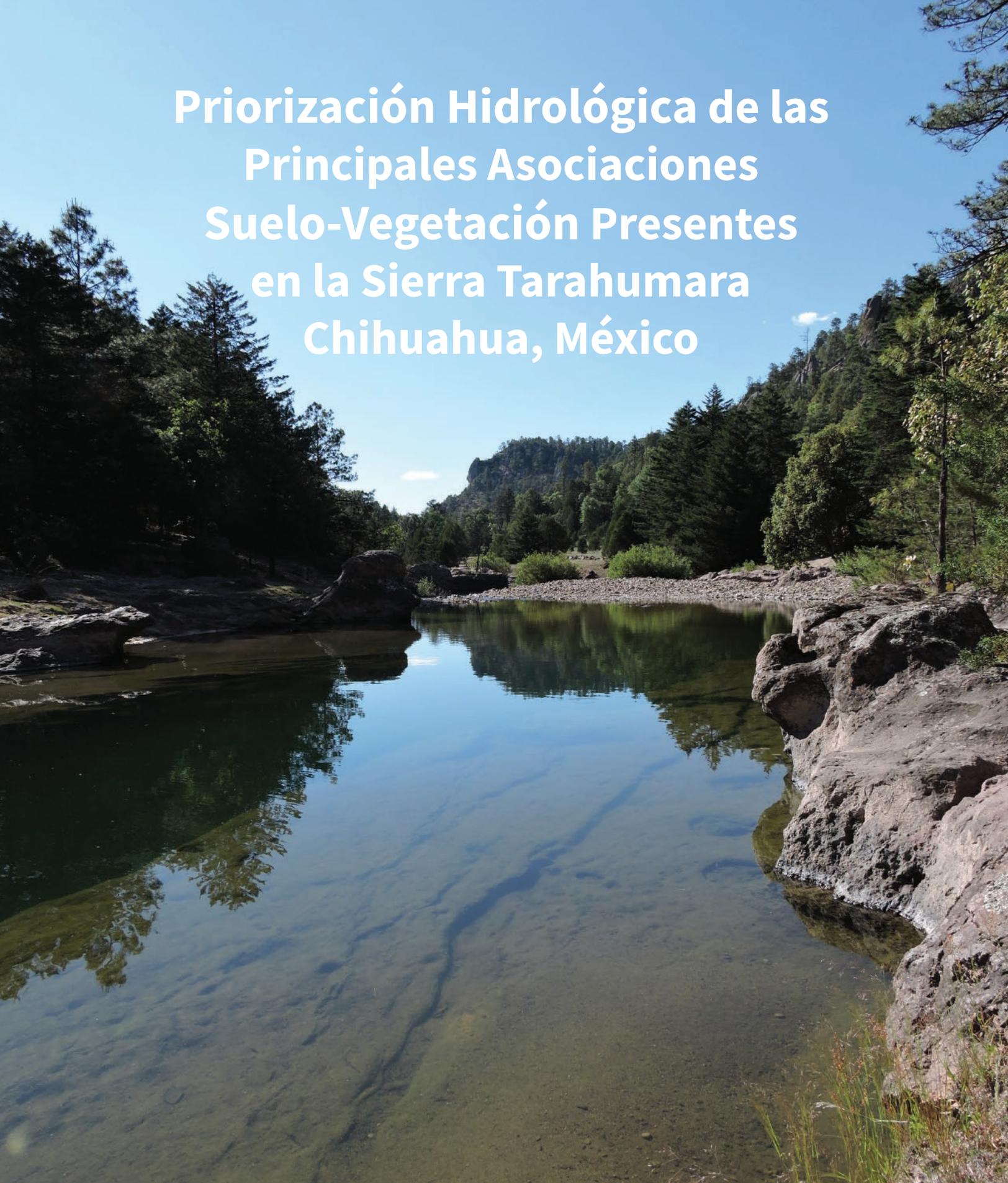


Priorización Hidrológica de las Principales Asociaciones Suelo-Vegetación Presentes en la Sierra Tarahumara Chihuahua, México



SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



CONANP
COMISIÓN NACIONAL
DE ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS



TARAHUMARA
SUSTENTABLE

Priorización Hidrológica de las Principales Asociaciones Suelo-Vegetación Presentes en la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México.

Este material fue realizado en el marco del proyecto “Gestión integrada del territorio para la conservación de la biodiversidad en áreas de protección y producción en la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México” conocido como “Proyecto Tarahumara Sustentable”, implementado a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y que de manera conjunta coordinan la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial GEF (por sus siglas en inglés).

Supervisores:

Ing. Manuel Chávez Díaz – Coordinador General del Proyecto Tarahumara Sustentable

M.I. Enrique Prunés Soto – Coordinador de la Base científica y Herramientas para la Toma de Decisiones del Proyecto Tarahumara Sustentable

1

Participantes en la ejecución del proyecto:

Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso

Dr. Mario R. Martínez Menez

MC. Madai Sánchez Galindo

MC. Isabel Villa Montes

MC. Erasmo Rubio Granados

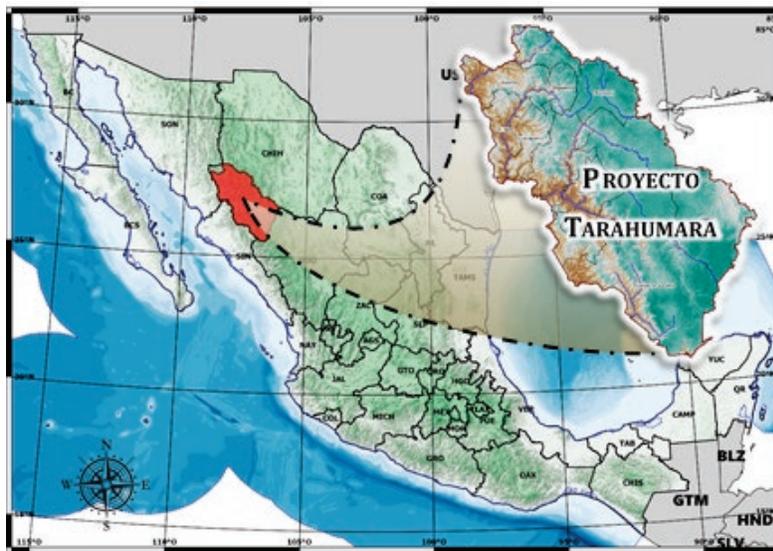
Ing. Carlos Palacios Espinosa

Ing. Cristian Ramos Mendoza

Ing. Claudia Fernández González

Introducción

Desde el año 2014 se implementa el proyecto “Gestión integrada del territorio para la conservación de la biodiversidad en áreas de protección y producción en la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México” conocido como “Proyecto Tarahumara Sustentable (PTS)”. El Proyecto Tarahumara Sustentable, en su área de trabajo, fomenta la conservación de la biodiversidad para mantener y mejorar los servicios ambientales con un enfoque sustentable. Para ello, el Proyecto ha definido, una estrategia de planeación, manejo y conservación de los servicios ecosistémicos prioritarios para reducir su degradación en las diferentes unidades productivas y naturales de las cuencas. De la misma forma, el PTS ha pugnado por la asignación focalizada y coordinada de los recursos económicos a fin de optimizar la eficiencia en su aplicación y mejorar su impacto en la conservación y manejo de los recursos naturales.



