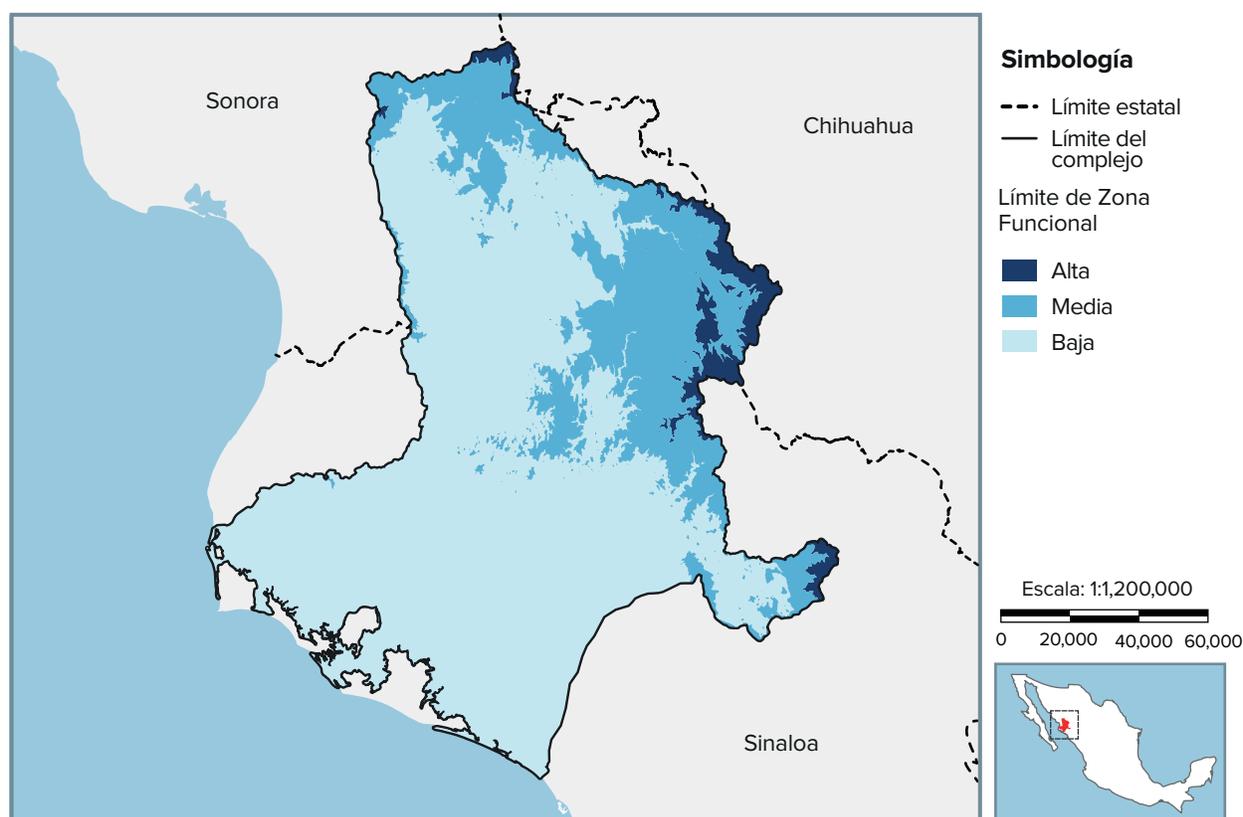
Caracterización y diagnóstico biofísico y ambiental

Subsistemas biofísicos

Zonas funcionales

El complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” se divide en tres zonas funcionales: 1) baja, que va de 0 a 494 m s.n.m.; 2) media, que va de 494 a 1,395 m s.n.m., y 3) alta, de los 1,395 a los 2,301 m s.n.m.. La de mayor extensión es la zona baja (12,767 km²), seguida de la zona media (4,221 km²), y con la menor superficie está la zona alta (676 km²). Lo anterior indica que en el complejo predominan los procesos de acumulación hídrica y deposición de materiales que provienen de la zona media y alta (figura 7).

Figura 7. Zonas funcionales del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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.

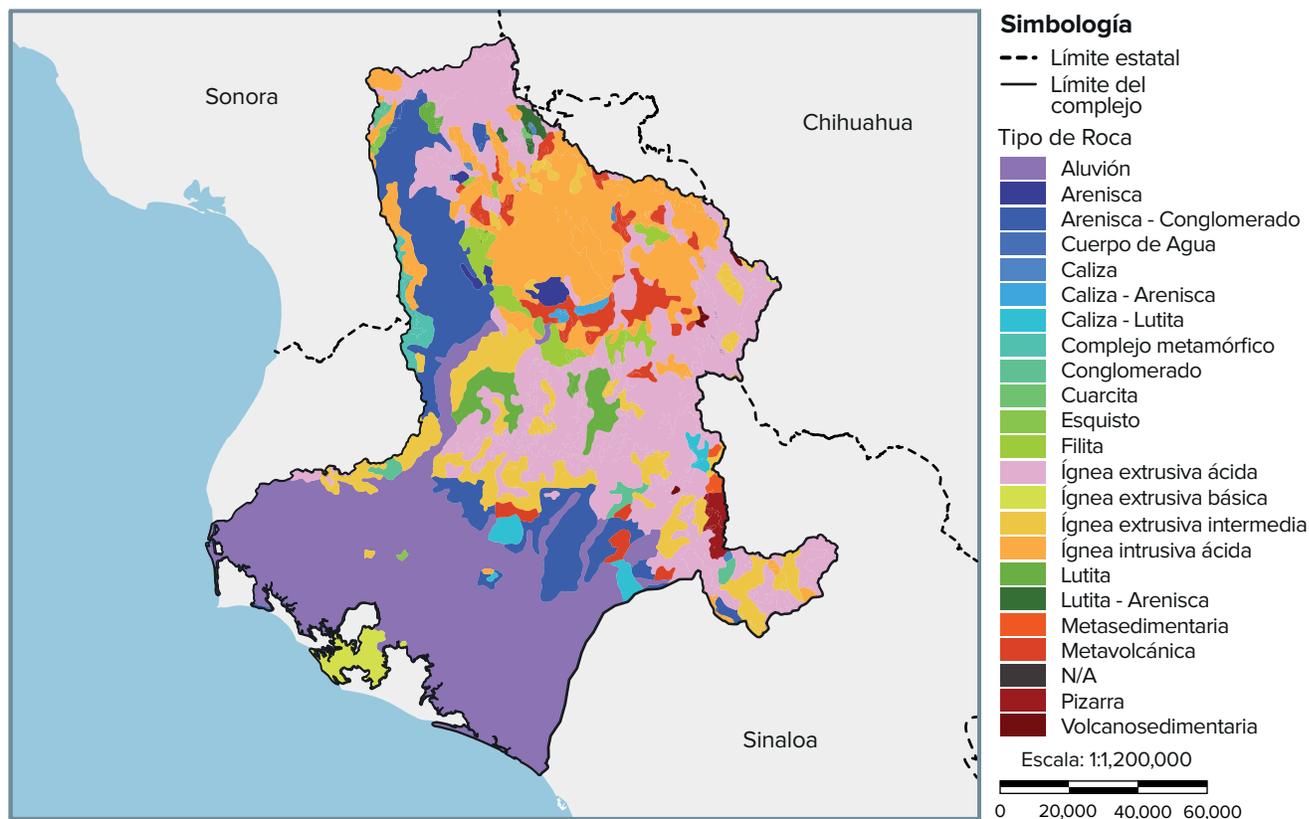
Geología

De acuerdo con INEGI (2000b), las rocas de mayor antigüedad en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” son de tipo metamórfico y datan de la era Paleozoica (esquisto, filita) (570 a 230 millones de años); posteriormente, se encuentran rocas de la era Mesozoica (230 a 65 millones de años); algunas son sedimentarias, metamórficas y volcánicas, lo que sugiere que la base del complejo se formó a partir de rocas metamórficas y que, con el paso del tiempo, se combinaron con actividad volcánica y sedimentaria, hasta que, durante la era Cenozoica (65 millones de años a la fecha), se desarrolló actividad volcánica y dominaron

las rocas de origen ígneo extrusivo de composición básica, intermedia y ácida, que fueron posteriormente erosionadas y depositadas en las zonas de planicie, formando areniscas, lutitas, conglomerados y aluviones.

En la zona funcional alta, predominan las rocas ígneas extrusivas ácidas, provenientes de los volcanes y sistemas montañosos ubicados al este del complejo. En la zona funcional media, también predominan las rocas ígneas extrusivas. Finalmente, en la parte baja afloran las rocas sedimentarias (aluvión) (tabla 27, figura 8).

Figura 8. Rocas del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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

Tabla 27. Distribución de la geología por zona funcional

Zona funcional	Tipo	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Caliza-lutita	0.001	0.0001
	Conglomerado	8.0	0.05
	Filita	0.005	0.00003
	Ígnea extrusiva ácida	570.7	3.2
	Ígnea extrusiva básica	3.3	0.02
	Ígnea extrusiva intermedia	31.2	0.2
	Ígnea intrusiva ácida	48.5	0.3
	Metavolcánica	0.1	0.001
	Volcanosedimentaria	14.4	0.1
Media	Arenisca	0.5	0.003
	Arenisca-conglomerado	40.5	0.2
	Caliza	10.6	0.1
	Caliza-arenisca	31.1	0.2
	Caliza-lutita	41.7	0.2
	Complejo metamórfico	37.5	0.2
	Conglomerado	12.6	0.1
	Cuarcita	2.5	0.01
	Esquisto	7.4	0.04

Zona funcional	Tipo	Superficie (km ²)	Porcentaje
Media	Filita	134.8	0.8
	Ígnea extrusiva ácida	2,284.5	12.9
	Ígnea extrusiva intermedia	181.3	1.0
	Ígnea intrusiva ácida	979.7	5.5
	Lutita	15.1	0.1
	Lutita-arenisca	45.3	0.3
	Metasedimentaria	30.0	0.2
	Metavolcánica	323.2	1.8
	Pizarra	39.9	0.2
Volcanosedimentaria	3.0	0.02	
Baja	Aluvión	5,149.6	29.2
	Arenisca	105.7	0.6
	Arenisca-conglomerado	1,825.8	10.3
	Cuerpo de agua	21.7	0.1
	Caliza	11.8	0.1
	Caliza-arenisca	9.9	0.1
	Caliza-lutita	127.4	0.7
	Complejo metamórfico	88.4	0.5
	Conglomerado	99.8	0.6
	Cuarcita	3.8	0.02
	Esquisto	32.7	0.2
	Filita	209.8	1.2
	Ígnea extrusiva ácida	1,652.4	9.4
	Ígnea extrusiva básica	179.5	1.0
	Ígnea extrusiva intermedia	1,196.9	6.8
	Ígnea intrusiva ácida	1,379.4	7.8
	Lutita	343.7	1.9
	Lutita-arenisca	8.6	0.05
	Metasedimentaria	0.6	0.003
	Metavolcánica	262.7	1.5
	Aluvión	0.3	0.002
Pizarra	52.1	0.3	
Volcanosedimentaria	4.0	0.02	

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura $\leq 1\%$

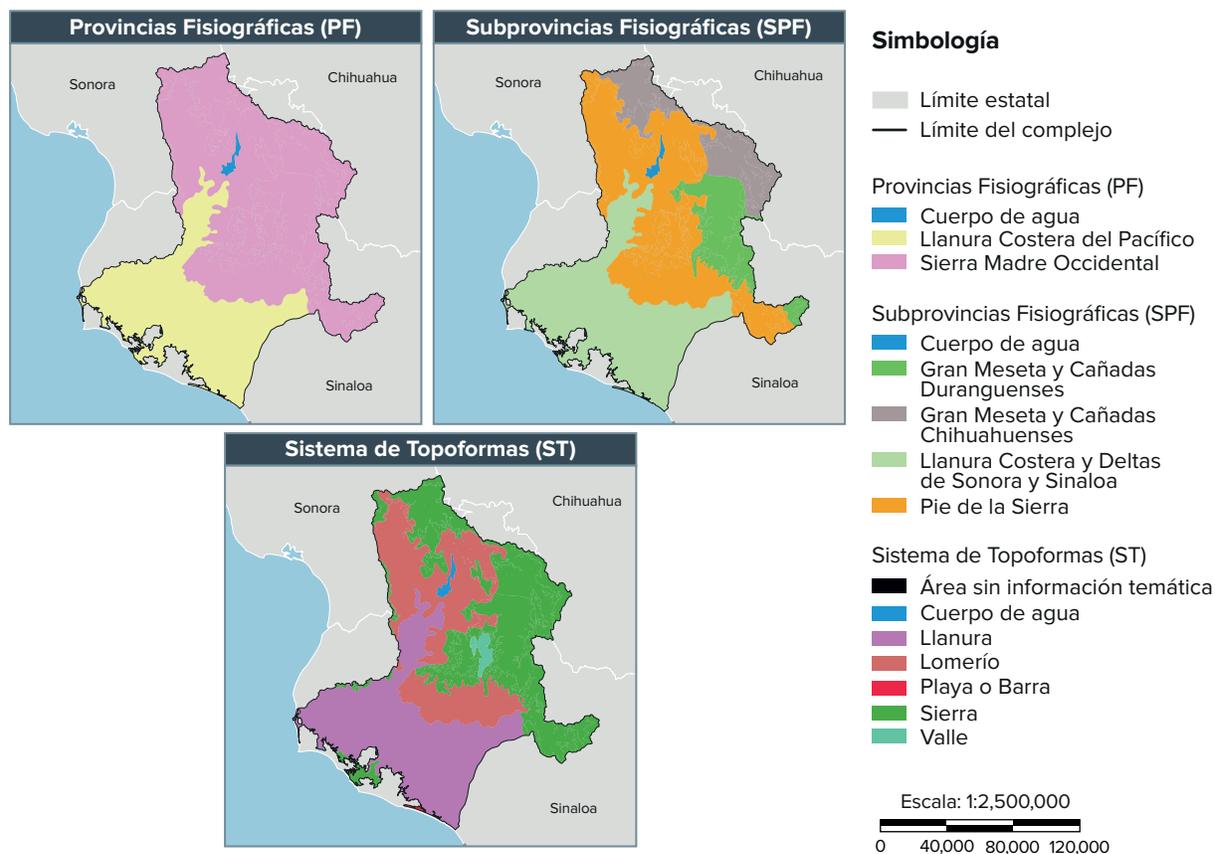
Fuente: Elaboración propia

Relieve

La geología es la base para el desarrollo y diferenciación de las unidades que caracterizan al relieve del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” (geofomas). En tal sentido, según INEGI (2001a), el complejo forma parte de dos provincias fisiográficas: la Llanura Costera del Pacífico y la Sierra Madre Occidental. La Llanura Costera del Pacífico corresponde a la subprovincia Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, las cuales se caracterizan principalmente por el sistema de topoformas conocido como Llanura. La Sierra Madre Occidental coincide con tres subprovincias: Gran Meseta y Cañadas Duranguenses, Gran Meseta y Cañadas Chihuahuenses y con el Pie de la Sierra, y se caracterizan por el sistema de topoformas Sierra y Lomerío (INEGI, 2001b, 2001c).

En las zonas funcionales alta y media, predominan la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, la subprovincia Gran Meseta y Cañadas Chihuahuenses, y se caracterizan por el sistema de topoformas Sierra. Por su parte, en la zona baja predominan la Llanura Costera del Pacífico, la Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, y las llanuras (tabla 28, figura 9).

Figura 9. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de toposformas del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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

Tabla 28. Provincias y subprovincias fisiográficas, y sistema de toposformas por zona funcional

Zona funcional	Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica	Sistema de toposformas	Superficie (km ²)	Porcentaje	
Alta	Sierra Madre Occidental	Gran Meseta y Cañadas Duranguenses	Sierra	201.3	1.1	
		Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses	Sierra	465.9	2.6	
		Pie de la Sierra	Sierra	8.9	0.1	
Media	Llanura Costera del Pacífico	Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa	Llanura	0.4	0.002	
			Sierra	3.2	0.02	
	Sierra Madre Occidental	Gran Meseta y Cañadas Duranguenses	Lomerío	0.00004	0.0000002	
			Sierra	1,494.2	8.5	
			Valle	0.00001	0.0	
			Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses	Lomerío	0.0001	0.0000007
Sierra	1,674.8	9.5				
Valle	0.1	0.001				
Baja	Llanura Costera del Pacífico	Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa	Pie de La Sierra	Lomerío	313.3	1.8
			Sierra	719.7	4.1	
			Valle	15.4	0.1	
			Área sin información temática	0.3	0.002	
			Cuerpo de Agua	0.0001	0.000001	
			Llanura	5,962.8	33.8	
Lomerío	17.2	0.1				
Playa o Barra	19.4	0.1				
Sierra	224.5	1.3				

Baja	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Área sin información temática	0.000002	0.00000001
			Cuerpo de Agua	107.7	0.6
			Llanura	0.00002	0.0000001
			Lomerío	0.00006	0.0000003
	Sierra Madre Occidental	Gran Meseta y Cañadas Duranguenses	Playa o Barra	0.000004	0.00000002
			Sierra	0.00002	0.0000001
Sierra Madre Occidental	Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses	Lomerío	0.0001	0.000001	
		Sierra	349.1	2.0	
Sierra Madre Occidental	Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses	Valle	0.00003	0.0000002	
		Lomerío	0.0001	0.0000003	
Sierra Madre Occidental	Pie de La Sierra	Sierra	165.3	0.9	
		Valle	0.1	0.0004	
Sierra Madre Occidental	Pie de La Sierra	Cuerpo de Agua	0.00005	0.0000003	
		Llanura	0.0003	0.000001	
		Lomerío	4,600.4	26.0	
		Sierra	1,148.6	6.5	
		Valle	171.3	1.0	

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura $\leq 1\%$

Fuente: Elaboración propia

Suelos

Los suelos que evolucionaron a partir de los diferentes tipos de geoformas permiten clasificar al complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo” como un complejo de cuencas con suelos típicos de relieves montañosos con basamentos litológicos sedimentarios, razón por la que, según INEGI (2005), el complejo presenta nueve 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 y Vertisol; suelos con alta saturación de bases, como el Solonchak; suelos de zonas áridas, como el Xerosol, y suelos producto de aportes fluviales, como el Fluvisol.

