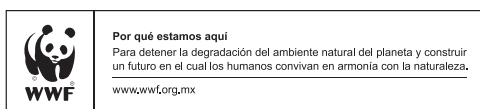




El Proyecto Mixteca fue creado por iniciativa y gestión de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), a través del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en coordinación con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

De este modo, el Proyecto Mixteca es el resultado del trabajo conjunto de varias instituciones que logra sus objetivos con la participación y decisión de las comunidades, el apoyo de las instancias de investigación y las organizaciones de la sociedad civil, así como con el respaldo de los tres niveles de gobierno.





Proyecto financiado por el

FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



MANTENIENDO
LOS BENEFICIOS
QUE NOS OFRECE
LA NATURALEZA



Evaluación de los Servicios Ecosistémicos de la Cuenca Alta del Río Mixteco (CARM)

Una contribución al análisis para su manejo

Vista desde San Pedro Nopala, Cuenca Alta del Río Mixteco.





Por qué estamos aquí

Para detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir un futuro en el cual los humanos convivan en armonía con la naturaleza.

www.wwf.org.mx



Proyecto financiado por el

FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Azolve en el Río Mixteco durante la temporada de lluvias

Presentación

Este documento es un avance de un trabajo más amplio que inició en 2011, sobre la Cuenca Alta del Río Mixteco (CARM), también conocida como la Cuenca de Yosocuta. Es un esfuerzo interinstitucional, coordinado por el Proyecto GEF Mixteca, que ha involucrado información, tiempo y trabajo de representantes de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Comisión Nacional Forestal (Conafor), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Sagarpa), la Comisión Nacional de Zonas Áridas (Conaza), el Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable de Oaxaca (IEEDSO), la Comisión Estatal del Agua (CEA), las representaciones de los Módulos de Desarrollo Microrregional y el Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca (Coplade), entre otras instancias de los gobiernos estatal y federal. Asimismo han participado representantes agrarios y de diversos municipios involucrados en la CARM. Mención especial merece la colaboración cotidiana y determinante de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM), por medio de investigadores de su Instituto de Hidrología en todas las reuniones de trabajo, talleres y recorridos de campo, así como con información sustantiva que ha permitido arribar al diagnóstico y propuestas que aquí se exponen.

El interés de presentar esta propuesta a la 9ª Reunión del Comité de Cuenca del Río Mixteco, es brindar a los presidentes municipales y a otros actores clave, avances del análisis de la situación de la cuenca con base en los servicios ecosistémicos, con el objetivo de tener una mejor comprensión de los problemas que se tienen en la cuenca, y por lo tanto, estar en mejores condiciones para tomar decisiones. El interés de quienes han colaborado para ofrecer esta propuesta es que el Comité de Cuenca del Río Mixteco pueda dotarse de un plan de trabajo que permita atender en forma estratégica las principales amenazas y presiones que tiene la zona, formular un conjunto de alternativas y escenarios que le den a los tomadores de decisiones en la comunidad, en el municipio y en otras instancias gubernamentales la posibilidad de instrumentar acciones con mayor eficacia y asertividad, dando paso al mejoramiento de las condiciones de bienestar de las familias que habitan en la Cuenca.

Aunque se presenta información sobre una parcialidad de la Cuenca del Río Mixteco, consideramos que tiene la utilidad de constituir un ejemplo que pueda ser replicable en otras áreas de la Cuenca. Reiteramos que es un documento inicial, no acabado, que se somete a la consideración del Comité y esperamos poder discutir a fondo en la siguiente reunión.



Obra de toma en la presa de Yosocuta, principal fuente de agua potable de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León

Contenido

I. Introducción / 8

II. Caracterización / 9

III. Metodología de trabajo / 12

IV. Definición y caracterización de las unidades
ecosistémicas territoriales y los servicios
ecosistémicos asociados / 13

V. Problemática de la cuenca / 23

VI. Evaluación Ambiental Integral / 29

VII. Indicadores / 44

VIII. Análisis de impactos y opciones / 45

IX. Caudal ecológico / 46

X. Consideraciones finales / 47

XI. Referencias bibliográficas / 48

I. Introducción

El concepto de servicios ecosistémicos se refiere a los beneficios que obtenemos de la naturaleza. Surge del movimiento ambientalista de los Estados Unidos en la década de 1970 y de la conceptualización de la naturaleza como conjuntos de sistemas integrados (Balvanera et al. 2011). Sin embargo, estos empezaron a ser foco de atención a principios del presente siglo.