2

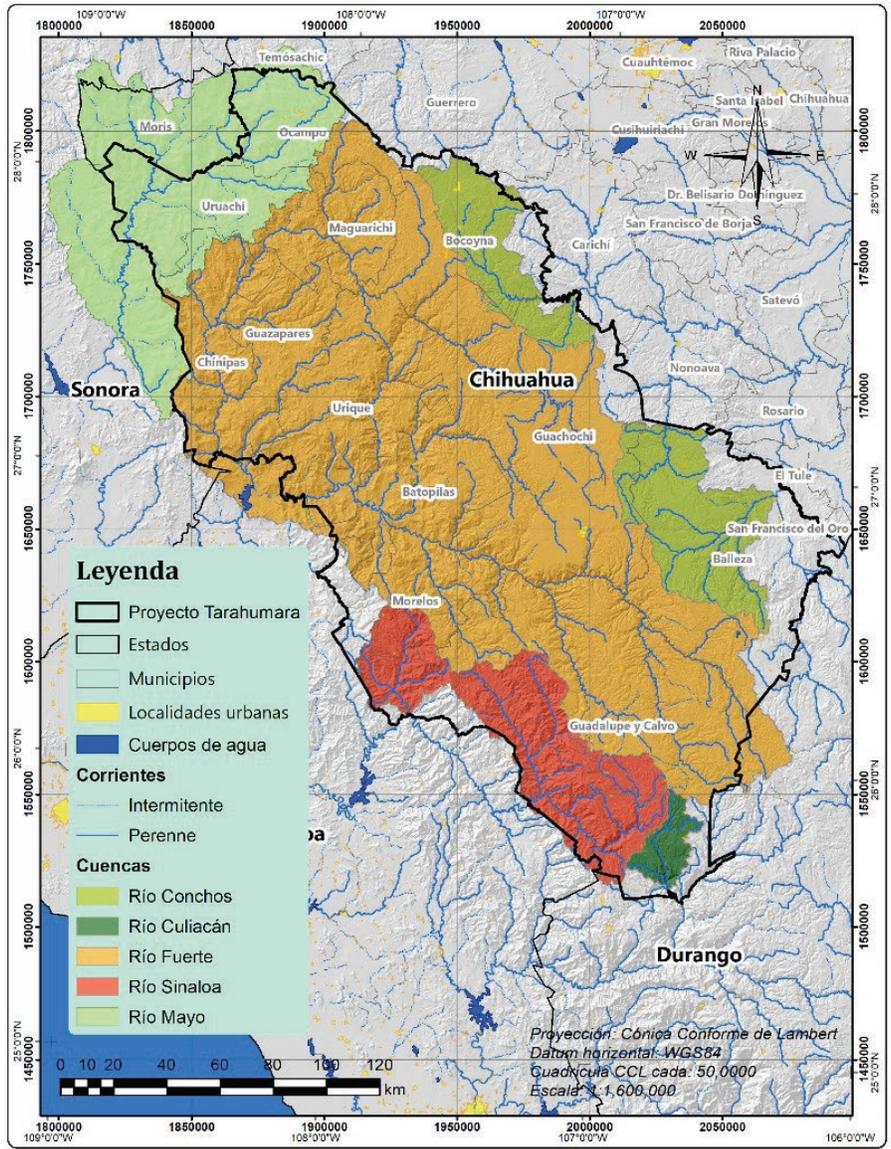
Para mejorar la toma de decisiones, sobre el manejo eficiente del territorio, el PTS ha generado información de calidad a través de modelos de simulación que involucran aspectos climáticos, topográficos, edáficos, usos de suelo y manejo de la vegetación con el propósito de evaluar la degradación del suelo, producción de biomasa y ciclo hidrológico de las diferentes combinaciones de suelo-vegetación que se presentan en la Sierra Tarahumara. En este sentido, se calibró y validó el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tools) con parámetros ambientales y variables de manejo de la zona de estudio, para identificar áreas de intervención prioritarias y establecer la condición base

para comparar el impacto de futuras acciones de manejo, que hubiera lugar, en los procesos hidrológicos y productivos de las cuencas presentes en el área de influencia del proyecto en la Sierra Tarahumara.

Con los resultados generados, el usuario está en condiciones de predecir el impacto del manejo del suelo y la vegetación en la producción de escurrimiento, sedimentos, según el tipo de suelo, uso de suelo y bajo diversas estrategias de manejo a corto, mediano y largo plazo. Además, se pueden simular diferentes procesos involucrados en la respuesta hidrológica de una cuenca, tales como: clima, escurrimiento superficial, flujo lateral percolación, evapotranspiración, producción de sedimentos, crecimiento vegetal y manejo de cultivos, entre otros, lo que permite generar escenarios de manejo. A continuación, se muestran los principales resultados de la “Priorización Hidrológica de las Principales Asociaciones Suelo-Vegetación Presentes en la Sierra Tarahumara, Chihuahua, México”.

Área del Proyecto Tarahumara Sustentable

El área de trabajo del Proyecto Tarahumara Sustentable, se localiza en el estado de Chihuahua, en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, dentro de la sub-provincia denominada Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses, incluye 12 municipios: Balleza, Batopilas, Bocoyna, Chínipas, Guachochi, Guadalupe y Calvo, Guazapares, Maguarichi, Morelos, Ocampo, Urique y Uruachi. El área de influencia del PTS es cubierta por las cuencas hidrológicas (Figura 2) del río Fuerte (61.78%), del río Conchos (16.78%), río Sinaloa (10.43%), del río Mayo (8.42%), río Culiacán (2.21%) y río Yaqui (0.39%). El río Fuerte, el principal río dentro del área del PTS, es alimentado por numerosos cauces, entre ellos los ríos Verde, Turuáchic, De los Loera, San Miguel, Batopilas, Urique, Chínipas y Los Oteros, y los arroyos Guachochi y Tenoriba, que finalmente descargan en el vaso de la Presa Luis Donaldo Colosio (Huites). Desde el punto de vista hidrológico, en la Sierra Tarahumara nacen grandes ríos que desembocan en la vertiente del pacífico y golfo de México (río Conchos, Mayo, Culiacán, Yaqui y Sinaloa).