En la zona alta y media del complejo predominan los Leptosoles, y en la zona baja los Vertisoles (tabla 29, figura 10).

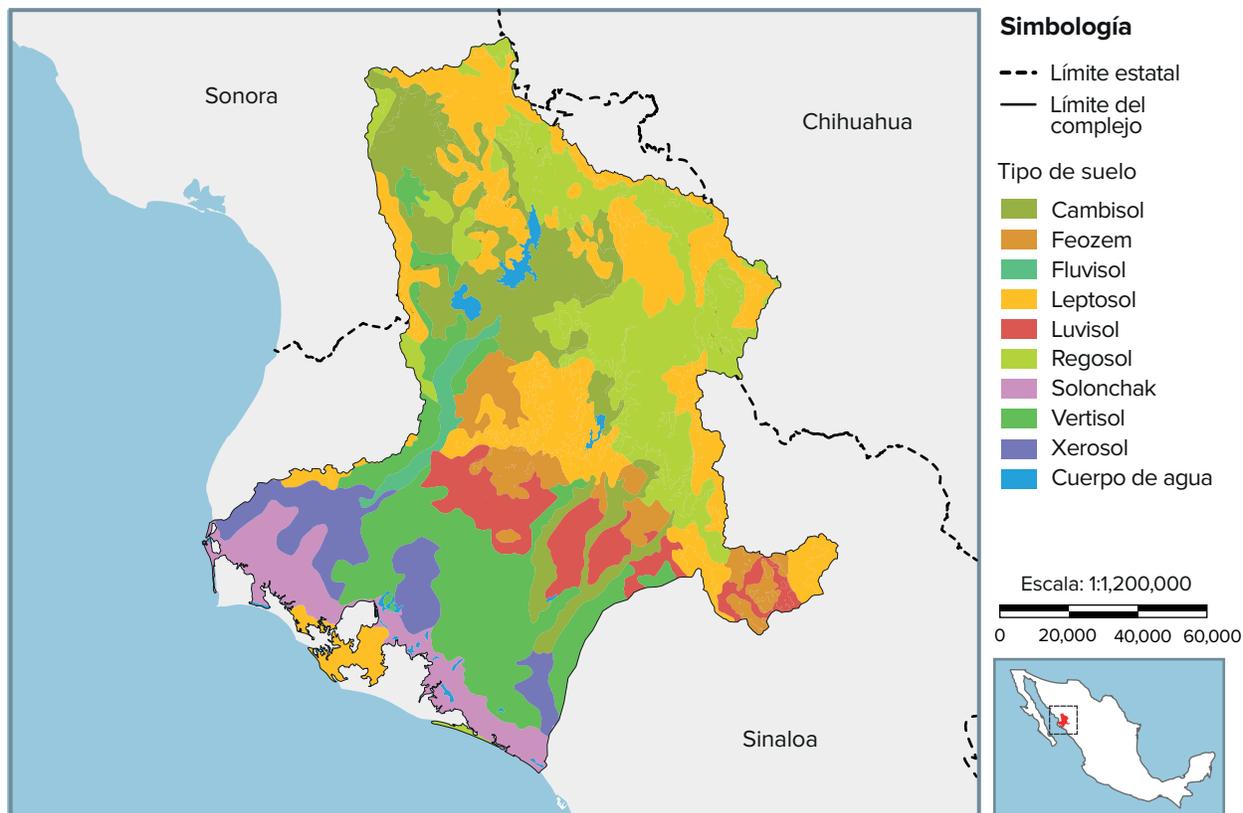
Tabla 29. Tipo de suelo por zona funcional

Zona funcional	Tipo	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Leptosol	384.0	2.2
	Regosol	292.1	1.7
Media	Cambisol	272.9	1.5
	Feozem	71.7	0.4
	Leptosol	2,024.7	11.5
	Luvisol	26.9	0.2
	Regosol	1,825.0	10.3
Baja	Cuerpo de agua	227.9	1.3
	Cambisol	2,402.3	13.6
	Feozem	899.4	5.1
	Fluvisol	271.4	1.5
	Leptosol	1,643.8	9.3
	Luvisol	1,152.9	6.5
	Regosol	1,136.1	6.4
	Solonchak	1,103.7	6.2
	Vertisol	2,849.7	16.1
Xerosol	1,079.5	6.1	

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura $\leq 1\%$

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Suelos del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 “Corrientes de Topolobampo” según INEGI (2021a), forma parte de la Región hidrológica número 10 “Sinaloa”. La superficie total del complejo (17,664 km²) permite clasificarlo y analizarlo como una sola cuenca. Se considera como una cuenca media, ya que aguas arriba, existe otra cuenca que aporta agua a su caudal, 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. Conforme a su drenaje, se considera como una cuenca exorreica de quinto orden, ya que su agua es recogida por las corrientes y llevada al Golfo de California.

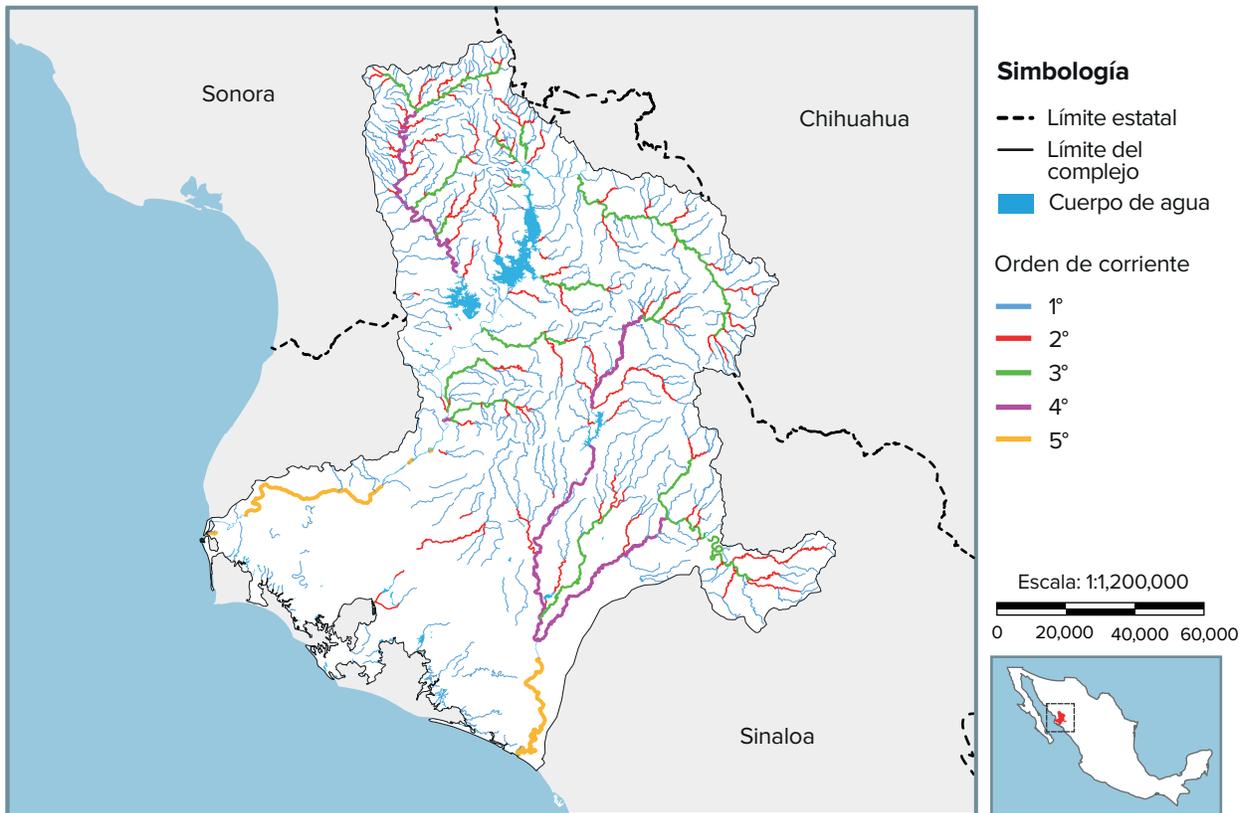
En la zona alta, predominan las corrientes de primero y segundo orden, que son las superficies de mayor captación de agua y de mayor pendiente, y de no tener cobertura vegetal, podrían presentar serios problemas de erosión hídrica. En la zona media, se concentran las corrientes de tercero y cuarto orden, 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 (quinto). 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 30, figura 11).

Tabla 30. Hidrografía por zona funcional

Zona funcional	No. de ríos	Tipo	Ordenes principales	Longitud total de los ríos (km)
Alta	98	Intermitente y perenne	1° y 2°	166
Media	518	Intermitente y perenne	3° y 4°	1,589
Baja	762	Intermitente y perenne	5°	3,877

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Hidrografía del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 periodos considerables de tiempo; pueden ser naturales o artificiales, y también forman parte del subsistema hídrico de la cuenca. Son importantes porque permiten la regulación, la limpieza y el establecimiento de hábitats de flora y fauna, y pueden ser aprovechados para desarrollar diferentes actividades económicas.

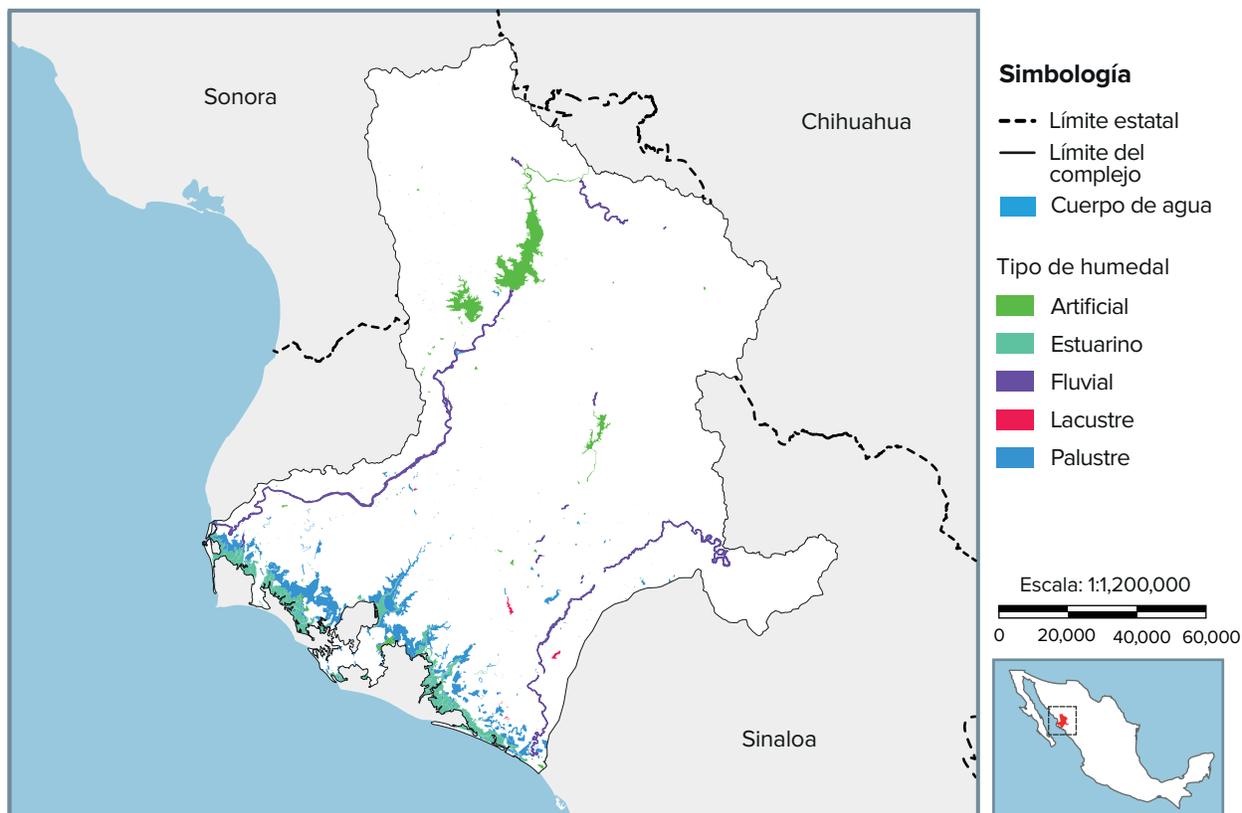
Según INEGI (2019), en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, se presentan 694 humedales: 401 naturales y 293 artificiales; los artificiales se clasifican como estanque y los naturales como estuarinos, fluviales, lacustres y palustres (permanente y estacionariamente saturados). En la zona alta, se ubica un humedal; en la zona media, ocho, y en la zona baja, 686 (tabla 31, figura 12).

Tabla 31. Humedales por zona funcional

Zona funcional	No. de humedales	Tipo	Superficie (km ²)
Alta	1	Estanque artificial (1)	0.40
Media	8	Estanque artificial (7), Fluvial (1)	0.22
Baja	686	Estanque artificial (287), Palustre (182), Estuarino (174), Lacustre (27), Fluvial (16)	1,002.9

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Humedales del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”

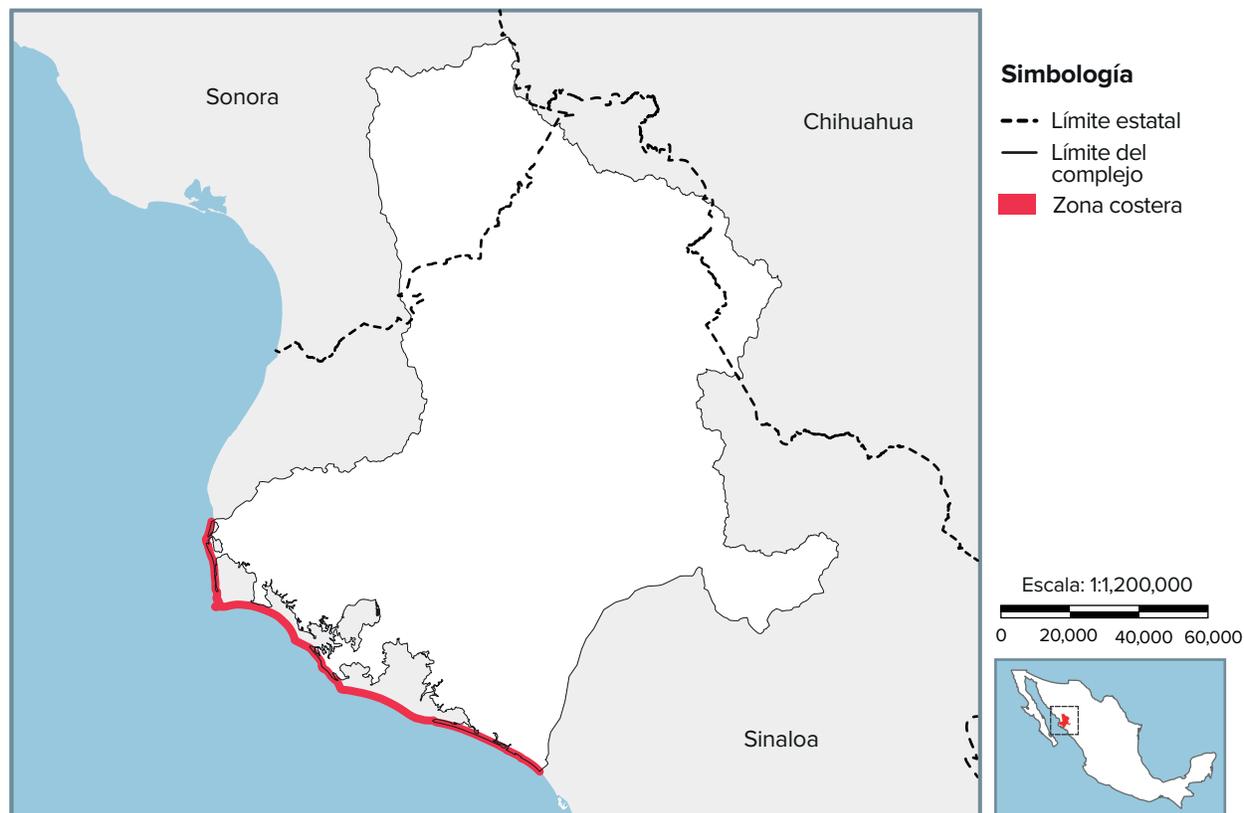


Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2019)

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 de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, la zona costera mide 138.27 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 “Corrientes de Topolobampo”



Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2018)

Vegetación y uso del suelo

La vegetación representa el subsistema más dinámico del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, y se deriva de las características aportadas en conjunto por otros subsistemas: el geológico, el geomorfológico, el edáfico, el climático y el hídrico. Según INEGI (2021b), el complejo presenta 15 tipos de vegetación, que van desde la vegetación adaptada a climas templado y semicálido subhúmedos, como el pastizal natural y los bosques de coníferas y latifoliadas (pino, encino), la vegetación adaptada a condiciones cálidas semicálidas, semiáridas y áridas, como los matorrales y la selva baja caducifolia, hasta la vegetación adaptada a condiciones más extremas, características del clima muy árido cálido, como la vegetación halófila y algunos matorrales. Cerca de la zona costera, 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 el objetivo de producir alimento, tenemos la agricultura de temporal, el pastizal cultivado y la agricultura de riego; la primera depende de la lluvia para lograr su producción, y los segundos obtienen 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, las zonas donde se establece la población humana y se desarrollan actividades económicas secundarias y terciarias.