A partir de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2003-2005), se busca generar opciones para conservar, restaurar y usar de manera sustentable los ecosistemas, a partir de ayudar a proveer la base de conocimiento necesaria para tomar mejores decisiones y desarrollar capacidades para realizar evaluaciones científicas, cuyo objetivo central es coadyuvar a sostener y/o recuperar los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas.

Las cuencas hidrográficas son fuentes importantes de suministro de servicios ecosistémicos, entre ellos los de provisión (alimentos, agua, leña, etc.), regulación (clima, calidad del agua, control de erosión), culturales (turismo y recreación) y soporte (suelos, producción primaria). Sin embargo, existen causas directas o indirectas que favorecen la degradación de estos servicios, vinculadas a los cambios demográficos, patrones de consumo y producción, decisiones institucionales y prácticas culturales.

En el caso de la Cuenca Alta del Río Mixteco (CARM) diversas instituciones académicas y de gobierno, en el marco del Proyecto GEF Mixteca, vieron la necesidad de realizar una evaluación del estado que guarda el vínculo del bienestar humano y el mantenimiento de las funciones básicas de los ecosistemas. Se revisaron y aplicaron diversas metodologías para definir la que mejor se adaptara a las condiciones de la cuenca, considerando el enfoque de los servicios ecosistémicos, para la elaboración de un plan de manejo de esta zona. Entre los factores que justifican la selección del área de trabajo se encuentran:

- La preocupación por conservar la riqueza natural existente, que es fuente de diversos beneficios para la población en sus actividades productivas y su vida cotidiana, y que

representan fuentes de abasto alimenticio o ingreso económico.

- El grado de deterioro que presentan los recursos naturales de la cuenca, lo que ya tiene efectos en la calidad de los hábitats, los daños causados por el impacto de los fenómenos naturales (lluvias torrenciales y deslaves principalmente) y la creciente disminución de un conjunto de servicios que requiere una de las áreas con mayor crecimiento demográfico de la Región Mixteca.

- La disposición de instituciones de los tres niveles de gobierno, de los sectores social y ambiental, dependencias académicas y de investigación, así como representaciones de los núcleos agrarios presentes en la CARM.