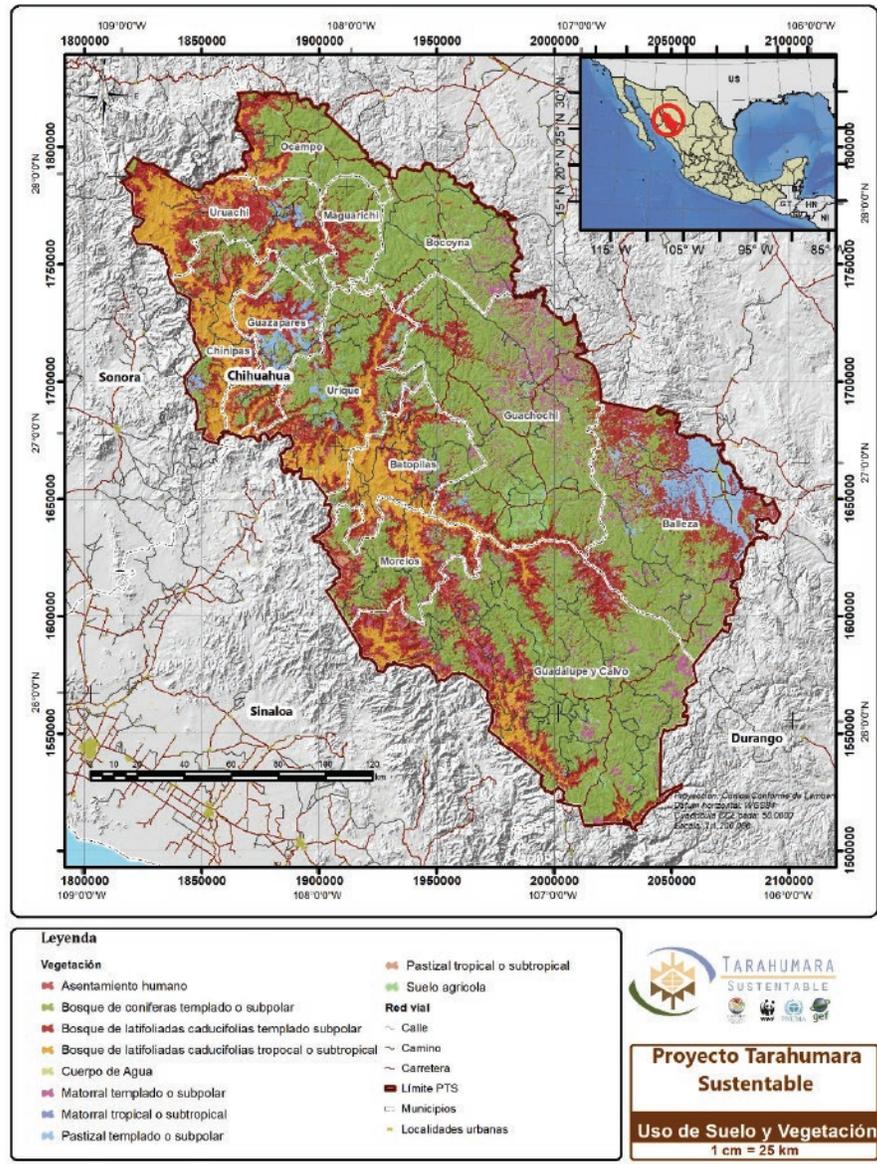
De acuerdo con el censo 2010, realizado por el INEGI, en el área de influencia del PTS se tiene una población de 322,517 habitantes. La región es la más pobre y marginada del Estado de Chihuahua y del país; ocho municipios del PTS se encuentran en el quintil más bajo del índice nacional de desarrollo humano y la mitad de su población vive en pobreza extrema. En el área de estudio habitan 110,177 rarámuri, en los municipios de Guachochi, Urique, Bocoyna, Guadalupe y Calvo, Uruachi, Balleza y Guazapares (CONABIO, 2014). Las actividades económicas que se practican en la cuenca son la agricultura, acuicultura, actividad forestal, minería y generación de energía eléctrica.

La Sierra Tarahumara es producto de una gran actividad volcánica, donde los materiales que la componen, principalmente tobas, son muy erodables. Estos materiales han facilitado la formación de cañones y valles profundos, que han configurado lo abrupto de su topografía, y el delta del río Fuerte en su desembocadura al mar. La degradación específica media de la cuenca del Fuerte (9.05 t/ha), que cubre el 61.78% del área del PTS, supera en 3.23 veces la media nacional (2.8 t/ha), la alta degradación es congruente con lo escarpado de su topografía el origen volcánico de sus suelos, principalmente tobas.

Uso de suelo y Vegetación

Los principales usos de suelo y vegetación CONABIO (2017) en el área del PTS son: bosque de coníferas (51.6%), bosque de encino (21.2%), selva baja caducifolia (11.9%), pastizal (5.9%), Matorral (5) y maíz grano (4.0%); lo cual refleja la importancia regional de las actividades primarias, forestal, pastoreo y agricultura de temporal.

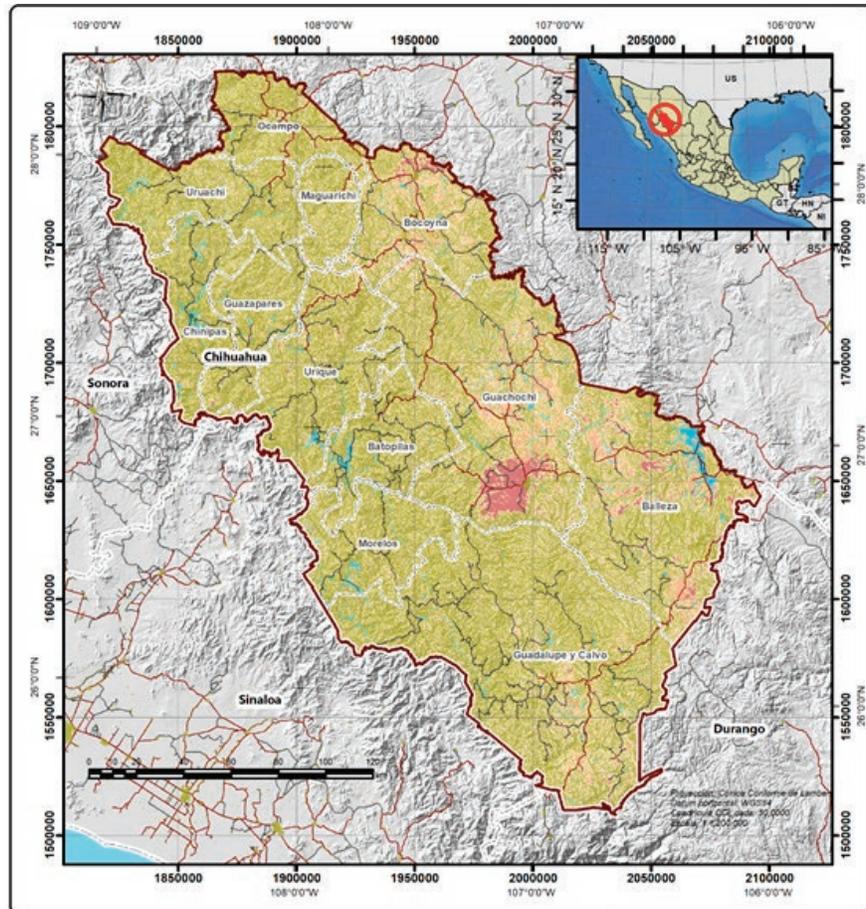
Clave SWAT	Uso de suelo y vegetación	Uso de suelo y vegetación SWAT	Porcentaje
FRSD	Bosques de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical	Selva Baja Caducifolia	11.9
FRSE	Bosque de coníferas templado o subpolar	Bosque de coníferas	51.6
MESQ	Matorral templado o subpolar/tropical o subtropical	Matorral	5.0
SIDE	Pastizal templado o subpolar/tropical o subtropical	Pastizal	5.9
MAIZ	Agricultura	Maíz grano	4.0
OAK	Bosques de latifoliadas caducifolio templado o subpolar	Bosque de encino	21.2
ARUR	Asentamientos humanos	Asentamiento humano	0.2
WATR	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	0.05



Suelos

El suelo es uno de los componentes importantes en las cuencas, ya que, la variación de las propiedades físicas esenciales del suelo son determinantes en la respuesta hidrológica en estas. En las cuencas del PTS se determinó que predominan suelos asociados a una orografía abrupta, donde sobresalen aquellos sujetos a erosión intensa y con bajo desarrollo (leptosol, LPeusk, 47.3%) y los suelos sujetos al transporte gravitacional de materiales gruesos (regosol, RGsklep, 45.3%) y finos (phaeozem, PHsklep, 2.0%). En menor medida, se observa la presencia de suelos derivados del

intemperismo de materiales volcánicos (cambisol, CMsklep, 2.1%), donde los procesos de formación de suelo superan las tasas de erosión de los mismos. También se observan los suelos producto de la deposición fluvial (fluvisol, PHlvlep, 1.5%) en valles intermontanos, a lo largo de los principales ríos de la zona de estudio.