La vegetación predominante es la selva baja caducifolia, el bosque de encino y el matorral sarcocaula. En cuanto a los usos de suelo, los de mayor predominio son la agricultura de riego, la agricultura de temporal y el pastizal cultivado. En la zona alta del complejo, predominan los bosques de coníferas y latifoliadas (pino-encino); en la zona media, la selva baja caducifolia y el bosque de encino, y en la zona baja, la agricultura de riego y de temporal (tabla 32, figura 14).

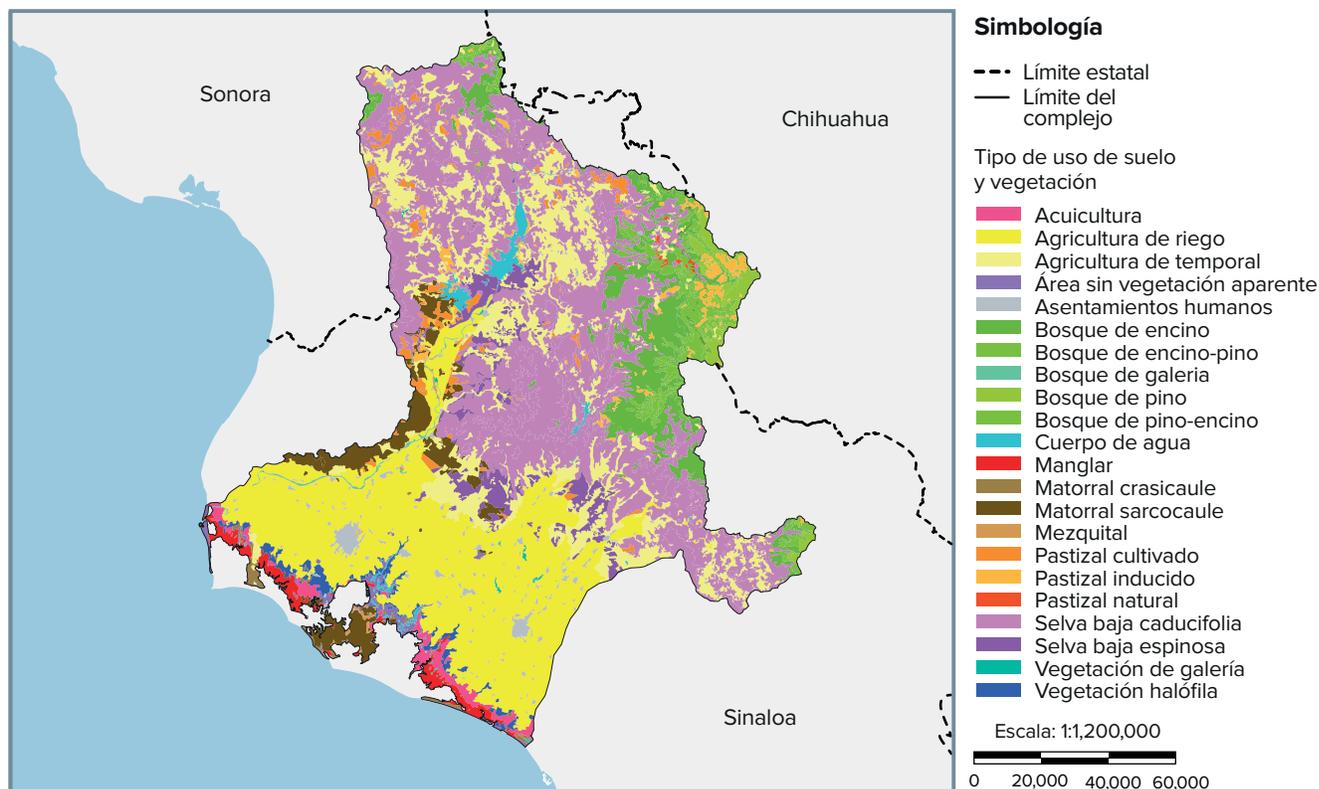
Tabla 32. Vegetación y uso de suelo actual por zona funcional

Zona funcional	Uso de suelo y vegetación	Superficie (km ²)	Porcentaje
Alta	Agricultura de temporal	6.2	0.03
	Bosque de encino	111.3	0.6
	Bosque de encino-pino	72.7	0.4
	Bosque de pino	204.5	1.2
	Bosque de pino-encino	216.5	1.2
	Pastizal inducido	60.5	0.3
	Pastizal natural	0.04	0.0003
	Selva baja caducifolia	4.5	0.03
Media	Agricultura de temporal	286.9	1.6
	Área sin vegetación aparente	2.2	0.01
	Asentamientos humanos	5.7	0.03
	Bosque de encino	1,064.8	6.0
	Bosque de encino-pino	146.9	0.8
	Bosque de pino	55.8	0.3
	Bosque de pino-encino	148.9	0.8
	Cuerpo de agua	0.1	0.001
	Matorral sarcocaula	3.6	0.02
	Pastizal cultivado	42.8	0.2
	Pastizal inducido	110.4	0.6
	Pastizal natural	16.8	0.1
	Selva baja caducifolia	2,336.4	13.2
	Selva baja espinosa	0.03	0.0002
Baja	Acuicultura	205.2	1.2
	Agricultura de riego	4,289.4	24.3
	Agricultura de temporal	2,289.9	13.0
	Área sin vegetación aparente	127.6	0.7
	Asentamientos humanos	221.0	1.3
	Bosque de encino	15.4	0.1
	Bosque de galería	19.4	0.1
	Cuerpo de agua	225.0	1.3
	Manglar	230.2	1.3
	Matorral crasicaule	64.5	0.4
	Matorral sarcocaula	638.9	3.6
	Mezquital	33.8	0.2
	Pastizal cultivado	264.2	1.5
	Pastizal inducido	98.4	0.6
	Selva baja caducifolia	3,316.8	18.8
	Selva baja espinosa	532.7	3.0
	Vegetación de galería	10.4	0.1
	Vegetación halófila	183.6	1.0

*Se resalta en negritas las unidades que tienen una cobertura $\leq 1\%$

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Uso de suelo y vegetación actual del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 “Corrientes de Topolobampo” ha modificado las coberturas naturales, y han aumentado las coberturas antrópicas. En ese 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; y algunas zonas forestales perturbadas se han revegetado. El mayor cambio se presenta en la Selva baja caducifolia, la cual perdió 1,099.4 km², y la mayor ganancia, en la agricultura de riego, que ganó 802.4 km² durante el periodo analizado (tabla 33).

Tabla 33. Dinámica histórica (1997-2021) de cambio de uso de suelo del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”

Categoría	USV Serie I (1997) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²
Agricultura de riego	3,487.0	19.7	4,289.4	24.3	802.4
Agricultura de temporal	2,065.9	11.7	2,583.0	14.6	517.1
Área sin vegetación aparente	248.0	1.4	129.9	0.7	-118.2
Asentamientos humanos	12.6	0.1	226.7	1.3	214.1
Bosque de encino	1,209.3	6.8	1,191.5	6.7	-17.8
Bosque de encino-pino	226.8	1.3	219.6	1.2	-7.2
Bosque de galería	50.4	0.3	19.4	0.1	-31.0
Bosque de pino	285.6	1.6	260.3	1.5	-25.3
Bosque de pino-encino	397.5	2.3	365.4	2.1	-32.1
Cuerpo de agua	231.7	1.3	225.2	1.3	-6.5
Manglar	236.8	1.3	230.2	1.3	-6.6

Categoría	USV Serie I (1997) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²	Superficie (%)	USV Serie VII (2021) km ²
Matorral crasicaule	128.0	0.7	64.5	0.4	-63.4
Matorral sarcocaula	854.6	4.8	642.5	3.6	-212.2
Mezquital	81.9	0.5	33.8	0.2	-48.0
Pastizal cultivado	68.7	0.4	307.0	1.7	238.3
Pastizal inducido	219.0	1.2	269.2	1.5	50.2
Pastizal natural	177	0.1	16.8	0.1	-0.9
Selva baja caducifolia	6,757.1	38.3	5,657.7	32.0	-1099.4
Selva baja espinosa	623.6	3.5	532.8	3.0	-90.9
Vegetación de galería	15.9	0.1	10.4	0.1	-5.5
Vegetación halófila	433.9	2.5	183.6	1.0	-250.3
Agricultura de humedad	12.1	0.1	0.0	0.0	-12.1
Acuicultura	0.0	0.0	205.2	1.2	205.2
	17,664.0		17,664.0		

Los valores con signo – en el cambio de superficie indican pérdida
Se señala con negritas los cambios con mayor superficie

Fuente: Elaboración propia

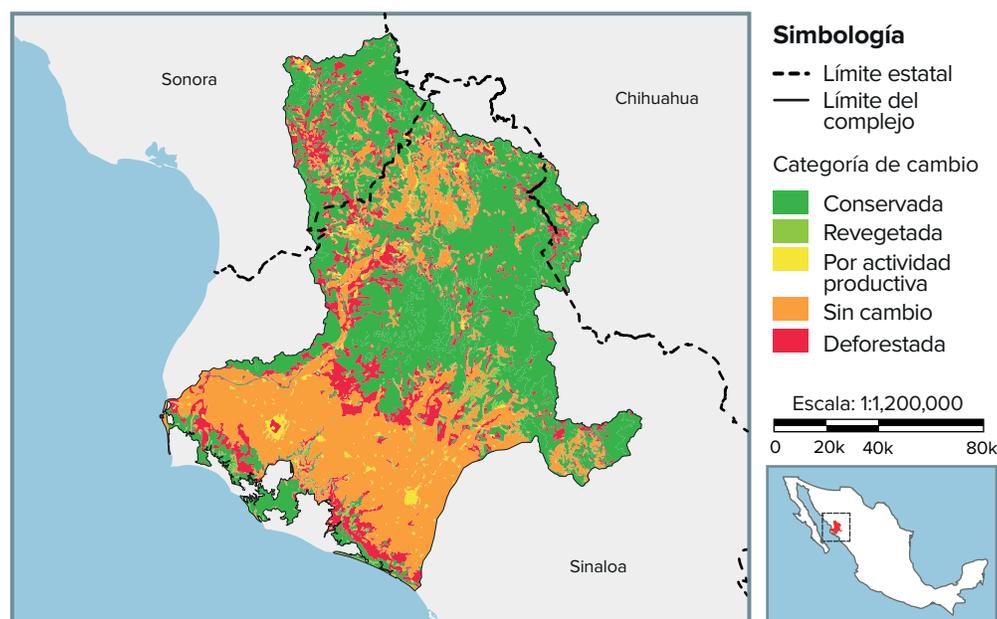
La dinámica de cambio (1997 a 2021) permite observar que en la zona alta y media predominan las zonas conservadas y deforestadas, y en la zona baja, las áreas sin cambio y conservadas (tabla 34, figura 15).

Tabla 34. 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	597.2
	Deforestada	34.8
	Por actividad productiva	0.1
	Revegetada	12.2
	Sin cambio	31.8
Media	Conservada	3,694.1
	Deforestada	292.5
	Por actividad productiva	16.9
	Revegetada	62.3
	Sin cambio	155.5
Baja	Conservada	4,624.3
	Deforestada	2,169.9
	Por actividad productiva	324.1
	Revegetada	421.6
	Sin cambio	5,226.7

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Cambio de uso de suelo del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, según el análisis de los años 1997 a 2021



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

Clima y cambio climático

Climas

El comportamiento de este subsistema permite identificar, dentro del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, siete climas diferentes, que van desde los templados subhúmedos, semicálido subhúmedo, cálido subhúmedo y semiárido semicálido, hasta los semiárido cálido, árido cálido y muy árido cálido (García, 1998). En la zona alta, predomina el templado subhúmedo; en la zona media, el semicálido subhúmedo y el semiárido cálido; y en la zona baja, el semiárido cálido, árido cálido y muy árido cálido (tabla 35).

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 276.6 mm a los 1,156.9 mm, una temperatura media anual (TMA) de 16.8 a 25.6 °C, una temperatura máxima (TMAX) de 38.2 a 55 °C, y una temperatura mínima (TMIN) de -8.3 a 2.5 °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, TMA, TMAX y TMIN. En la zona baja predominan los valores bajos de PMA, y altos de TMA, TMAX y de TMIN (tabla 36, figura 16).

Tabla 35. Clima por zona funcional

Zona funcional	Clave	Nombre	Temperatura	Precipitación	Superficie (km ²)
Alta	(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T entre 43.2 y 55 y PLII del 5% al 10.2% anual.	33.4
	(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2, y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	78
	Awo	Cálido subhúmedo	TMA mayor de 22°C y TMF mayor de 18°C.	PMS entre 0 y 60 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2 y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	0.6
	BS1hw	Semiárido semicálido	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	9
	C(w1)	Templado subhúmedo	TMA entre 12°C y 18°C, TMF entre -3°C y 18°C y TMC bajo 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T entre 43.2 y 55 y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	12.2
	C(w2)	Templado subhúmedo	TMA entre 12°C y 18°C, TMF entre -3°C y 18°C y TMC bajo 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T mayor de 55 y PLII del 5 al 10.2% del total anual.	542.8
Media	(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T entre 43.2 y 55 y PLII del 5% al 10.2% anual.	124.8
	(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2, y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	1,368.1
	Awo	Cálido subhúmedo	TMA mayor de 22°C y TMF mayor de 18°C.	PMS entre 0 y 60 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2 y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	395.4
	BS1(h) w	Semiárido cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	1,948.5
	BS1hw	Semiárido semicálido	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	250.6
	BSo(h) w	Árido cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIV y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	6.8

Media	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.	3.5
	C(w1)	Templado subhúmedo	TMA entre 12°C y 18°C, TMF entre -3°C y 18°C y TMC bajo 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T entre 43.2 y 55 y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	13.8
	C(w2)	Templado subhúmedo	TMA entre 12°C y 18°C, TMF entre -3°C y 18°C y TMC bajo 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T mayor de 55 y PLII del 5 al 10.2% del total anual.	108.6
	C(wo)	Templado subhúmedo	TMA entre 12°C y 18°C, TMF entre -3°C y 18°C y TMC bajo 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.	0.8
Baja	(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	PMS menor de 40 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2, y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	0.1
	Awo	Cálido subhúmedo	TMA mayor de 22°C y TMF mayor de 18°C.	PMS entre 0 y 60 mm; LIV con índice P/T menor de 43.2 y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	369.9
	BS1(h) w	Semiárido cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	5,547.8
	BS1hw	Semiárido semicálido	TMA mayor de 18°C, TMF menor de 18°C, TMC mayor de 22°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	0.6
	BSo(h) w	Árido cálido	TMA mayor de 22°C, TMF mayor de 18°C.	LIV y PLII del 5% al 10.2% del total anual.	3,739.7
	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.	3,023.5

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

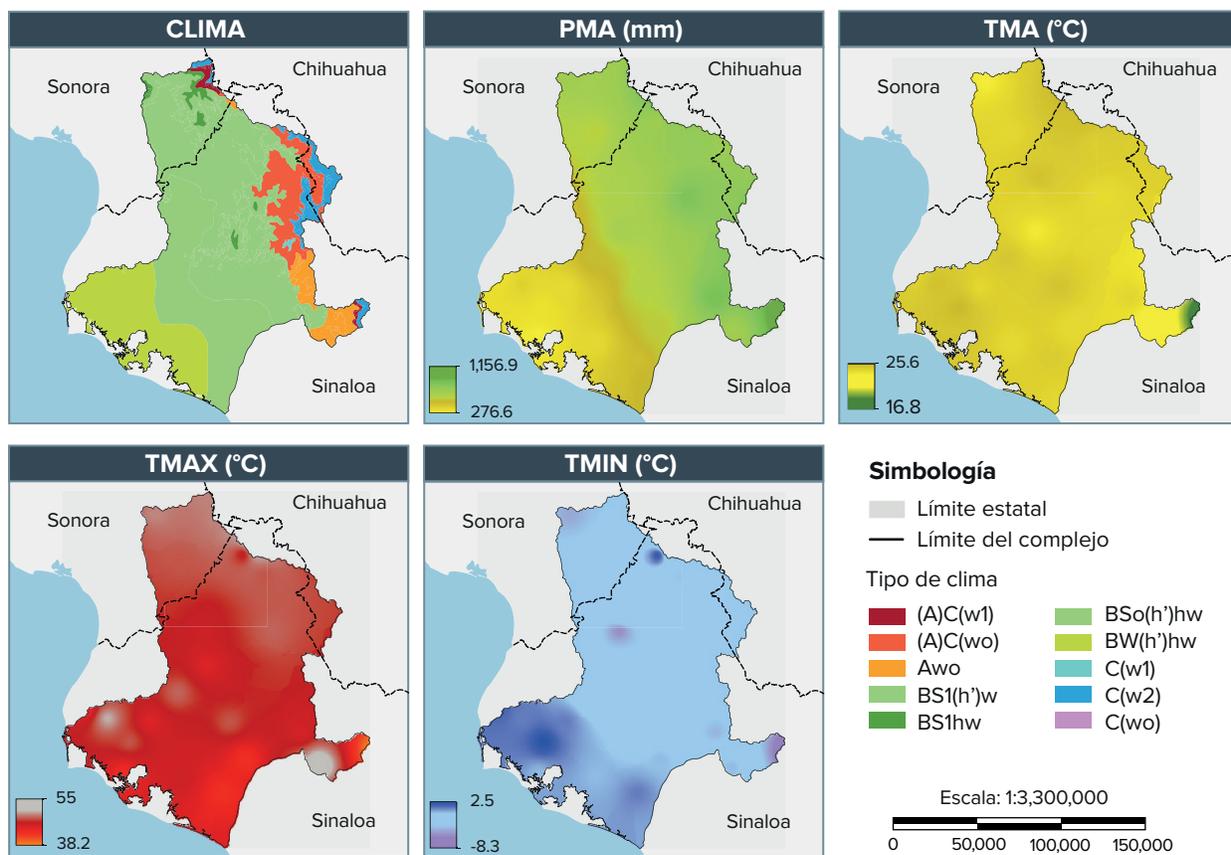
Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN por zona funcional

Zona funcional	Tipo de clima	PMA (mm)	TMA (°C)	TMAX (°C)	TMIN (°C)
Alta	(A)C(W1) (A)C(Wo) Awo Bs1hw C(W1) C(W2)	629.1 a 1,156.9	16.8 a 25.6	38.2 a 50	-8.3 a -0.4
Media	(A)C(W1) (A)C(Wo) Awo Bs1(H) W Bs1hw Bso(H) W Bw(H) W C(W1) C(W2) C(Wo)	371.2 a 1,095.2	17.9 a 25.6	39.6 a 54	-6.9 a 1
Baja	(A)C(Wo) Awo Bs1(H) W Bs1hw Bso(H) W Bw(H) W	276.6 a 869.9	21.1 a 25.5	43 a 55	-4.9 a 2.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Clima, PMA, TMA, TMAX y TMIN del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, 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 “Corrientes de Topolobampo” se describe con base en el ECCBio (CONABIO-IB-UNAM-CONANP-PNUD-INECC, 2023), considerando las variables de precipitación media anual (PMA), la temperatura media anual (TMA), la temperatura máxima (TMAX) y la 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 37).

Tabla 37. 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 “Corrientes de Topolobampo”

Variable	Periodo	RCP 4.5	RCP 8.5
TMIN (°C)	2015 - 2039	(0.29, 1.24)	(0.73, 1.31)
	2045 - 2069	(1.51, 2.06)	(2.05, 2.93)
	2075 - 2099	(1.55, 2.81)	(3.33, 5.04)
TMA (°C)	2015 - 2039	(1.28, 2.31)	(1.34, 2.17)
	2045 - 2069	(2, 3.18)	(2.69, 3.95)
	2075 - 2099	(2.55, 3.63)	(4.27, 6.46)
TMAX (°C)	2015 - 2039	(0.84, 2.24)	(0.98, 2.07)
	2045 - 2069	(1.34, 3.67)	(1.94, 4.25)
	2075 - 2099	(1.83, 3.89)	(3.17, 6.37)
PMA (mm) (%)	2015 - 2039	(-12.38, 23.46) (-1.8, 3.4)	(-15.97, 50.24) (-2.3, 7.2)
	2045 - 2069	(-14.5, 62.33) (-2.1, 9)	(-31.85, -8.21) (-4.6, -1.2)
	2075 - 2099	(-51.28, 84.11) (-7.4, 12.1)	(-98.55, -0.35) (-14.2, 0.1)

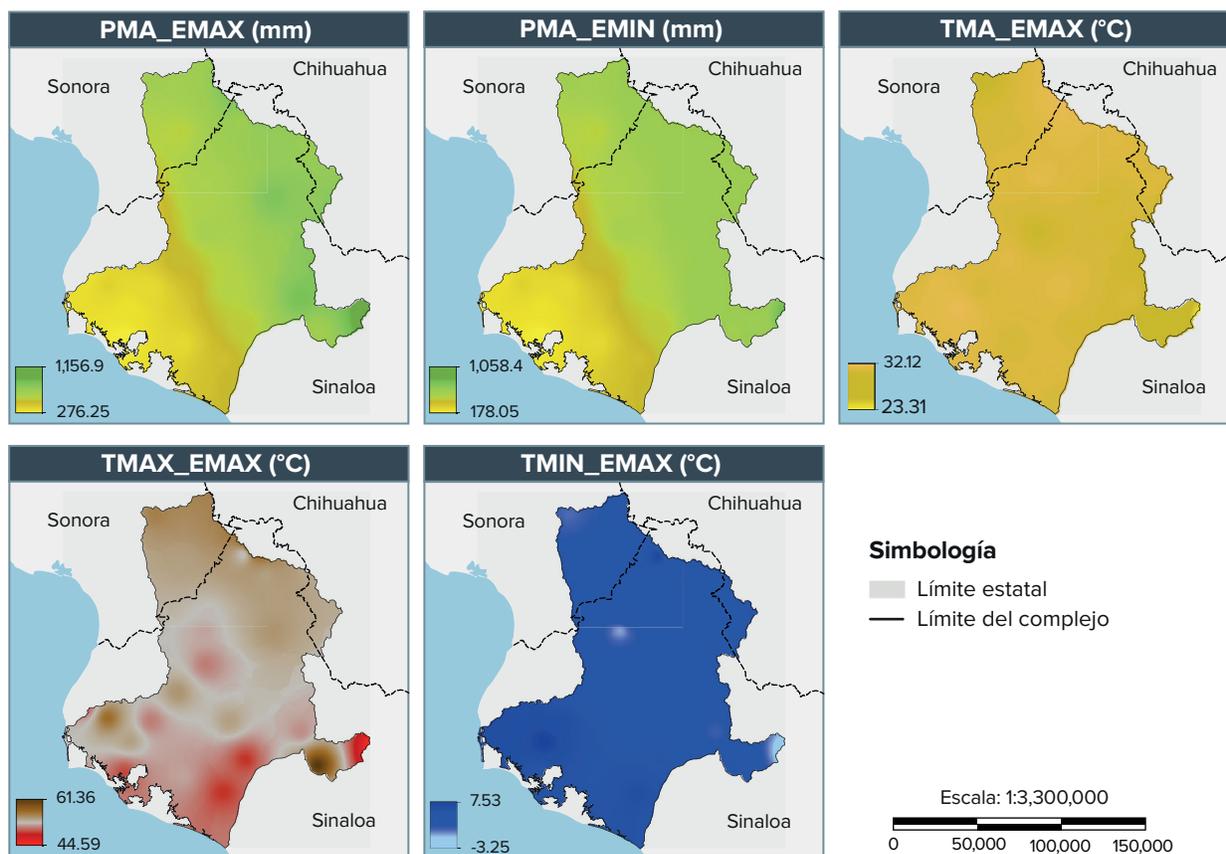
* Se marca en negritas los valores con los que se construyó la figura 15, los cuales representan los cambios más extremos

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 14.2 % o aumentar 0.1 %; la temperatura media anual puede aumentar de 4.27 a 6.46 °C, la temperatura máxima anual puede aumentar de 3.17 a 6.37 °C y la temperatura mínima anual puede aumentar de 3.33 a 5.04 °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 1,156.6 mm a 276.25 mm, en su escenario mínimo de 1,058.4 mm a 178.05 mm; la TMA de 32.12 a 23.31 °C; la TMAX de 61.36 a 44.59 °C, y la TMIN de 7.53 a -3.25 °C (tabla 38, figura 17).

Figura 17. Comportamiento esperado de temperatura y precipitación del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”, 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 38. 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	628.8 a 1,156.6	530.6 a 1,058.4	23.31 a 32.12	44.59 a 56.40	-3.25 a 4.59
Media	370.8 a 1,094.8	272.6 a 996.6	24.39 a 32.1	46.02 a 60.41	-1.94 a 6.07
Baja	276.25 a 869.5	178.05 a 771.3	27.63 a 31.95	49.36 a 61.36	0.04 a 7.53

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, generarían 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 “Corrientes de Topolobampo” son las sequías, ya que se relacionan con periodos 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 cuatro grados de exposición ante esta amenaza (alto, medio, bajo y muy bajo), y predomina el grado medio, lo que sugiere que el complejo tiene media probabilidad de presentar sequías. La población más expuesta a esta amenaza sería de 331,755 habitantes, que corresponde a la categoría alta. En la zona alta y media, predominan los valores bajos; y en la zona baja, los valores medios.

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. Tal 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 siete grados de exposición ante incendios (extremo, muy alto, alto, 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 26 habitantes, que corresponde al valor extremo. En la zona alta, predominan los valores altos; en la zona media, los valores medios; y en la zona baja, 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 problemáticas para la población, como inundaciones, pérdidas de cultivos y afectación a viviendas y caminos. Según CENAPRED (2012), el complejo reporta tres grados de exposición ante huracanes (altos, medios y bajos); predominan los valores medios, lo que indica que el complejo, al ser considerado como una cuenca costera y estar protegido por la península de Baja California, tiene media probabilidad de presentar estos procesos. La población más expuesta ante esta amenaza sería de 684,240 habitantes, que corresponde a la categoría alta. En las zonas alta, media y baja, predominan los valores medios.

En cuanto al aumento del nivel del mar, que tiene que ver con el 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 ocurrencia de esta amenaza indica que el complejo observaría sus efectos en los primeros 5 metros desde la línea de costa, y cubriría un área de 1,538.34 km². La población expuesta a esta amenaza equivale a 57,170 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 ante inundaciones (alto, medio, bajo y nulo); predominan los valores altos, lo que sugiere que tiene alta probabilidad ante este tipo de procesos en caso de presentarse una lluvia atípica. La población más expuesta a esta amenaza equivale a 805,496 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 procesos

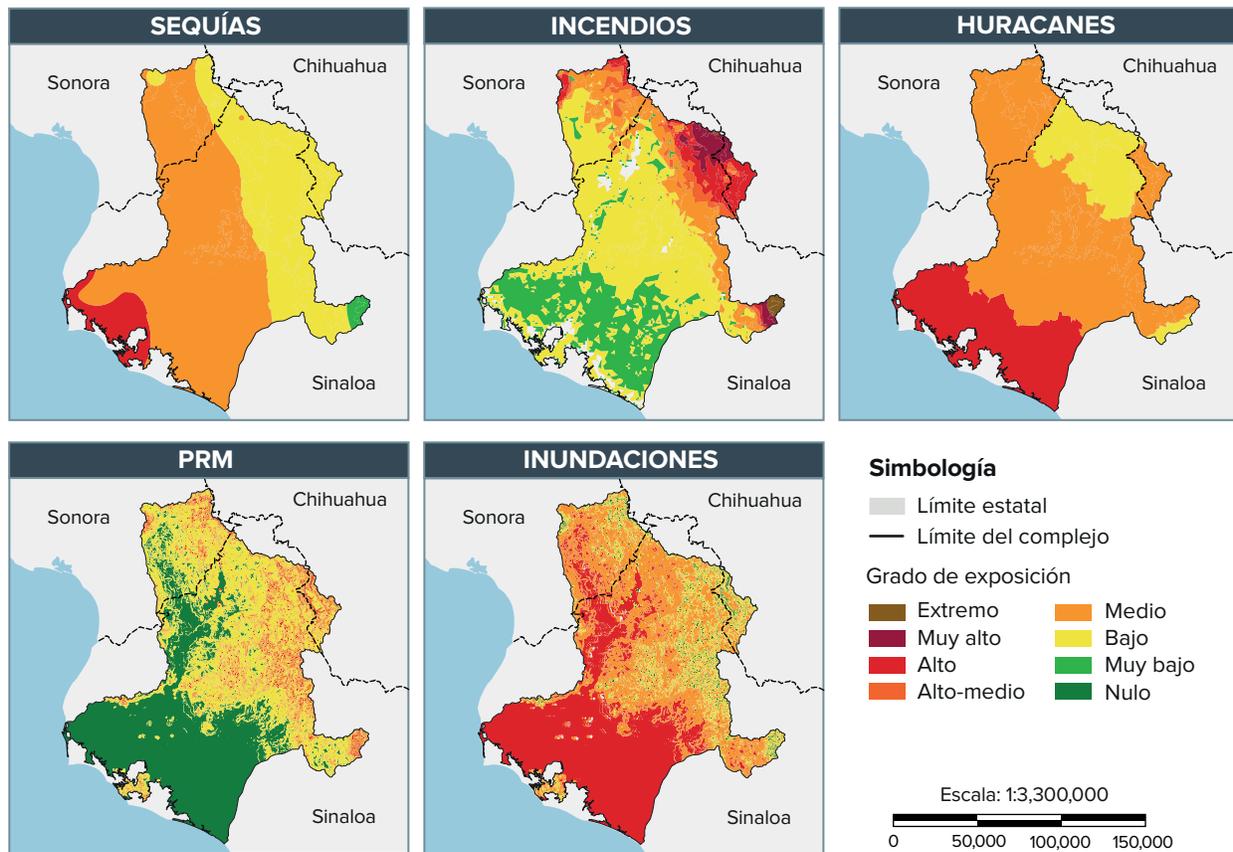
de remoción en masa (alto, medio, bajo y nulo). Existe un predominio de los valores nulos, lo que indica que, aun cuando el complejo sea considerado una cuenca de cabecera, el desarrollo de estos procesos se concentraría en las zonas escarpadas, y se reportaría, en general, una nula probabilidad de amenazas de este tipo. La población más expuesta a esta amenaza sería de 81 habitantes, que corresponde a la categoría alta. En las zonas alta y media, predominan los valores bajos; y en la zona baja, los valores nulos (tabla 39, figura 18).

Tabla 39. 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	Medio	17.8	-
		Bajo	586.0	1,102
		Muy bajo	72.3	5
	Media	Medio	1,011.2	877
		Bajo	3,110.0	7,165
		Muy bajo	99.1	167
	Baja	Alto	1,099.8	331,755
		Medio	9,550.4	496,647
		Bajo	2,116.4	51,637
Incendios	Alta	Extremo	62.5	5
		Muy alto	110.2	100
		Alto	348.4	503
		Alto-medio	72.4	497
		Medio	73.6	-
		Bajo	9.0	2
	Media	Extremo	32.3	21
		Muy alto	405.7	1,003
		Alto	703.2	2,017
		Alto-medio	565.5	1,132
		Medio	1,436.7	3,314
		Bajo	1,062.2	412
	Baja	Muy bajo	15.6	310
		Muy alto	8.5	129
		Alto	46.5	136
Alto-medio		108.6	880	
Medio		873.9	16,470	
Bajo		7,465.1	168,817	
Huracanes	Alta	Medio	529.2	1,017
		Bajo	146.9	90
	Media	Alto	3.5	-
		Medio	2,674.5	2,496
		Bajo	1,543.3	5,713
	Baja	Alto	4,177.1	684,240
		Medio	7,571.8	172,534
		Bajo	1,017.7	23,265
Inundaciones	Alta	Alto	4.2	-
		Medio	325.1	990
		Bajo	286.3	28
		Nulo	60.5	4
	Media	Alto	81.7	150
		Medio	2,511.3	7,667
		Bajo	1,442.8	315
		Nulo	185.5	77
	Baja	Alto	7,936.3	805,496
		Medio	4,470.1	69,909
		Bajo	345.2	2,940
		Nulo	15.0	-
Procesos de Remoción en Masa	Alta	Alto	60.5	4
		Medio	286.3	28
		Bajo	325.1	990
		Nulo	4.2	-
	Media	Alto	185.5	77
		Medio	1,442.8	315
		Bajo	2,511.3	7,667
		Nulo	81.7	150
	Baja	Alto	15.0	-
		Medio	345.2	2,940
		Bajo	4,470.1	69,909
		Nulo	7,936.3	805,496

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Grado de exposición ante amenazas por cambio climático del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 “Corrientes de Topolobampo”, 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 muy alto, lo cual sugiere que, dadas las condiciones de los subsistemas naturales y, en específico, la dinámica histórica de la vegetación y uso del suelo, el complejo podría ser afectado severamente por el cambio de uso y la variabilidad climática.