Leyenda	
Clave WRB	<ul style="list-style-type: none"> LPeusk RGsklep CMsklep PHlvlep FLeusk Agua
	<ul style="list-style-type: none"> Límite PTS Municipios RGeulep Localidades urbanas
Red vial	<ul style="list-style-type: none"> Calle Camino Carretera

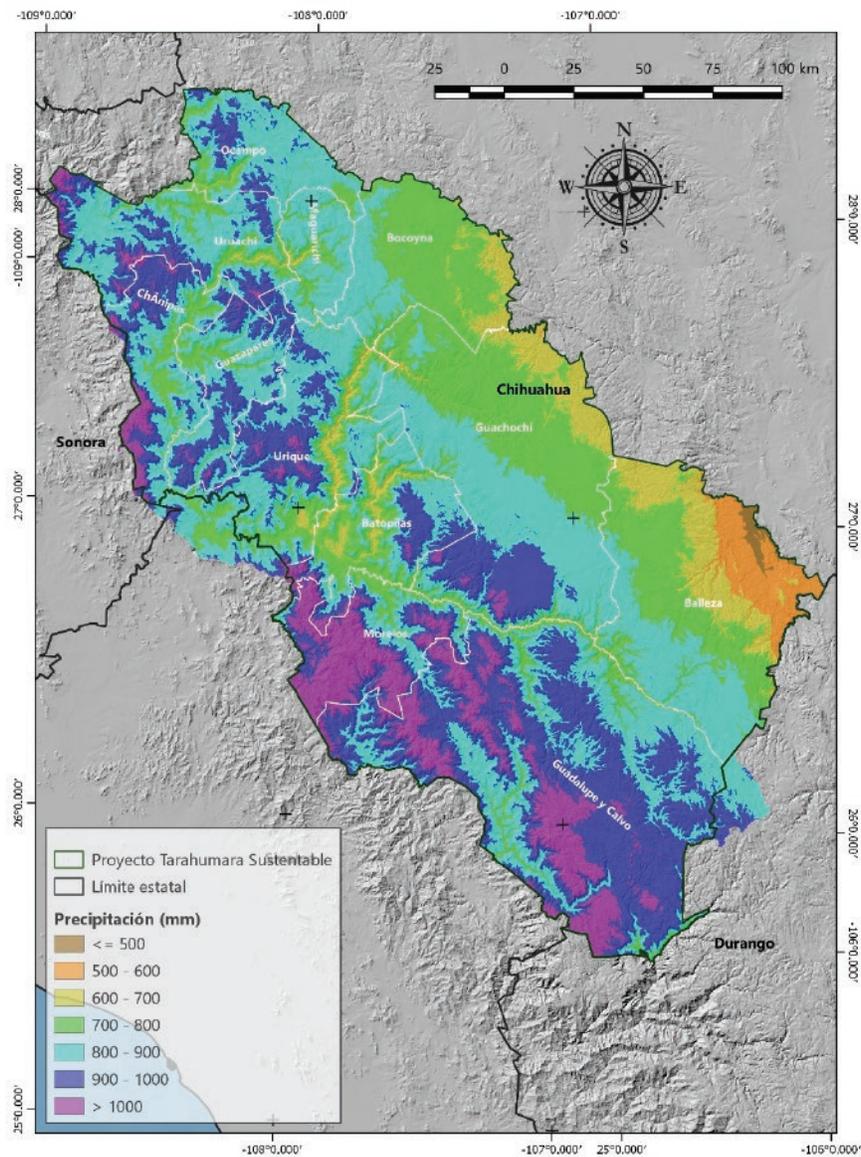


Proyecto Tarahumara Sustentable
Suelos
1 cm = 25 km

Información Climática

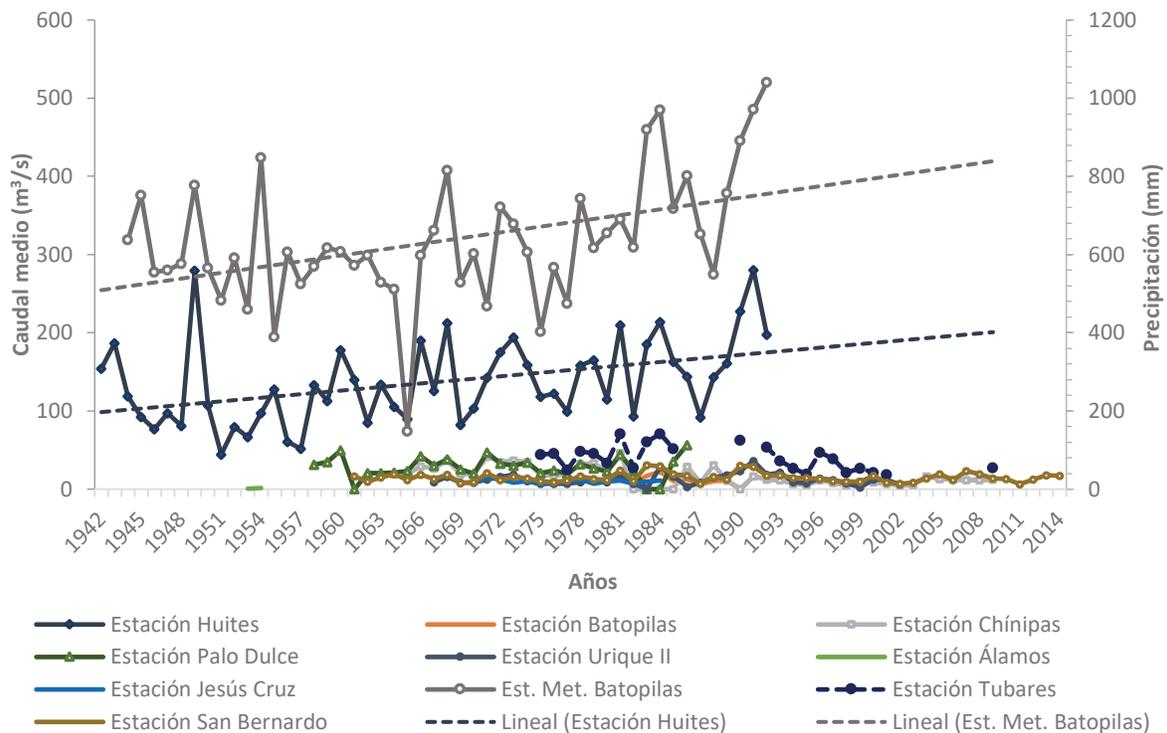
La precipitación media anual mayor a 900 mm ocurre en los municipios Guadalupe y Calvo, Morelos, Batopilas, Urique, Guazapares, Chínipas y sur de Guachochi. Mientras que, en los municipios de Ocampo, Maguarichi, Bocoyna, Guachochi y sur de Balleza la precipitación media anual varía entre 600 y 900 mm.