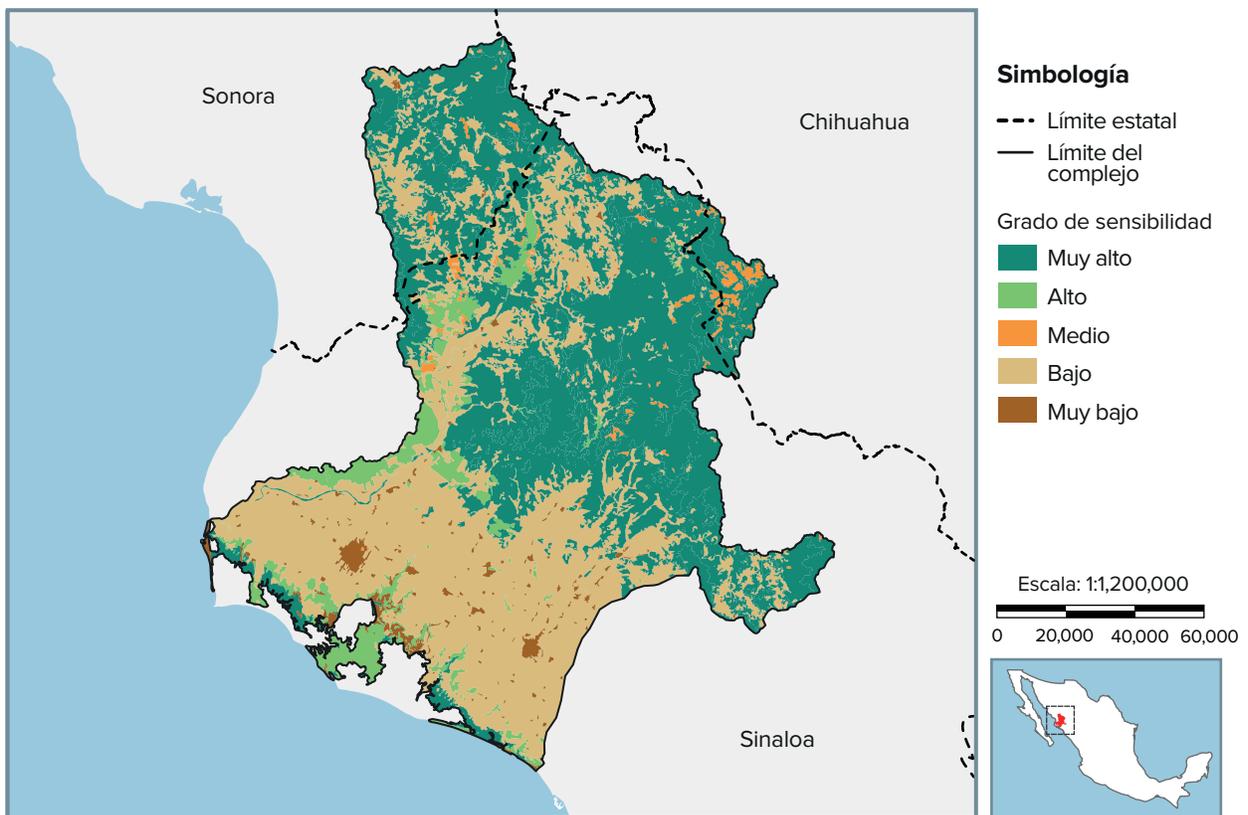
Las zonas que corresponden al grado muy alto agrupan a los bosques, selvas y manglares. El grado alto corresponde a las zonas de matorral, mezquital, vegetación halófila, vegetación de galería, pastizal natural y cuerpos de agua. El grado de sensibilidad media considera los pastizales inducidos. El grado 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 ese sentido, en la zonas alta y media, predominan los valores muy altos; y en la zona baja, los valores bajos (tabla 40, figura 19).

Tabla 40. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático por zona funcional

Zona funcional	Grado de sensibilidad	Superficie (km ²)
Alta	Muy alto	609.4
	Alto	0.04
	Medio	60.5
	Bajo	6.2
Media	Muy alto	3,752.8
	Alto	20.5
	Medio	110.4
	Bajo	329.7
	Muy bajo	7.9
Baja	Muy alto	4,114.6
	Alto	1,156.3
	Medio	98.4
	Bajo	7,048.7
	Muy bajo	348.6

Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Sensibilidad ante cambio de uso de suelo por cambio climático en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 a 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 “Corrientes de Topolobampo”, 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 450.1 hm³ (tabla 41).

Tabla 41. Volumen (hm³/año)", en lugar de sólo la unidad

Entradas	Volumen (hm ³ /año)	Salidas	Volumen (hm ³ /año)
Escurrecimiento natural por cuenca propia (Cp)	1,260	Usos del agua en la cuenca (U)	283.7
Retornos de agua (Re)	212.8	Evaporación en cuerpos de agua (Ev)	425.9
Escurrecimiento que llega de cuenca arriba (Ar)	851.2	Exportaciones hacia cuencas vecinas (Ex)	1,164.3
Total	2,324	Total	1,873.9
		Escurrecimiento a la salida de la cuenca (Ab)*	450.1
Balance hídrico positivo (superávit) 450.1 hm³/año			

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

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad y presión

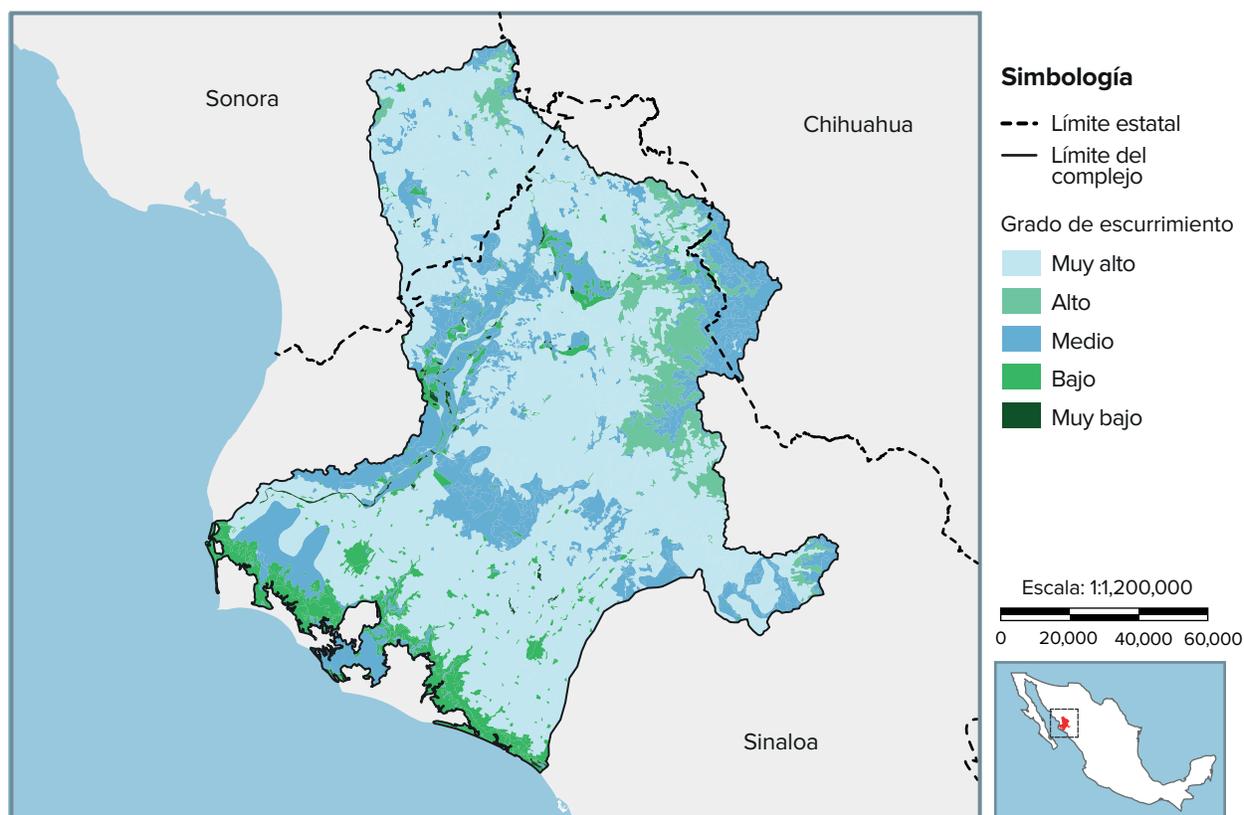
Con respecto al resultado del balance (450.1 hm³ anuales), el complejo presenta superávit, lo que indica que existe agua disponible para desarrollar una mayor cantidad de actividades o potencializar un sector. Como el resultado de balance es positivo, es posible calcular el grado de presión considerando el consumo per cápita de agua anual para el estado de Sinaloa, el cual es de 316 litros de agua al día. Siendo el total de población 889,827 habitantes, el consumo anual sería de 102.63 hm³, lo cual representa el 23 % del agua disponible, y se clasifica con un grado de presión media.

Entradas

Escurrecimiento natural por cuenca propia (Cp)

El escurrecimiento natural por cuenca propia contempló un coeficiente de escurrecimiento (Ce) del 12 %. Considerando una precipitación media anual de 600 mm, el volumen llovido sobre la superficie del complejo es de 10,603.6 hm³, por lo que el volumen de agua que escurre es de 1,260 hm³ anuales (figura 20).

Figura 20. Volumen de escurrecimiento anual (hm³/año) del complejo de cuencas "Corrientes de Topolobampo"



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, los cuales se describen a continuación (tabla 42).

Tabla 42. Retornos de agua (hm³/año)

Sector	Uso del agua	% de retorno	Retorno del agua
Acuicultura	1	97.5	0.8
Agrícola	223.9	20	167.9
Agroindustrial	0.05	20	0.03
Diferentes usos	8.9	75	6.7
Doméstico	0.007	75	0.005
Industrial	2.9	55	2.2
Pecuario	0.8	15	0.6
Público urbano	45.8	75	34.4
Servicios	0.3	75	0.2
Total	283.7		212.8

Fuente: Elaboración propia

Escorrentamiento que llega de cuenca arriba (Ar)

El agua que llega de cuenca arriba se refiere a la cantidad de agua que escurre naturalmente en otras cuencas y entra por escorrentamiento en la parte alta de la cuenca. En el complejo, esta agua representa 851.2 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 43).

Tabla 43. Volumen de agua utilizado por sector (hm³/año)

Sector	Uso del agua
Acuicultura	1
Agrícola	223.9
Agroindustrial	0.05
Diferentes usos	8.9
Doméstico	0.007
Industrial	2.9
Pecuario	0.8
Público urbano	45.8
Servicios	0.3
Total	283.7

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 425.9 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 el desarrollo de alguna actividad. En el complejo, las exportaciones corresponden a 1,164.3 hm³ anuales.

Escorrentamiento a la salida de la cuenca (A_b)

Se refiere al volumen total del agua que llega al exutorio de la cuenca resultado de los procesos de escorrentamiento 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 450.1 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 11 %. Considerando una precipitación media anual de 501.47 mm, el volumen llovido sobre la superficie del complejo es de 8,862.3 hm³, por lo que el volumen de agua que escurre es de 939.6 hm³ anuales (tabla 44).

Tabla 44. Entradas y salidas de agua (hm³) para el cálculo del balance hídrico anual ante el cambio climático

Entradas	Volumen (hm ³ /año)	Salidas	Volumen (hm ³ /año)
Escurrecimiento natural por cuenca propia (Cp)	939.6	Usos del agua en la cuenca (U)	283.7
Retornos de agua (Re)	212.8	Evaporación en cuerpos de agua (Ev)	454.3
Escurrecimiento que llega de cuenca arriba (Ar)	851.2	Exportaciones hacia cuencas vecinas (Ex)	1,164.3
Total	2,003.6	Total	1,902.3
		Escurrecimiento a la salida de la cuenca (Ab)*	101.3
Balance hídrico positivo (superávit) 101.3 hm³/año			

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

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad y presión

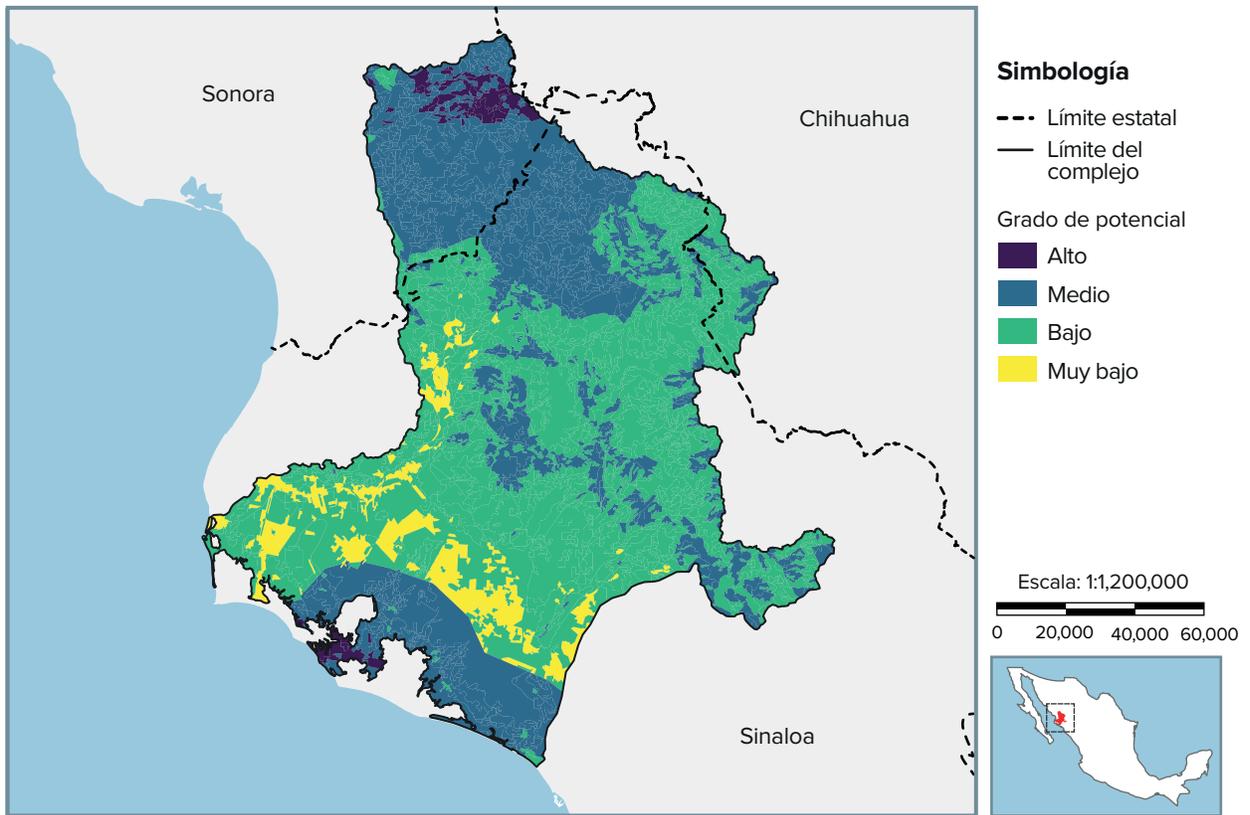
El resultado del balance sería de 101.3 hm³ anuales, lo cual indica que la cuenca seguiría teniendo superávit, aunque la cantidad de agua disponible disminuiría con respecto al balance actual, lo que indica que existe agua disponible para desarrollar una mayor cantidad de actividades o potencializar un sector. El grado de presión se clasificaría como de grado muy alta (101 %).

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 del mismo; y se representan en cuatro grados de potencial (alto, medio, bajo y muy bajo).

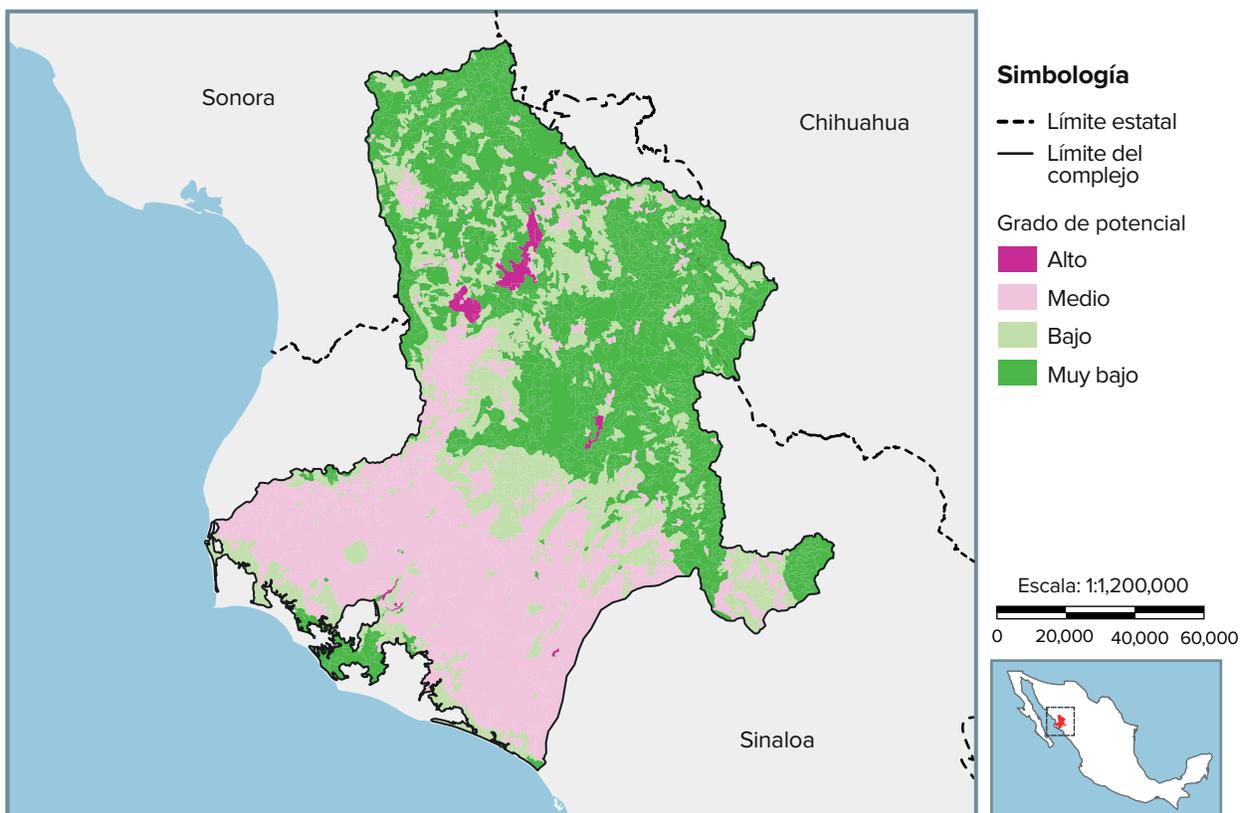
En cuanto a las zonas potenciales para la conservación de la estructura y la función de la cuenca; las zonas de mayor potencial se concentran en el norte y sur del complejo; las de grado medio, en el sur y norte; las de grado bajo, en todo el complejo, y las de grado muy bajo, en el oeste, sur y centro. En las zonas alta, media y baja, predominan los grados bajos. En cuanto a las zonas potenciales para la restauración, las de mayor potencial se concentran en el centro y oeste del complejo; las de grado medio, en el sur y oeste; las de grado bajo, en el centro y sur, y las de grado muy bajo, en el norte y centro. En las zonas alta y media, predominan los grados muy bajos, y en la zona baja, los grados medios (tabla 35, figuras 20-22).