Por otra parte, al noreste del municipio de Balleza la precipitación media es menor de 600 mm.



Registros hidrométricos

Para el área de estudio del PTS se reportan datos de las estaciones hidrométricas Huites (10,037), Álamos (10,053), Batopilas (10,063), Chínipas (10,064), Palo Dulce (10,077), Urique II (10,100), Jesús Cruz (10,119), Tubares (10,123) y San Bernardo (09,067). En la figura se observa que la estación hidrométrica Huites se ha incrementado un 80% el caudal medio en el periodo 1942-1992, como se muestra en la misma figura, este incremento está asociado a un aumento en la precipitación media (Est. Met. Batopilas, SMN: 8007, 8161 y 8341).



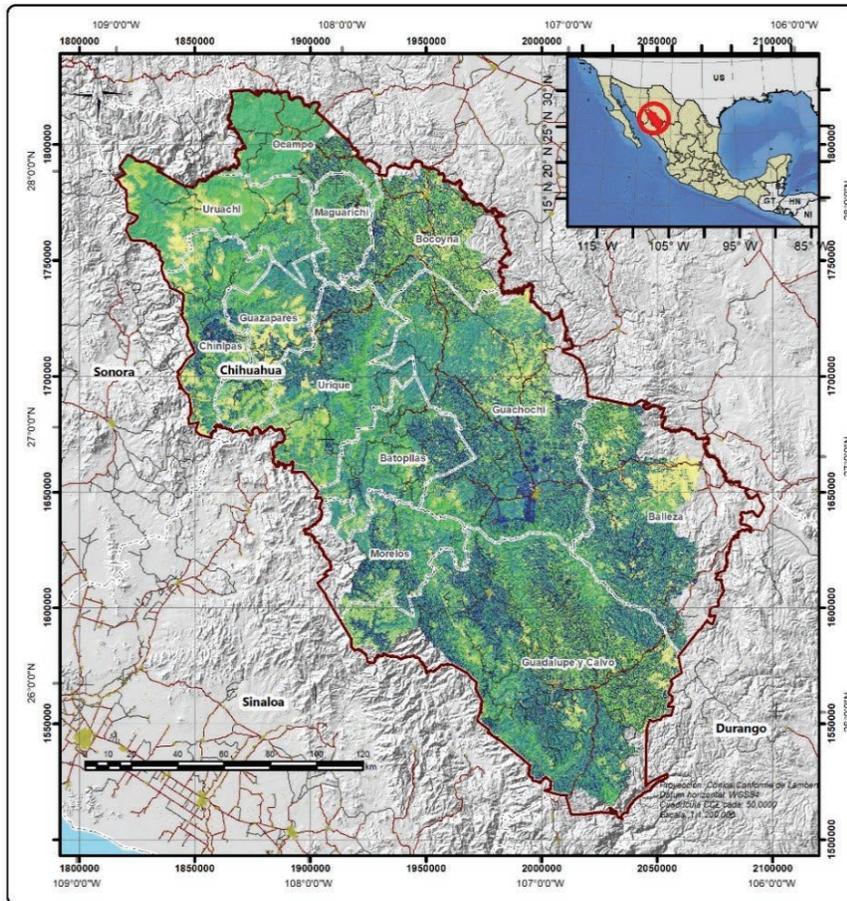
Unidades de respuesta hidrológica (HRU)

El modelo SWAT simula a nivel de HRU (combinación entre tipo de suelo y cobertura vegetal) los escurrimientos, la producción de sedimentos y de biomasa para las subcuencas en que se divide una cuenca. Las HRU dentro de cada subcuenca representan las posibles combinaciones de suelo y vegetación, siempre y cuando la superficie de esta combinación sea superior a un porcentaje, respecto a la subcuenca, especificado, el área mínima de drenaje para la definición de las corrientes de las subcuencas se estableció en 10,000 ha. Con fines del presente análisis el área de la cuenca del río Fuerte y parte de las cuencas de los ríos Conchos, Culiacán, Sinaloa y Mayo, se dividió en 201 subcuencas y 4,906 HRU que cubren un área media de 7.56 km².

Rendimientos de granos, forrajes y madera

En términos generales, resulta que el 66.5% de la superficie de las cuencas tiene una producción de biomasa por arriba de las 4 t/ha/año, los mayores valores de biomasa ocurren principalmente para la vegetación natural, a excepción del matorral (con vegetación arbustiva). El rendimiento económico promedio de maíz es de 1.2 t/ha/año, de pino en 3.8 t/ha/año y de pastizal en 0.2 t/ha/año. En el caso de la producción de madera para la etapa de crecimiento activo es 66% mayor que la etapa de madurez como se encuentran la mayoría de las masas forestales de la región (2.5 t/ha/año).

10



Leyenda		
	Límite PTS	
	Municipios	
	Localidades urbanas	
	Red vial	
	Calle	
	< 2	
	2 - 4	
	4 - 6	
	6 - 8	
	> 8	
	Camino	
	Carretera	

TARAHUMARA SUSTENTABLE

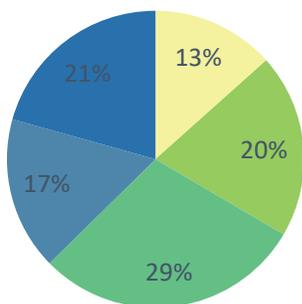
Proyecto Tarahumara Sustentable

Producción de biomasa

1 cm = 25 km

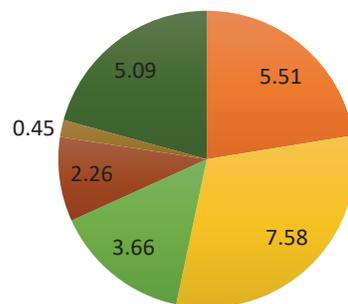
Producción de biomasa

<2 t/ha 2-4 t/ha 4-6 t/ha
6-8 t/ha >8 t/ha



Producción de biomasa (t/ha)

FRSD FRSE MAIZ MESQ SIDE OAK



FRSD: Selva Baja Caducifolia; FRSE: Bosque de coníferas; MESQ: Matorral; SIDE: Pastizal; MAIZ: Maíz grano, temporal; OAK: Bosque de encino

Escurremientos

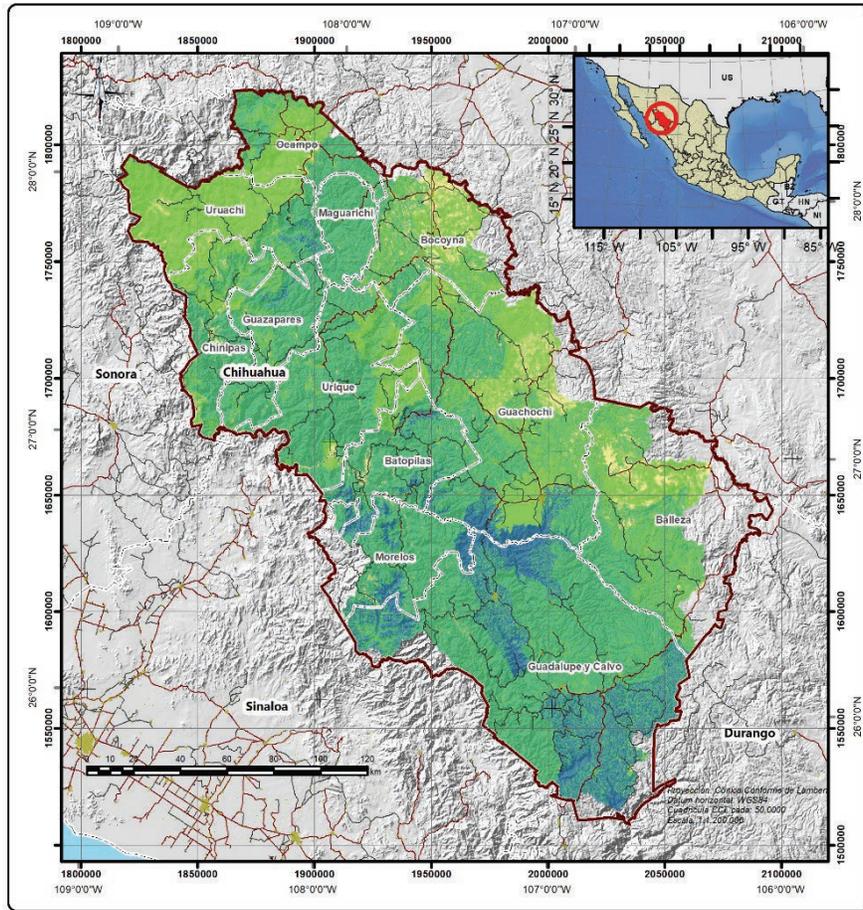
La producción de agua promedio va de 200-300 mm y cubre el 60.1% del área analizada. Además, el 57% del área presenta un coeficiente de escurremiento entre 0.3 y 0.4 mm/mm, en el 20% de la superficie varía entre 0.2 y 0.3 mm/mm y el 17% alcanza un coeficiente mayor de 0.4 mm/mm, principalmente en las áreas de mayor precipitación.



Maíz



Bosque de Coníferas

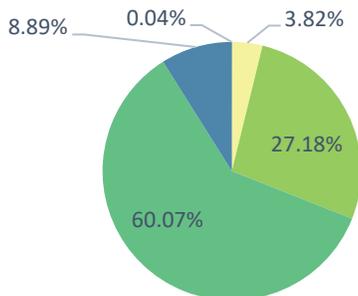


Legenda

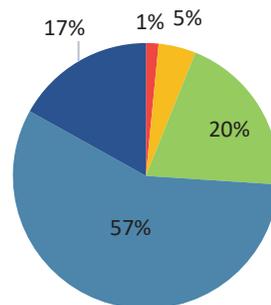
mm	> 400	Límite PTS
	< 100	Municipios
	100 - 200	Calle
	200 - 300	Camino
	300 - 400	Carretera
	Localidades urbanas	

Proyecto Tarahumara Sustentable
Producción de agua
1 cm = 25 km

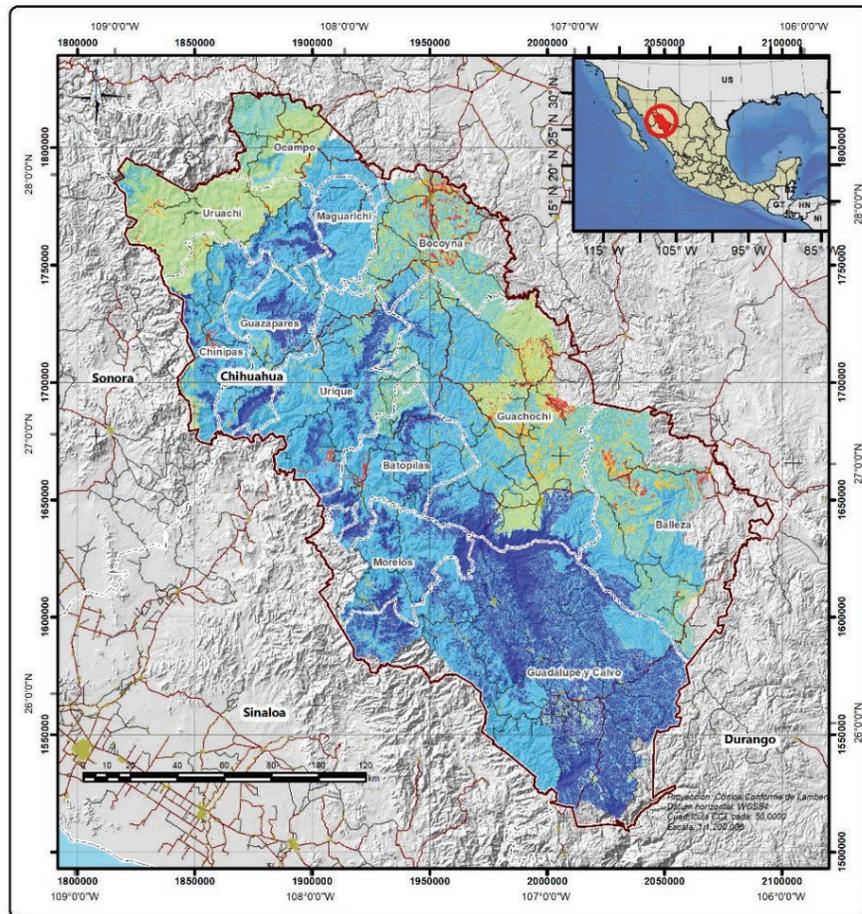
Producción de agua



Coefficiente de escurrimiento (mm/mm)



FRSD: Selva Baja Caducifolia; FRSE: Bosque de coníferas; MESQ: Matorral; SIDE: Pastizal; MAIZ: Maíz grano, temporal; OAK: Bosque de encino

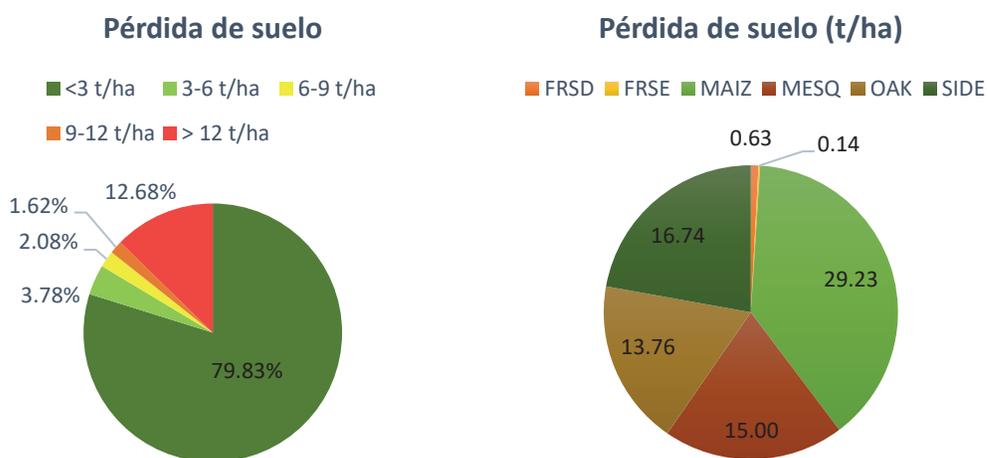


Producción de sedimentos

La producción de sedimentos, en el 93.4% de su superficie, es menor de 12 t/ha lo que indica que el 6.6% del territorio es el que más aporta de manera significativa al azolvamiento de cuerpos de agua, principalmente fuera de la cuenca. Estas áreas con mayor producción de sedimentos se localizan en las partes bajas, ubicada principalmente en los municipios de Batopilas, Chínipas, Guazapares, Morelos, Ocampo, Uruque, y Uruachi. El uso de suelo con mayor problema de producción de sedimentos es la producción de maíz grano (17.96 t/ha).