Figura 21. Potencial para la conservación del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



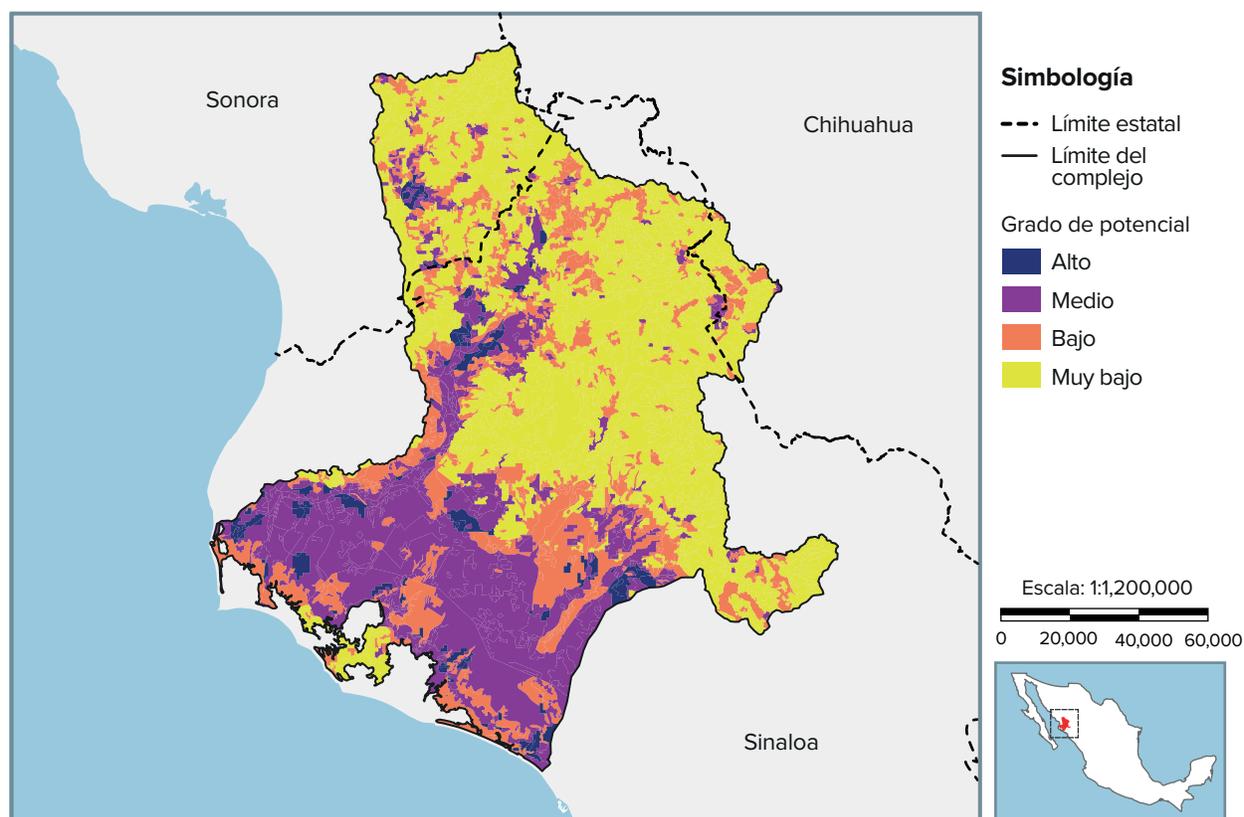
Fuente: Elaboración propia a partir de Chávez *et al.* (2014), González *et al.* (2016) y Ríos y González (2018)

Figura 22. Potencial para el aprovechamiento sustentable del complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 “Corrientes de Topolobampo”



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

Finalmente, en cuanto a las zonas con potencial para el aprovechamiento sustentable, las de mayor potencial se concentran al norte del complejo; las de grado medio, al centro y sur; las de grado bajo, al centro, y las de grado muy bajo, al oeste, este, norte y centro. En las zonas alta y media, predominan los grados muy bajos, y en la zona baja, los grados medios.

Tabla 45. Zonas potenciales para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable por zona funcional

Sector	Uso del agua	Conservación	Restauración	Aprovechamiento sustentable
		Superficie (km ²)		
Alta	Alto	5.7	-	-
	Medio	221.3	17.6	-
	Bajo	438.0	75.3	86.8
	Muy bajo	-	572.1	578.3
Media	Alto	266.2	-	-
	Medio	1,570.5	56.1	65.4
	Bajo	2,412.8	279.9	568.6
	Muy bajo	-	3,913.5	3,615.5
Baja	Alto	111.5	549.2	180.9
	Medio	4,947.0	4,727.2	5,895.9
	Bajo	6,566.2	3,350.7	3,527.0
	Muy bajo	1,124.8	4,122.4	3,145.6

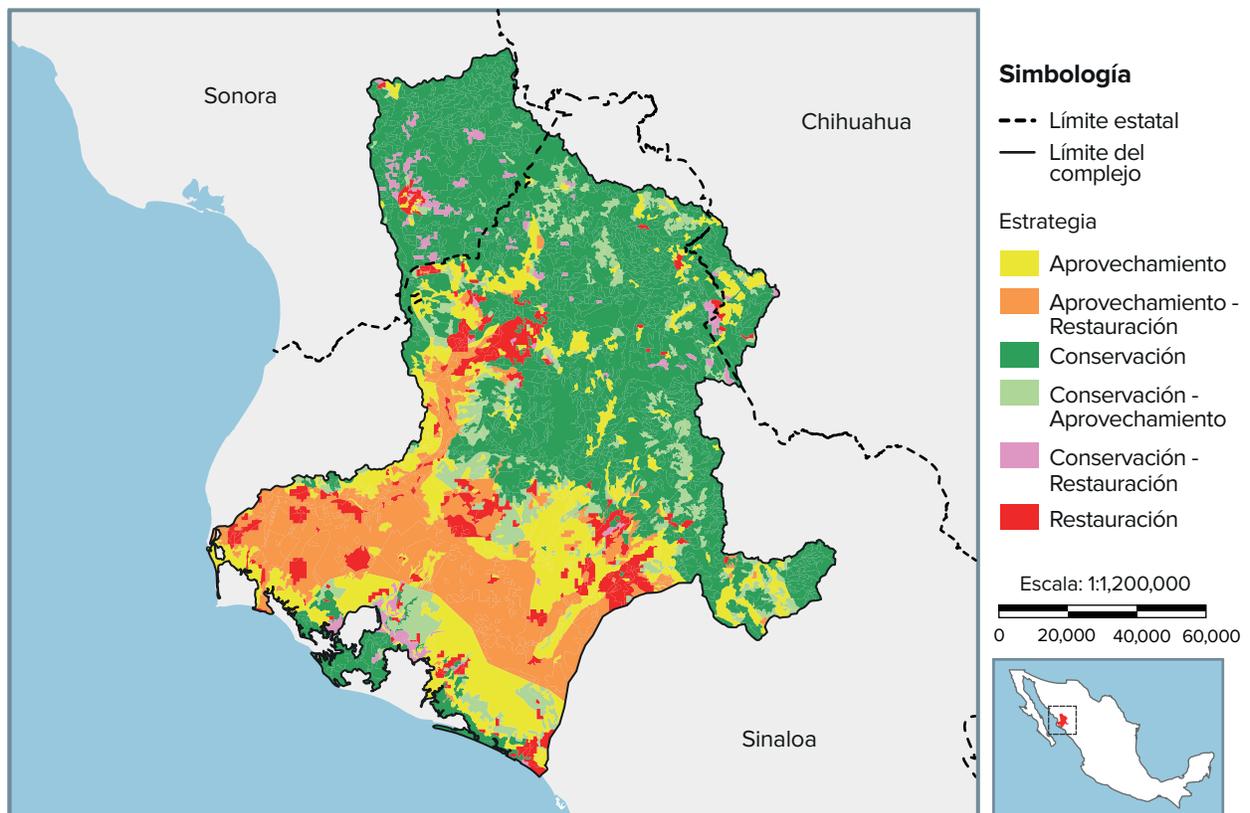
Fuente: Elaboración propia

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

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

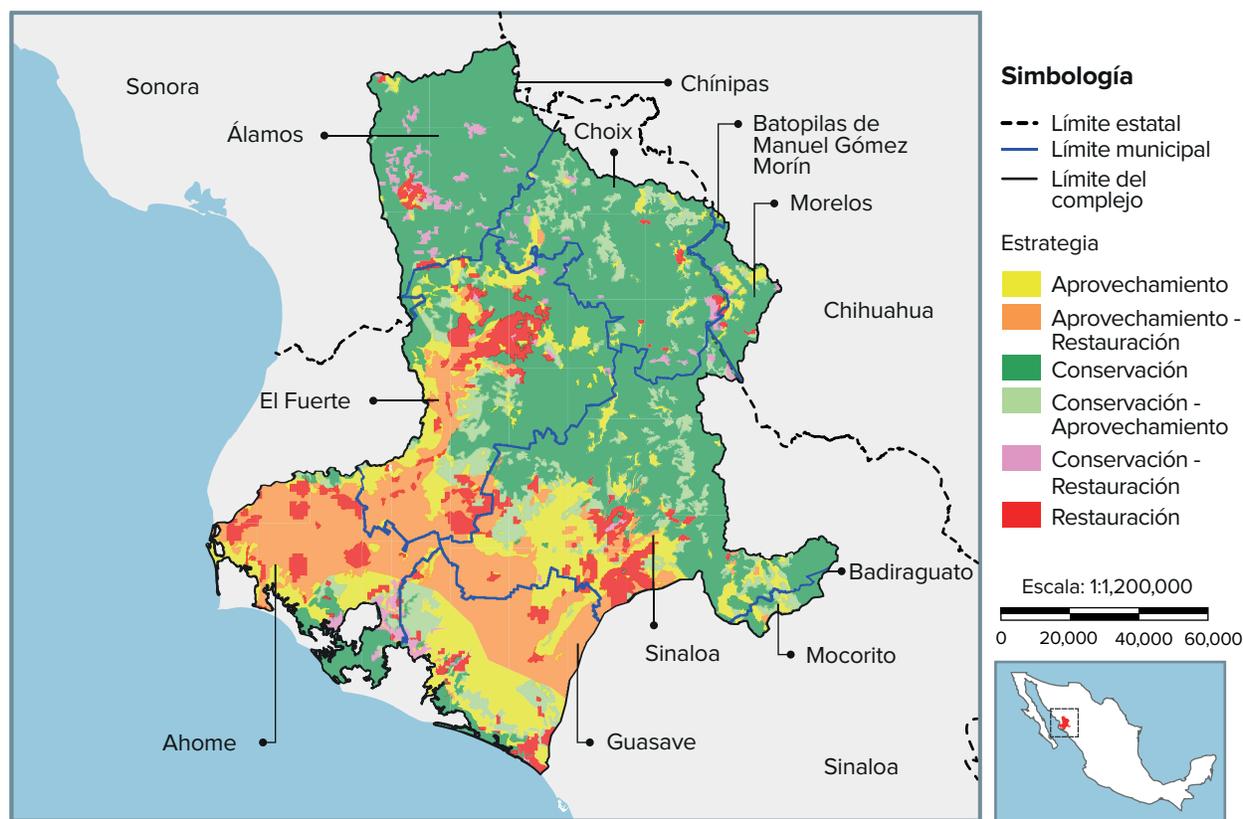
Los resultados siguientes muestran el producto derivado de la combinación geoespacial de cuatro mapas (volumen natural por cuenca propia, zonas potenciales para la conservación, para la restauración y para el aprovechamiento sustentable). De esta combinación, se obtuvo un mapa compuesto por polígonos a los que se les definió la estrategia o estrategias ambientales prioritarias por aplicarse, a fin de llevar Soluciones basadas en la Naturaleza. En el complejo, se observan 2,379 polígonos; en la zona alta se identificaron 121 polígonos, donde predomina la estrategia de conservación; en la zona media, existen 643 polígonos con predominio también de la estrategia de conservación, y en la zona baja, tenemos 1,615 polígonos donde destacan las estrategias de conservación y de aprovechamiento sustentable (figura 24). Finalmente, la figura 25 muestra la distribución de las zonas prioritarias para aplicar las estrategias ambientales en los municipios que conforman la cuenca.

Figura 24. Zonas prioritarias para la aplicación de estrategias ambientales en el complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”



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 “Corrientes de Topolobampo” por municipio



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

Análisis de la situación socioambiental

El complejo de cuencas “Corriente de Topolobampo” se ubica al noroeste de la república mexicana y aporta agua a la región hidrológica de Sinaloa. Esta cuenca se clasifica como exorreica, lo cual indica que drena sus aguas y desemboca en el mar (Ahome y Guasave, Sinaloa), de las que forman parte, siendo éstas sus características estructurales están determinadas por las provincias fisiográficas de las que forman parte siendo estas: la Llanura Costera del Pacífico y la Sierra Madre Occidental. 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 baja, seguida de la media, y posteriormente el alta, lo cual indica que en este complejo de cuencas predominan los procesos de acumulación hídrica y deposición de materiales.

En la zona alta, predominan rocas volcánicas, leptosoles, corrientes de primero y segundo orden, estanques artificiales, bosques de coníferas y latifoliadas (pino-encino). La actividad económica mayormente desempeñada es el cultivo de maíz. Se trata de la zona con la menor cantidad de población y presenta valores medios de rezago social y altos de marginación; predomina la tenencia de la tierra ejidal. En ella, se ubica un ANP de carácter federal, y una municipal, y predominan las zonas conservadas y deforestadas. En esta zona, predominan los climas templados, y conforme a los escenarios de cambio climático, en ella se ubican los valores altos 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 altos ante incendios forestales, valores medios ante huracanes e inundaciones, y valores bajos ante sequías y procesos de remoción en masa. Con respecto a la sensibilidad, en ella predominan los valores

muy altos. El balance hídrico en esta zona reporta volúmenes medios y altos de escurrimiento anual, lo que sugiere que existe disponibilidad de agua para el desarrollo de 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 muy bajos para la restauración y el aprovechamiento sustentable.

En la zona media, predominan rocas volcánicas, leptosoles, corrientes de tercero y cuarto orden, estanques artificiales, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. La actividad económica mayormente desempeñada es el cultivo de maíz. Ocupa el segundo lugar en cuanto a cantidad de población y presenta valores medios de rezago social y altos de marginación; predomina la tenencia de la tierra ejidal. En ella, se ubica un ANP de carácter federal, y predominan las zonas conservadas y deforestadas. En esta zona, predominan los climas semicálidos y semiáridos, y conforme a los escenarios de cambio climático, en ella se ubican los valores medios de precipitación y 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 incendios forestales, huracanes e inundaciones, y valores bajos ante sequías y procesos de remoción en masa. Con respecto a la sensibilidad, en ella predominan los valores muy altos. El balance hídrico en esta zona reporta volúmenes medios, altos y bajos de escurrimiento anual, lo que sugiere que en esta zona existe media disponibilidad de agua para el desarrollo de 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 muy bajos para la restauración y el aprovechamiento sustentable.