Pérdida de suelo

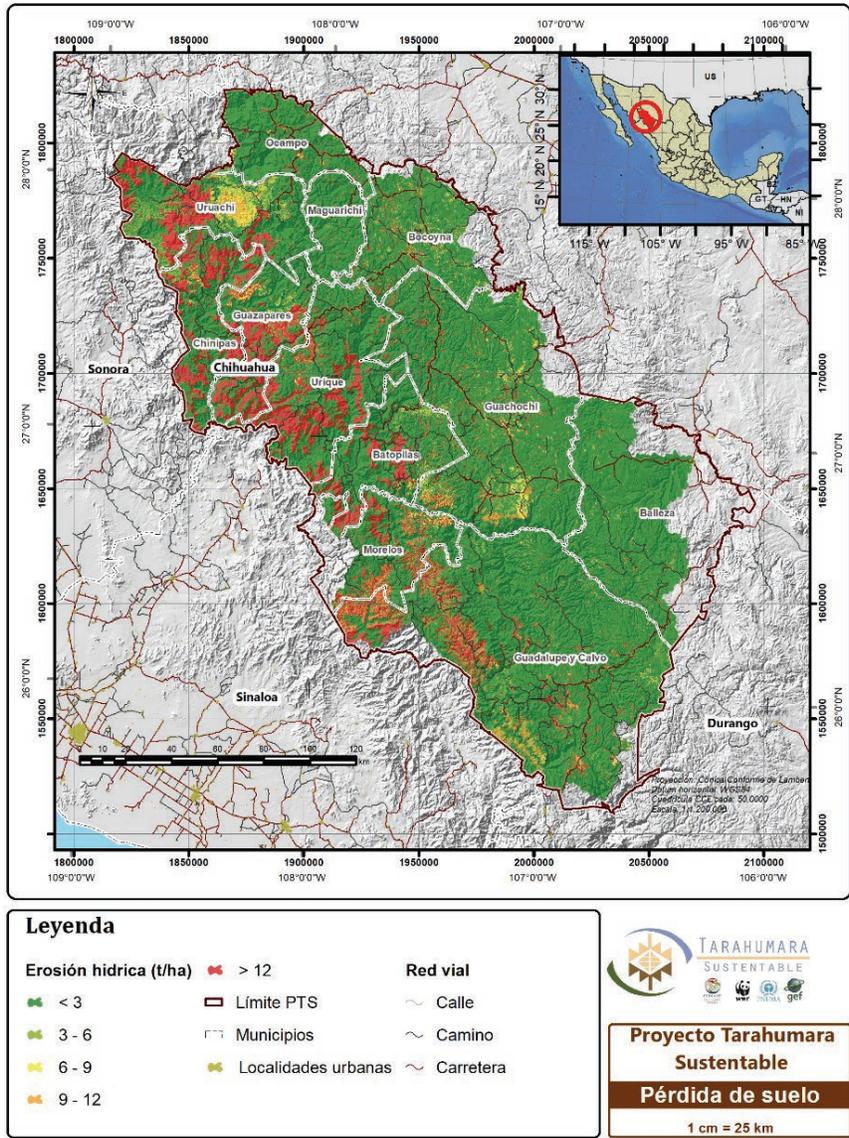
La pérdida de suelo, in situ, es de menos de 12 t/ha en el 79.8% de la superficie, aunque en el 12.7% de la superficie existe un problema de pérdida de suelo que requiere medidas de conservación, concentrada principalmente en zonas de cultivo de maíz grano, pastizal, matorral y bosque de encino. Debido las características de baja cobertura vegetal, alta pendiente e intensidad de la lluvia, los problemas de erosión de suelo se localizan en los municipios de Batopilas, Chínipas, Guadalupe y Calvo, Guazapares, Morelos, Urique y Uruachi.



FRSD: Selva Baja Caducifolia; FRSE: Bosque de coníferas; MESQ: Matorral; SIDE: Pastizal; MAIZ: Maíz grano, temporal;
OAK: Bosque de encino

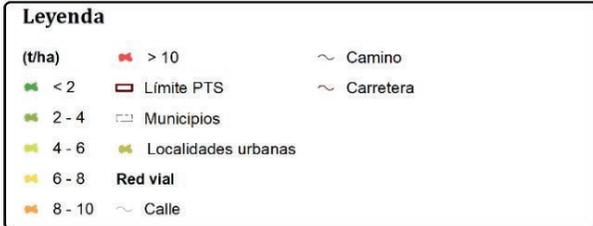
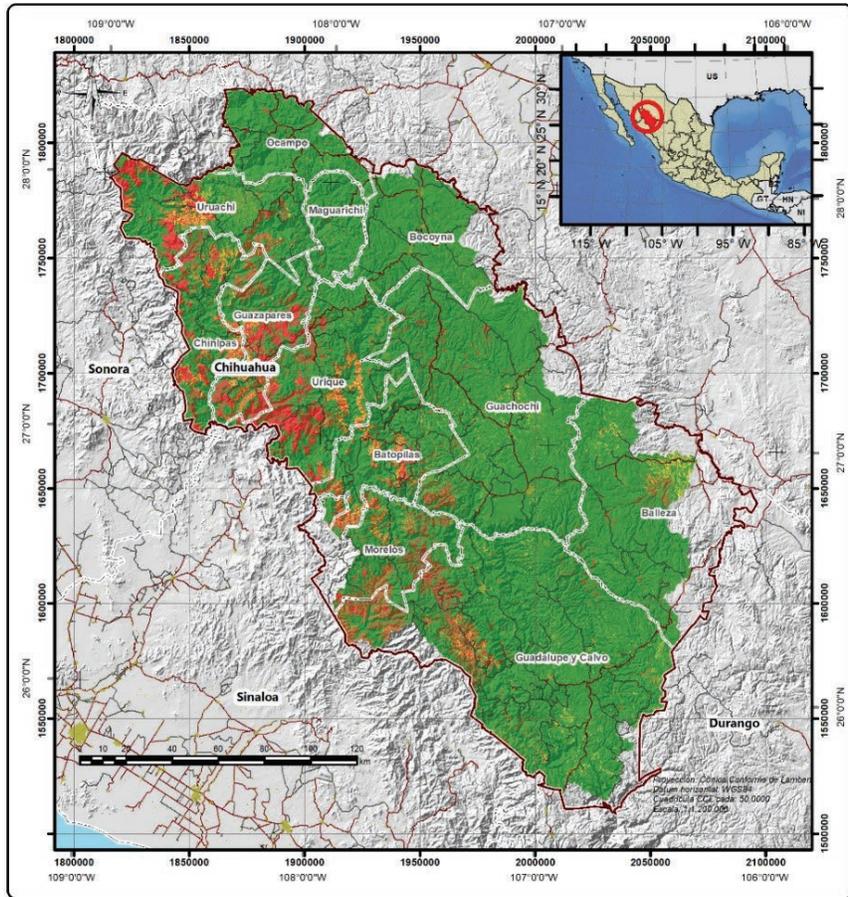


Pérdida de suelo



Costo ecológico (rendimiento económico vs erosión hídrica)

La cantidad de suelo que se pierde, por unidad de biomasa producida, se considera como el costo ecológico de un determinado uso de suelo. El costo ecológico en el 85% de las sub-cuencas del área del PTS es de una tonelada de biomasa asociada con pérdidas de suelo menores a 2 t/ha/año y en el 9% de la superficie por cada tonelada de biomasa se pierden más de 10 toneladas de suelo al año. El costo ecológico más alto en promedio se localiza en zonas de pastizal, matorral, zonas agrícolas de maíz grano y bosque de encino.



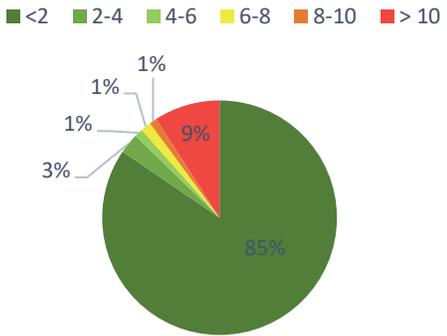
TARAHUMARA SUSTENTABLE

Proyecto Tarahumara Sustentable

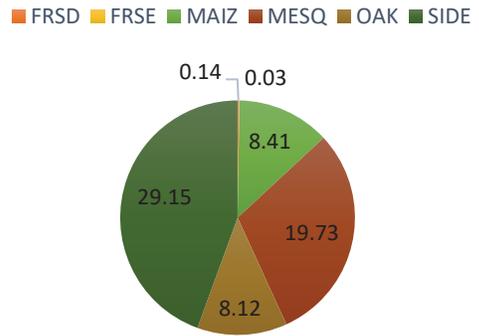
Costo ecológico

1 cm = 25 km

Costo ecológico (t/ha pérdida de suelo/ t/ha biomasa)



Costo ecológico (t/ha pérdida de suelo/ t/ha biomasa)

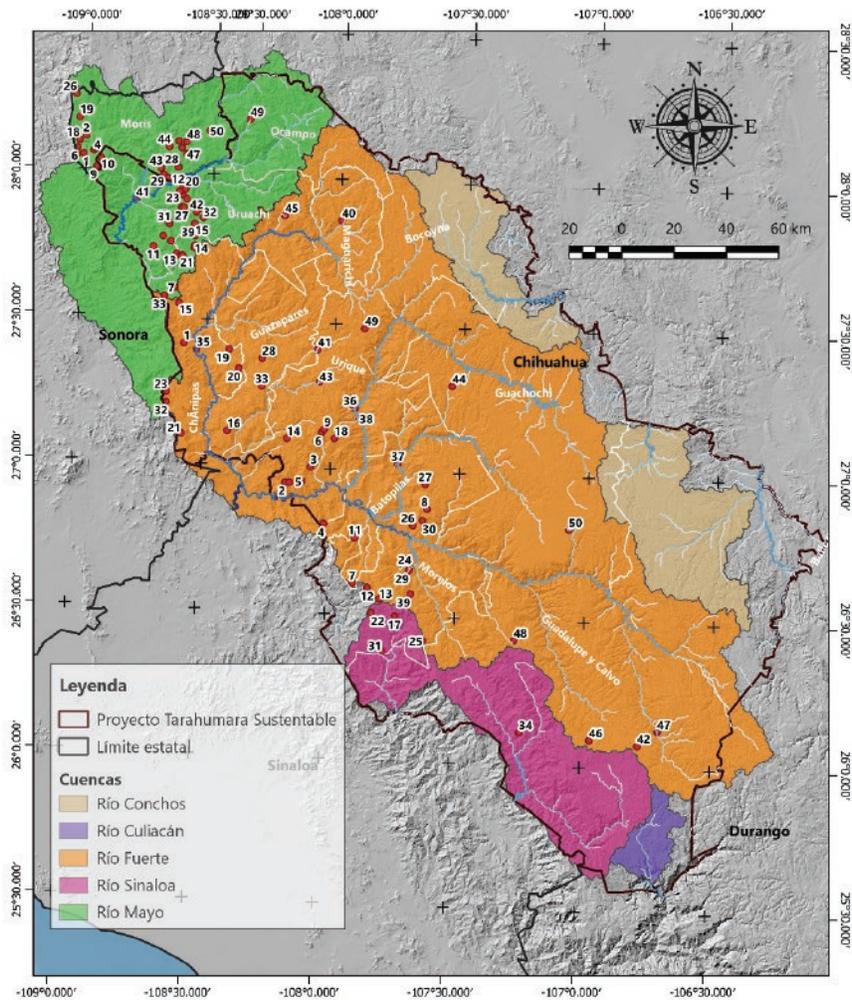


FRSD: Selva Baja Caducifolia; FRSE: Bosque de coníferas; MESQ: Matorral; SIDE: Pastizal; MAIZ: Maíz grano, temporal; OAK: Bosque de encino

Priorización de localidades (degradación del suelo)

En la priorización de 100 localidades con la mayor degradación, por impacto antropogénico, resultó que estas comunidades representan el 17.3% de la población del área del PTS, se localizan en diez municipios del territorio y tiene en promedio 560 habitantes ($\pm 1,616$). En general, de las comunidades con mayores problemas de degradación se encuentran en los municipios de Uruachi (19), Chínipas (17), Urique (13), Morelos (9), Batopilas (8) y Moris (22). El costo ecológico promedio de estas localidades es de 33.5 ± 21.3 (t de pérdida de suelo/t de biomasa) y con una pérdida de suelo de 55.8 ± 26.2 t/ha/año.

18



Listado de localidades a detalle se encuentra en el informe final de la consultoría.

Consideraciones futuras

Tomando en cuenta los resultados y análisis de la Priorización Hidrológica de las Principales Asociaciones Suelo-Vegetación Presentes en la Sierra Tarahumara se recomiendan las siguientes acciones:

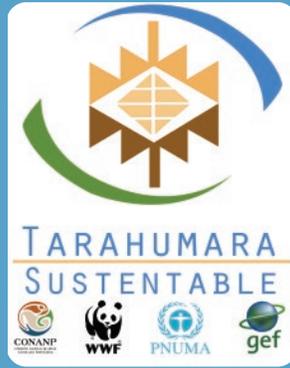
Promover políticas de conservación en las comunidades para regular el pastoreo en zonas de pastizal, matorral y encino, por ser esta vegetación donde se pierde la mayor cantidad de suelo.

Promover la conservación de suelo en áreas agrícolas, ya que, presentan alto nivel de producción de sedimentos, buscando favorecer la infiltración de la lluvia, a fin de reducir el escurrimiento superficial y la erosión hídrica.

Establecer programas para el control del movimiento de los sedimentos que se producen en las sub-cuencas del área de influencia del PTS, a fin de prolongar la vida útil de las presas aguas abajo.



Cascada de Basaseachi



Priorización Hidrológica de las Principales Asociaciones Suelo-Vegetación Presentes en la Sierra Tarahumara Chihuahua, México

www.tarahumarasustentable.mx