En la zona baja, también predominan las rocas sedimentarias, vertisoles, corrientes de quinto orden, estanques artificiales, la zona costera, la agricultura de riego y de temporal. La actividad económica mayormente desempeñada es la agricultura de maíz. 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 encuentran dos ANP federales y una estatal. En esta región, predominan las zonas sin cambio y conservadas; predominan los climas cálidos (semiáridos, árido y muy árido), y conforme a los escenarios de cambio climático, en ella se ubican los valores de menor de precipitación, y los más altos de temperatura. En cuanto al grado de exposición ante amenazas por fenómenos naturales detonados por las variaciones climáticas, en esta zona se presentarían valores ante el aumento del nivel del mar e inundaciones; valores medios ante sequías y huracanes; valores bajos ante incendios forestales, y valores nulos ante procesos de remoción en masa. Con respecto a la sensibilidad, en ella predominan los valores bajos. El balance hídrico en esta zona reporta volúmenes medios, bajos y muy bajos de escurrimiento anual, lo que sugiere que existe disponibilidad de agua para el desarrollo de actividades sectoriales, pero la mayor presión sobre el recurso, lo cual coincide también 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, y medios 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 46). Como propuesta para el seguimiento de las acciones se proponen indicadores de gestión e impacto (ver anexo 2).

Tabla 46. Acciones de gestión con enfoque SbN territorial para la seguridad hídrica

Estrategia ambiental	Estrategia	Acción	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Sector involucrado	Instituciones involucradas	Costo Estimado
Aprovechamiento sustentable	Rehabilitación y manejo de agostaderos	Resiembra de pastos nativos	Se refiere a acciones de rehabilitación y manejo de tierras con capacidad para producir forraje para el ganado, incluyendo preparación del terreno, prácticas para remover especies indeseables y promover el establecimiento de especies nativas que estén plenamente adoptados a la región.	Evita la degradación del suelo y reduce requerimientos hídricos de pastos, apoya la revegetación, y retiene humedad en el suelo.	Media, Baja	Sector pecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua	Los costos mínimos para la rehabilitación de agostaderos son de \$2000.00/Ha y el costo de semilla va desde los \$300.00/kg dependiendo del tipo de semilla.
		Rotación de ganado	Consiste en un sistema de pastoreo basado en alternar el uso con el descanso del agostadero, orientando las estrategias para obtener una mayor producción animal por hectárea y al mismo tiempo conservar los recursos.	Permite la recuperación de la vegetación, promoviendo la producción de semilla, resiembra natural, reduciendo la erosión del suelo e hídrica, promoviendo la estructura del suelo, mantenimiento de la humedad, infiltración y recarga de acuíferos.	Alta, Media, Baja	Sector pecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua	Los costos mínimos para un sistema de rotación de ganado son de \$13,000.00/ Ha al año.
		Contención de ganado con cercas vivas	Consiste en una técnica con arreglos lineales de árboles o arbustos para delimitar la unidad de producción de ganado.	Ayudan a prevenir la erosión en los caminos del ganado, promoviendo la estructura del suelo, la retención de humedad, generando infiltración y recarga de acuíferos.	Alta, Media, Baja	Sector pecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua	El costo mínimo es de \$14,000.00 por km, dependiendo del tipo de la especie a plantar.
		Ganadería regenerativa	Consiste en aplicar técnicas para la incorporación de animales mediante una planificación del pastoreo, así como la introducción de especies de plantas, promoviendo la cobertura permanente de los suelos minimizando la labranza.	Promueve la recuperación de la fertilidad de los suelos y la restauración de los ciclos de nutrientes, y del agua. Ayuda a la restauración de hábitat y previene la erosión hídrica y del suelo.	Alta, Media, Baja	Sector pecuario	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP, Comisión estatal de agua	El costo es de \$1,500.00 por cabeza de ganado.
	Agricultura regenerativa	Permacultura	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 de agua.	Baja, Media	Sector agrícola, agropecuario y pecuario	SADER, SEMARNAT, INIFAP, CONAFOR, Municipios, FIRCO	Los costos mínimos de capacitación \$5000.
		Terrazas vegetadas	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 de agua.	Baja, Media	Sector agrícola	SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, FIRCO, CONAFOR	Los costos mínimos de la elaboración son de \$2,500.00/Ha.
		Plantaciones dendroenergéticas	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. Con ello se protege el suelo, se mantiene la humedad y se promueve la producción de agua.	Alta, Media	Sector forestal	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable	El costo mínimo es de \$12,300.00/Ha

Estrategia ambiental	Estrategia	Acción	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Sector involucrado	Instituciones involucradas	Costo Estimado
Aprovechamiento sustentable		Transición a variedades con menor requerimiento hídrico	Consiste en implementar variedades que se adapten a las diferentes disponibilidades de agua, así como adoptar prácticas agrícolas que eviten o minimicen al estar expuestas a situaciones de falta de agua.	Reduce el consumo hídrico en zonas ya destinadas a la actividad agrícola.	Baja, Media	Sector agrícola	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP	El costo mínimo es de \$28,000.00/Ha, considerando actividades para preparación de terreno, siembra, control de plagas y malezas, y cosecha.
	Producción forestal con buenas prácticas ambientales	Desarrollo de agroforestería	Consiste en combinar y diversificar el uso de la tierra con especies leñosas, agrícolas y/o animales, para su aprovechamiento.	Disminuye la presión sobre el suelo, y contribuyendo a reducir la degradación del mismo, promoviendo la estructura del suelo, la retención de humedad, generando infiltración y recarga de acuíferos.	Alta, media	Sector agrícola, forestal, pecuario	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable	El costo mínimo es de \$300.00/Ha, varía de acuerdo con el sistema de plantación, densidad y tipo de especies.
		Producción certificada de frutales	Consiste en la conservación y aprovechamiento de cultivos frutales a través de buenas prácticas forestales para transitar a certificaciones como productos orgánicos.	Permiten la conservación de frutales nativos disminuyendo el reemplazo de variedades locales, y permiten mantener la capacidad productiva de los ecosistemas, y su mantenimiento promoviendo la estructura del suelo, y a su vez la infiltración y recarga de acuíferos.	Media	Sector forestal, agrícola.	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable	El costo mínimo es de \$500.00/Ha, varía de acuerdo con el sistema de plantación, densidad y tipo de especies.
	Conservación de Vida Silvestres	Implementación de Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA)	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, apoyando en el mantenimiento de hábitats críticos para la producción, infiltración y recarga de acuíferos.	Alta, Media	Sector agrícola, pecuario y urbano	SEMARNAT, CONANP, Municipios, CONAFOR, INIFAP, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Universidades Estatales	Los costos mínimos \$3,500.00/Ha
	Acceso y manejo de agua	Construcción de bordo abrevadero y parcelario	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.	Ayuda a la regulación de microclimas, reduce presión hídrica de acuíferos y otros cuerpos de agua.	Media, Baja	Sector agrícola, agropecuario y pecuario	SADER, CONAGUA, SEMARNAT, Comisión Estatal de Agua, CONAFOR	El costo mínimo es de \$4,200.00/m ³
		Captación de agua de lluvia	Consiste en técnicas de manejo de suelos y agua, que de forma individual o combinadas, permiten captar la escorrentía superficial en zonas sin o con escasa cobertura vegetal a través de surcos, bordos, zanjas, camellones o canales. El agua captada puede también ser conducida para abastecer estructura de almacenamiento como estanques o embalses temporales.	Disminuye la velocidad de escorrentías, regulando la humedad en el suelo, el almacenamiento, la infiltración y la disposición de agua en zonas con déficit hídrico.	Baja, Media	Sector agrícola, agropecuario, pecuario y urbano	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, Secretaría de Salud, Universidades Estatales	Los costos mínimos son \$5,000.00/m ³
Conservación		Establecer y manejar áreas naturales protegidas	Consiste en generar áreas con fines de preservación, de protección del suelo, cuencas, agua y de los recursos naturales, incluyendo corredores biológicos proporcionando conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat, bajo regímenes de administración especial, zonas núcleo, de amortiguamiento, o de usos múltiples.	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 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	Sin Costo. Declaración emitida por CONANP
	Mecanismos de Gobernanza e Instrumentación	Establecimiento de zonas de protección de recarga de acuíferos	Consiste en delimitar las áreas que, por sus características del suelo, pendiente, cobertura vegetal, rocas superficialmente permeables u otros facilitan la infiltración del agua. para establecer acciones en conjunto donde se involucren los interesados y de este modo determinar acciones para el manejo y su conservación.	Ayuda a la infiltración del agua, incrementando el aporte y disposición de recursos hídricos en la cuenca, a partir de la acumulación y almacenamiento de agua subterránea a largo plazo.	Alta, Media	Sector Conservación	SEMARNAT, CONAGUA, Comisión Estatal del Agua, Universidades Estatales, Municipios	Sin Costo. Declaración emitida por autoridades.
		Gestión por pago de servicios ambientales hidrológicos	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 biodiversidad, al desarrollo óptimo del ciclo hidrológico, adaptación y mitigación al cambio climático.	Alta, Media, Baja	Sector forestal, conservación y urbano	SADER, SEMARNAT, CONAFOR, Municipios, INIFAP, FIRCO	El costo es aproximadamente de \$600.00 a 1,100.00/ha/año
		Proyectos de turismo sostenible	Consiste en actividades integrales y sostenibles de recreación y turismo que, a través de gestión de recursos y territorio, promueven su conservación, y acciones que permitan difundir la importancia de la preservación del territorio por medio de educación ambiental.	Ayuda a mantener los ecosistemas y sus funciones, disminuye la velocidad de avenidas y el escurrimiento superficial, aumentando el área de infiltración de agua.	Alta, Media, Baja	Sector conservación y urbano	MUNICIPIOS, FIRCO, SADER, SECTUR, Secretaría de Desarrollo Sustentable, CONANP	El costo mínimo para la elaboración de proyectos de ecoturismo \$6000.00/Ha

Estrategia ambiental	Estrategia	Acción	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Sector involucrado	Instituciones involucradas	Costo Estimado
Conservación	Obras de control ante amenazas	Elaboración de barreras vivas	Consiste en una práctica de control de erosión hídrica y 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, incrementa la capacidad de retención de humedad e infiltración de agua y recarga de acuíferos. Disminuye el viento, la regulación del clima, 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	El costo mínimo es de \$4,900.00/km
		Brechas cortafuego	Consiste en intervenciones en la vegetación previamente a la ocurrencia de incendios, para eliminar los combustibles peligrosos de forma manual, evitando que el fuego se propague, con herramientas manuales.	Conserva los ecosistemas, disminuyendo la pérdida de suelo por erosión hídrica, promoviendo la retención de humedad, infiltración y producción de agua subterránea.	Alta, Media	Sector Forestal, conservación	SEMARNAT, CONAFOR, SADER, Gobierno Estatal, Municipios	El costo mínimo es de \$248.00 por jornal.
	Proyectos productivos	Construcción y gestión de viveros comunitarios	Consiste en áreas destinadas a la producción de plantas y árboles nativos/endémicos para la rehabilitación y reforestación de espacios comunes. Esta acción puede aplicarse en las tres estrategias ambientales (aprovechamiento sustentable, conservación y restauración).	Ayuda a conservar las especies vegetales, a aumentar la producción primaria, proteger a los polinizadores, control biológico de plagas, a la provisión de materias primas y de algunos alimentos, lo que permite la protección del suelo, retención de humedad en el suelo, recarga de acuíferos.	Alta, Media, Baja	Sector agrícola, conservación y urbano	CONAFOR, SADER, SEMARNAT, Municipios	El costo mínimo es de \$1,500.00/m ²
		Proyectos de huertos familiares	Consiste en un sistema alternativo de parcelas contiguas a viviendas donde las familias cultivan de manera intensiva, permitiéndoles consumir plantas y hortalizas de manera continua durante el año.	Ayuda a la generación de alimentos, la fotosíntesis, a la conservación de la humedad, aumentando el área de infiltración de agua, y que permite la provisión de agua, disminuye la velocidad de avenidas y el escurrimiento superficial. 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	El costo mínimo \$800.00/m ²
		Establecimiento de proyectos de apicultura	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, control de plagas, a la provisión de alimentos, permitiendo la conservación de hábitat y la diversidad biológica, conservando las áreas de infiltración y recarga de agua.	Media, Alta	Sector conservación y agropecuario	CONAFOR, CONANP, SEMARNAT, MUNICIPIOS, Universidades Estatales	El costo mínimo es de \$4,500.00/colmena
		Reforestación y revegetación de laderas	Consiste en cubrir con plantas terrenos forestales o espacios perturbados, considerando las especies endémicas de cada región, que permitan revertir las afectaciones por actividades humanas, disminuyendo la fragmentación del paisaje.	Ayuda a la conservación de ecosistemas, fotosíntesis, y genera las condiciones que permiten una eficiente recarga de agua subterránea a través de la retención de la humedad y reducción de las escorrentías. De igual forma ayuda 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	El costo mínimo es de \$4,000.00 /Ha
Restauración de áreas erosionadas	Construcción de tinas ciegas, zanjas, curvas de nivel y bordos de infiltración	Consiste en la construcción de técnicas de retención de sólidos, y que permiten la humedad en el suelo, y recarga de acuíferos, principalmente superficiales.	Ayuda a reducir la velocidad de los escurrimientos, promoviendo la infiltración de agua, a la recarga de acuíferos superficiales, aporta humedad a los ecosistemas, permite el desarrollo de cultivos, constituyen sitios de hidratación para la fauna, permite el desarrollo de suelo.	Alta, Media, Baja	Sector forestal, agrícola, pecuario y conservación	Comisión Estatal de Agua, CONAGUA, SEMARNAT, Universidades Estatales, Municipios	El costo mínimo de elaboración es de \$5000.00/m ³	
	Fajas marginales en los cursos de agua	Consiste en delimitar las fajas marginales o riberas en los flujos de agua dimensionando un espacio de conservación y protección de los cauces, considerando las máximas crecidas o avenidas de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua.	Ayuda a mantener el régimen hidrológico e hidráulico de los cauces, dando estabilidad a los márgenes, regulando las crecidas para evitar inundaciones, protegiendo los ecosistemas acuáticos y ribereños de la contaminación.	Media, Baja	Sector conservación	CONAGUA, SEMARNAT, Comisión Estatal de Agua, MUNICIPIOS, Universidades Estatales	Los costos depende de las fases de trabajo relacionadas con: modelamiento hidráulica, huella máxima, determinación del ancho de la faja marginal, aprobación de obra, ejecución de actividades. El costo mínimo para la elaboración de proyectos de ingeniería/hidráulica \$60,000.00	
	Revegetación en ecosistemas	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, fotosíntesis, genera las condiciones que permiten una eficiente recarga de agua subterránea a través de la retención de la humedad y reducción de las escorrentías. De igual forma ayuda 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	Los costos dependen de las fases de trabajo relacionadas con: adquisición y aprovechamiento del material, transporte del material, traspase del material y mantenimiento de la obra. También es necesario tomar en cuenta el impacto ambiental de las intervenciones antropicas en el territorio pocas veces cuantificables económicamente. El costo máximo es de 50,000.00/ Ha por microcuencia.	

Estrategia ambiental	Estrategia	Acción	Descripción	Servicio ambiental	Zona funcional de incidencia	Sector involucrado	Instituciones involucradas	Costo Estimado
Restauración	Revegetación en ecosistemas	Identificación y propagación de especies vegetales nativas	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	El costo mínimo es de \$6,950.00/Ha
		Revegetación de zonas transformadas y áreas verdes con vegetación nativa	Consiste en aprovechar las especies nativas a través de semillas o germoplasma local 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 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	El costo mínimo es de \$4,950.00/m ²
	Rehabilitación de manglares	Rehabilitación del flujo hídrico	Consiste en el desazolve y apertura de canales, considerando la remoción de troncos y material orgánico que obstruya el flujo de agua.	Ayuda a la protección y regulación de inundaciones, a mejorar la calidad del agua, promueve la recarga de los acuíferos. Previene y reduce la erosión costera y regula la calidad del agua y captación del carbono. Regula la intrusión salina en cuerpos de agua continentales.	Baja	Sector Conservación	SEMARNAT, CONAGUA, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Universidades Estatales	El costo mínimo es de \$248.00 por jornal, en trabajos manuales.
		Reforestación y resiembra directa de manglar	Consiste en la siembra de mangle mediante plantas bajo condiciones de invernadero, o la siembra directa de propágulos, en sitios con suelos profundos, con suficiente humedad, pero fuera de la exposición al oleaje y corrientes fuertes.	Promueve la conservación del ecosistema, ayuda a la protección y regulación de inundaciones, permite mejorar la calidad del agua al servir como filtro biológico, promueve la recarga de los acuíferos. Regula la intrusión salina en cuerpos de agua continentales.	Baja	Sector Conservación	SEMARNAT, CONAGUA, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Universidades Estatales	El costo mínimo es de \$248.00 por jornal.
	Manejo del Suelo	Correcciones de los suelos ácidos, básicos y salinos	Consiste en equilibrar el pH de suelos perturbados para mejorar la producción agrícola y recuperar los horizontes orgánicos del suelo.	Ayuda a la estabilización del suelo, promoviendo la infiltración y recarga de acuíferos; aumenta la productividad, retiene humedad, mejora la calidad del cultivo, la producción primaria.	Media, Baja	Sector agrícola y conservación	SEMARNAT, MUNICIPIO, FIRCO, SADER, INIFAP	El costo mínimo es de \$3,000.00/Km
		Construcción de fajas, presas de madera y piedra, barreras de material vegetal seco	Consiste en la construcción de técnicas de retención de suelo y sedimentos, con materiales del sitio.	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	El costo mínimo de elaboración es de \$5000.00/m ²
	Restauración de cauces y cuerpos de agua	Recuperación y acondicionamiento de manantiales	Consiste en rescatar las condiciones naturales de las corrientes y/o cuerpos de agua que suelen ser efímeros o intermitentes, aumentando su accesibilidad.	Retención de humedad, conservación de ecosistemas, dotación y captación de agua para uso ambiental (caudal ecológico), manejo de flujos hídricos 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	El costo máximo es de \$10,000.00 dependiendo del jornal
		Tratamiento de aguas residuales con humedales	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, conservación de ecosistemas acuáticos y subacuáticos, 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, así como el reúso de este recurso en actividades agrícolas o zonas comunes.	Alta, Media, Baja	Sector urbano, agrícola y pecuario	SEMARNAT, CONAGUA, Municipios, Comisión Estatal de Agua, Secretaría de Salud, Universidades Estatales	El costo aproximado de un humedal artificial es de \$2,500,000.00
		Reintroducción de especies en cuerpos hídricos	Consiste en reintroducir ejemplares en sus hábitats originales para lograr su repoblación o su recuperación, incluyendo diagnósticos de las especies y de los hábitats.	Permite la restauración de las funciones y procesos ecológicos disfuncionales o desaparecidos. Facilita regulación de flujos hidrológicos y regímenes de inundación.	Media, Baja	Sector conservación	SEMARNAT, CONAGUA, Secretaría de Desarrollo Sustentable, Universidades Estatales	Los costos depende de las fases de trabajo relacionadas con: estudio de factibilidad de reintroducción, repoblación, crianza de especies, proyectos de ingeniería, entre otros. El costo mínimo para la elaboración de estudio de factibilidad es de \$30,000.00

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 47. Acciones complementarias a las de enfoque SbN que contribuyen a la seguridad hídrica del Complejo de cuencas “Corrientes de Topolobampo”

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 cárcavas, 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
Ecotecnia 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 accesos y a las características de cada sitio. Respecto al agua para consumo humano, pueden implementarse sistemas de almacenamiento de agua, sistemas alternativos para 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
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 sujeta 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	Principio de SbN 3, 4, 8
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.	
<ul style="list-style-type: none">▪ 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 se 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

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 el país. 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>

IMDH Instituto Mexicano de Derechos Humanos y Democracia A.C. (2023). Red Lupa: Informe estatal Sinaloa. Obtenido de <https://imdhd.org/redlupa/informes-y-analisis/informes-estatales/region-norte/personas-desaparecidas-sinaloa/#:~:text=Culiac%C3%A1n%20concentra%20la%20mayor%20cantidad,de%201589%20a%201733%20casos>

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. Tecoripa (H12-12), Chihuahua (H13-10), Ciudad Obregón (G12-3), Huatabampo (G12-6), Los Mochis (G12-9), San Juanito (G13-1), Guachochi (G13-4), Pericos (G13-7). 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 topofomas. 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. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

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, Chihuahua, Sinaloa. 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.

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 indice 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/sinaloa?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>

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, Chihuahua, Sinaloa. 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/itm-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>

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.

Samaniego, J.L., Alatorre, J.E. & Van der Borcht, R. (2021). Soluciones basadas en la Naturaleza: el potencial de la restauración y conservación de bosques para la adaptación al cambio climático en Centroamérica. Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/136). CEPAL.

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>



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 “Corrientes de Topolobampo”

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
Sinaloa	TOTAL	1.92 %	45.13 %	54.87 %	3.36 %	1.14 %	48.53 %	51.47 %
	Ahome	1.39 %	44.13 %	55.87 %	3.18 %	0.82 %	45.81 %	54.19 %
	Badiraguato	0.06 %	57.14 %	42.86 %	0.13 %	1.27 %	46.29 %	53.71 %
	Choix	10.71 %	41.54 %	58.46 %	5.29 %	6.98 %	49.61 %	50.39 %
	El Fuerte	5.48 %	48.42 %	51.58 %	11.94 %	1.74 %	48.45 %	51.55 %
	Guasave	1.21 %	43.56 %	56.44 %	1.60 %	0.99 %	51.29 %	48.71 %
	Mocorito	0.05 %	52.63 %	47.37 %	0.11 %	0.42 %	50.60 %	49.40 %
	Sinaloa	1.57 %	49.57 %	50.43 %	2.41 %	0.94 %	49.39 %	50.61 %
Chihuahua	TOTAL	79.05 %	50.82 %	49.18 %	48.13 %	0.51 %	43.65 %	56.35 %
	Batopilas de Manuel Gómez Morín	59.02 %	51.03 %	48.97 %	67.69 %	0.82 %	45.65 %	54.35 %
	Chínipas	13.16 %	48.78 %	51.22 %	15.85 %	0.21 %	38.46 %	61.54 %
	Morelos	32.65 %	50.96 %	49.04 %	45.42 %	0.29 %	38.10 %	61.90 %
Sonora	TOTAL	5.9 %	47.5 %	52.2 %	8.25 %	2.5 %	44.5 %	55.5 %
	Álamos	5.9 %	47.5 %	52.2 %	8.25 %	2.5 %	44.5 %	55.5 %

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 “Corrientes de Topolobampo

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	$\% \text{ de Capacidad de retención de humedad} = \frac{\left(\frac{\text{Capacidad de retención de humedad alcanzada}}{\text{Capacidad de retención de humedad original}} \right)}{\left(\frac{\text{Capacidad de retención de humedad original}}{\text{Capacidad de retención de humedad original}} \right)} \times 100$
		Rotación de ganado	(G) Cambio por hectáreas en las que se implementa rotación de ganado a nivel del complejo de cuencas.	$\% \text{ de Plantas vivas} = \frac{(\text{Plantas vivas})}{(\text{Plantas sembradas})} \times 100$
		Contención de ganado con cercas vivas	(G) Cambio en las unidades de producción intervenidas con contención de ganado con cercas vivas.	$\% \text{ de Plantas vivas} = \frac{(\text{Plantas vivas})}{(\text{Plantas sembradas})} \times 100$
		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	$\% \text{ de Capacidad de retención de humedad} = \frac{\left(\frac{\text{Capacidad de retención de humedad alcanzada}}{\text{Capacidad de retención de humedad original}} \right)}{\left(\frac{\text{Capacidad de retención de humedad original}}{\text{Capacidad de retención de humedad original}} \right)} \times 100$ $\% \text{ de Capacidad de retención de suelo} = \frac{\left(\frac{\text{Capacidad de retención de suelo alcanzada}}{\text{Capacidad de retención de suelo original}} \right)}{\left(\frac{\text{Capacidad de retención de suelo original}}{\text{Capacidad de retención de suelo original}} \right)} \times 100$
	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	$\% \text{ de aplicación de fertilizantes} = \frac{(\text{Aplicación de fertilizantes alcanzada})}{(\text{Cantidad de Fertilizantes deseada})} \times 100$ $\% \text{ de cambio en producción vegetal} = \frac{(\text{Producción vegetal actual})}{(\text{Producción vegetal deseada})} \times 100$
		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.	$\% \text{ de Humedad en el suelo} = \frac{(\text{Humedad del suelo alcanzada})}{(\text{Humedad en el suelo original})} \times 100$ $\% \text{ de escurrimiento superficial} = \frac{(\text{Esgurrimiento superficial actual})}{(\text{Esgurrimiento superficial original})} \times 100$
		Plantaciones dendroenergéticas	(I) Porcentaje de sobrevivencia de plantas sembradas por unidad de producción.	$\% \text{ de Cuerpos hídricos que cuenta con Programas de reintroducción} = \frac{\left(\frac{\text{Número de cuerpos hídricos con Programas de reintroducción}}{\text{Número de cuerpos hídricos sin Programas de reintroducción}} \right)}{\left(\frac{\text{Número de cuerpos hídricos sin Programas de reintroducción}}{\text{Número de cuerpos hídricos sin Programas de reintroducción}} \right)} \times 100$
		Transición a variedades con menor requerimiento hídrico	(I) Porcentaje de sobrevivencia de plantas sembradas por unidad de producción.	$\% \text{ de agua tratada por humedales} = \frac{\left(\frac{\text{Volumen de agua tratada}}{\text{Volumen total de aguas residuales}} \right)}{\left(\frac{\text{Volumen total de aguas residuales}}{\text{Volumen total de aguas residuales}} \right)} \times 100$
	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.	$\% \text{ de manantiales recuperados y acondicionados} = \frac{\left(\frac{\text{Número de manantiales recuperados y acondicionados}}{\text{Número total de manantiales}} \right)}{\left(\frac{\text{Número total de manantiales}}{\text{Número total de manantiales}} \right)} \times 100$
		Producción certificada de frutales	(G) Porcentaje de cambio superficie incorporada a alguna certificación que promueva buenas prácticas ambientales.	$\% \text{ de superficie intervenida} = \frac{(\text{Superficie con intervención})}{(\text{Superficie total})} \times 100$
	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.	$\% \text{ de áreas de intervención} = \frac{\left(\frac{\text{Superficie de suelos bajo acciones de corrección}}{\text{Superficie total de suelos que requieren corrección}} \right)}{\left(\frac{\text{Superficie total de suelos que requieren corrección}}{\text{Superficie total de suelos que requieren corrección}} \right)} \times 100$
	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.	$\% \text{ de supervivencia} = \frac{(\text{Número plantas supervivientes})}{(\text{Número de plantas sembradas})} \times 100$
		Captación de agua de lluvia	(I) Porcentaje de captación de agua de lluvia alcanzada en temporada de lluvias de la captación deseada.	$\% \text{ de áreas de intervención} = \frac{\left(\frac{\text{Unidades de intervención con contención de ganado}}{\text{Unidades de intervención con contención de ganado con cercas vivas}} \right)}{\left(\frac{\text{Unidades de intervención con contención de ganado con cercas vivas}}{\text{Unidades de intervención con contención de ganado con cercas vivas}} \right)} \times 100$

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.	$\% \text{ de canales con flujo rehabilitado} = \left(\frac{\text{Número de canales con apertura}}{\text{Número de canales bloqueados}} \right) \times 100$ $\% \text{ de áreas con intervención} = \left(\frac{\text{Superficie bajo prácticas de conservación / restauración}}{\text{Superficie total}} \right) \times 100$
		Establecimiento de zonas de protección de recarga de acuíferos	(G) Cambio en la superficie decretada como protección para recarga de acuíferos del territorio.	$\% \text{ de plantas supervivientes} = \left(\frac{\text{Número de plantas supervivientes}}{\text{Número de plantas sembradas}} \right) \times 100$ $\% \text{ de zona intervenida} = \frac{\text{Zona intervenida}}{\text{Zona transformada}} \times 100$
		Gestión por pago de servicios ambientales hidrológicos	(G) Porcentaje de la superficie incorporada a esquema de pago por servicios ambientales del territorio.	$\% \text{ de Plantas propagadas} = \frac{(\text{Plantas vivas})}{(\text{Plantas propagadas})} \times 100$
		Proyectos de turismo sostenible	(G) Cambio en superficie destinada a proyectos de turismo sostenible	$\% \text{ de Franjas hidroforestales} = \left(\frac{\text{Número de franjas hidroforestales establecidas}}{\text{Número de franjas hidroforestales sembradas}} \right) \times 100$ $\% \text{ de Humedad en el suelo} = \left(\frac{\text{Humedad del suelo alcanzada}}{\text{Humedad en el suelo original}} \right) \times 100$
	Obras de control ante amenazas	Elaboración de barreras vivas	(I) Disminución en la superficie con erosión.	$\% \text{ de Extensión de fajas marginales} = \left(\frac{\text{Extensión actual de fajas marginales}}{\text{Extensión original de fajas marginales}} \right) \times 100$
		Brechas cortafuego	(G) Cambio en superficie protegida por brechas cortafuego	$\% \text{ de áreas de intervención} = \left(\frac{\text{Superficie intervenidas}}{\text{Superficie total}} \right) \times 100$ $\% \text{ de volumen de agua infiltrada} = \frac{(\% \text{ de volumen de agua infiltrada})}{(\% \text{ de volumen de agua existente originalmente})}$
	Proyectos productivos	Construcción y gestión de viveros comunitarios	(G) Cambio en número de viveros existentes	$\% \text{ de Plantas supervivientes} = \left(\frac{\text{Número de plantas supervivientes en laderas en tiempo x}}{\text{Número de plantas sembradas en laderas}} \right) \times 100$
		Proyectos de huertos familiares	(G) Cambio en número de proyectos de huertos familiares existentes	$\% \text{ de cambio en proyectos apícolas} = \frac{(\text{Número de apiarios en funcionamiento})}{(\text{Número total de apiarios en el territorio})} \times 100$
		Establecimiento de proyectos de apicultura	(G) Cambio en número de proyectos de apicultura existentes	$\% \text{ de cambio en número de huertos familiares} = \frac{(\text{Número de huertos actuales})}{(\text{Número de huertos originales})} \times 100$
	Restauración	Restauración de áreas erosionadas	Reforestación y revegetación de laderas	(I) Porcentaje de supervivencia en reforestación
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	$\% \text{ de rotación del ganado} = \left(\frac{\text{Superficie con rotación de ganado}}{\text{Superficie a rotar de ganado}} \right) \times 100$
Fajas marginales en los cursos de agua			(G) Cambio en extensión de fajas marginales	$\% \text{ de cambio en superficie protegida por brechas cortafuego} = \left(\frac{\text{Superficie protegida actualmente por brechas cortafuego}}{\text{Superficie protegida originalmente por brechas cortafuego}} \right) \times 100$
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	$\% \text{ de Cambio en superficie destinada a Proyectos de turismo sostenible} = \left(\frac{\text{Superficie alcanzada incorporada a proyectos de turismo sostenible}}{\text{Superficie original incorporada a proyectos de turismo sostenible}} \right) \times 100$
		Identificación y propagación de especies vegetales nativas	(I) Porcentaje de supervivencia en propagación	$\% \text{ de Cambio en superficie destinada a Proyectos de turismo sostenible} = \left(\frac{\text{Superficie alcanzada incorporada a proyectos de turismo sostenible}}{\text{Superficie original incorporada a proyectos de turismo sostenible}} \right) \times 100$
		Revegetación de zonas transformadas y áreas verdes con vegetación nativa	(I) Porcentaje de supervivencia (G) Porcentaje de zona intervenida	$\% \text{ de Superficie incorporada a GSA} = \left(\frac{\text{Superficie actual incorporada a pagos por servicios ambientales}}{\text{Superficie original incorporada a pagos por servicios ambientales}} \right) \times 100$
Rehabilitación de manglares		Rehabilitación del flujo hídrico	(G) Porcentaje de canales con flujo hídrico rehabilitado (G) Porcentaje de superficie bajo prácticas de conservación/restauración	$\% \text{ de Superficie que cuentan con decreto de protección para recarga de acuíferos} = \left(\frac{\text{Superficie actual con decreto de protección}}{\text{Superficie original con decreto de protección para recarga de acuíferos}} \right) \times 100$
		Reforestación y resiembra directa de manglar	(I) Porcentaje de supervivencia	$\% \text{ de Superficie de ANP decretada como ANP alcanzada} = \left(\frac{\text{Total de la superficie decretada como ANP alcanzada}}{\text{Superficie del territorio con ANP original}} \right) \times 100$ $\% \text{ de ANP que cuenta con Plan de Manejo y reglamento} = \left(\frac{\text{Superficie de ANP con Plan de Manejo y reglamento alcanzada}}{\text{Superficie de ANP con Plan de Manejo y reglamento original}} \right) \times 100$
Manejo del Suelo		Correcciones de los suelos ácidos, básicos y salinos	(G) Porcentaje de superficie intervenida para corrección de suelos	$\% \text{ de Captación de agua de lluvia} = \left(\frac{\text{Captación de agua de lluvia alcanzada}}{\text{Captación de agua deseada}} \right) \times 100$
		Construcción de fajas, presas de madera y piedra, barreras de material vegetal seco	(G) Porcentaje de superficie intervenida	$\% \text{ de Capacidad del bordo} = \frac{(\text{Capacidad del bordo alcanzada})}{(\text{Capacidad del bordo deseada})} \times 100$
Restauración de cauces y cuerpos de agua	Recuperación y acondicionamiento de manantiales	(G) Porcentaje de manantiales recuperados y acondicionados	$\% \text{ de Cumplimiento de metas de la UMA} = \frac{\sum_{i=1}^n \%IS(FSLI)}{n} \text{ tasa}$ <p><i>%IS (FSLI): Porcentaje de medición obtenido de cada indicador de seguimiento para el manejo</i> n: número de indicadores de seguimiento medidos</p>	
	Tratamiento de aguas residuales con humedales	(G) Porcentaje de agua tratada	$\% \text{ de Cambio en Superficie incorporada a Certificaciones} = \left(\frac{\text{Superficie actual incorporada a certificaciones}}{\text{Superficie original incorporada a certificaciones}} \right) \times 100$	
	Reintroducción de especies en cuerpos hídricos	(G) Porcentaje de cuerpos hídricos con programas de reintroducción de especies en cuerpos hídricos	$\% \text{ de sucesión vegetal} = \left(\frac{\text{Superficie revegetada}}{\text{Superficie a revegetar}} \right) \times 100$ $\% \text{ de Humedad en el suelo} = \left(\frac{\text{Humedad del suelo alcanzada}}{\text{Humedad en el suelo original}} \right) \times 100$ $\% \text{ de escurrimiento superficial} = \left(\frac{\text{Escurrimiento superficial actual}}{\text{Escurrimiento superficial original}} \right) \times 100$	



**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