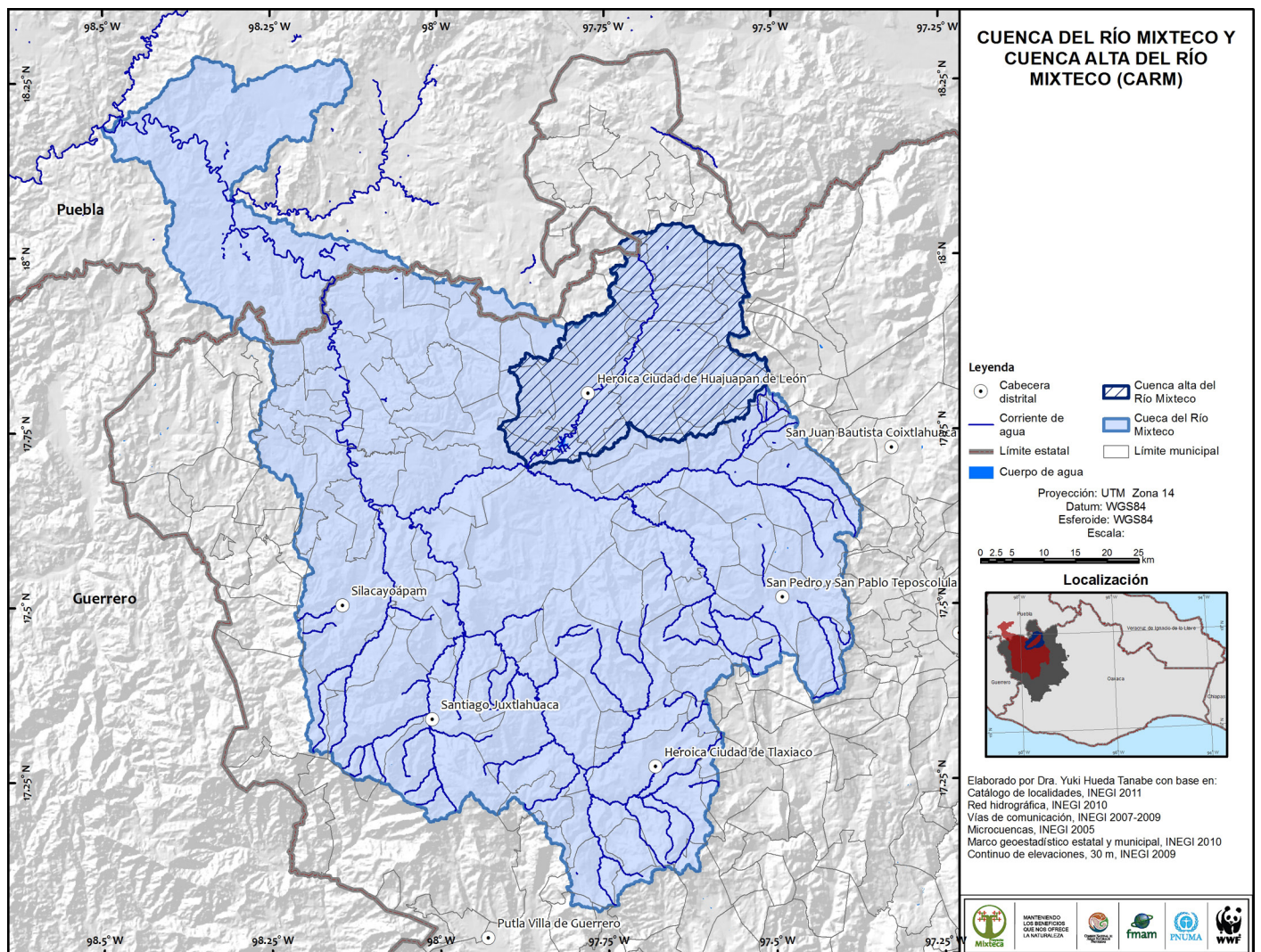
La CARM cobra importancia estratégica en la región por la pérdida de la capacidad de regular la erosión del suelo ubicado aguas arriba, y con efectos en el azolvamiento de la presa Lázaro Cárdenas, mejor conocida como Presa Yosocuta, que a su vez, abastece de agua para riego en áreas agrícolas ubicadas aguas abajo, acuacultura, turismo y para consumo humano a la Heroica Ciudad de Huajuapán de León aguas arriba. La pérdida de la capacidad de regulación de la calidad de agua por la contaminación por residuos líquidos y sólidos en esta ciudad y en Santiago Huajolotitlán, es ya evidente, afectando a la población. En tanto que los procesos erosivos tienen repercusiones adversas en la flora y fauna de importantes zonas de matorral xerófilo, selva baja caducifolia y encinares.

II. Caracterización

La cuenca del Río Mixteco, en la región hidrológica 18 - Balsas, comprende desde el nacimiento del Río Mixteco, en la vertiente Occidental de la sierra Oaxaqueña, hasta la estación hidrométrica El Fraile; tiene una superficie de aportación de 11,094.64 kilómetros cuadrados. Perteneció a la Cuenca del Río Atoyac y está delimitada al norte por la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac; al sur por la Región Hidrológica número 20 Costa Chica de Guerrero; al oeste por las cuencas hidrológicas Río Bajo Atoyac y Río Tlapaneco; y al este por la Región Hidrológica 28 - Papaloapan Comisión Nacional del Agua (México) (2011b).

La Cuenca Alta del Río Mixteco (también conocida como cuenca Yosocuta) tiene una superficie de más de 95 mil ha, pertenece a la cuenca del Río Mixteco, enclavada en la porción noreste de la cuenca, en los límites con el estado de Puebla (Figura 1).

Figura 1. Localización de las Cuenca del Río Mixteco y Cuenca Alta del Río Mixteco (CARM).



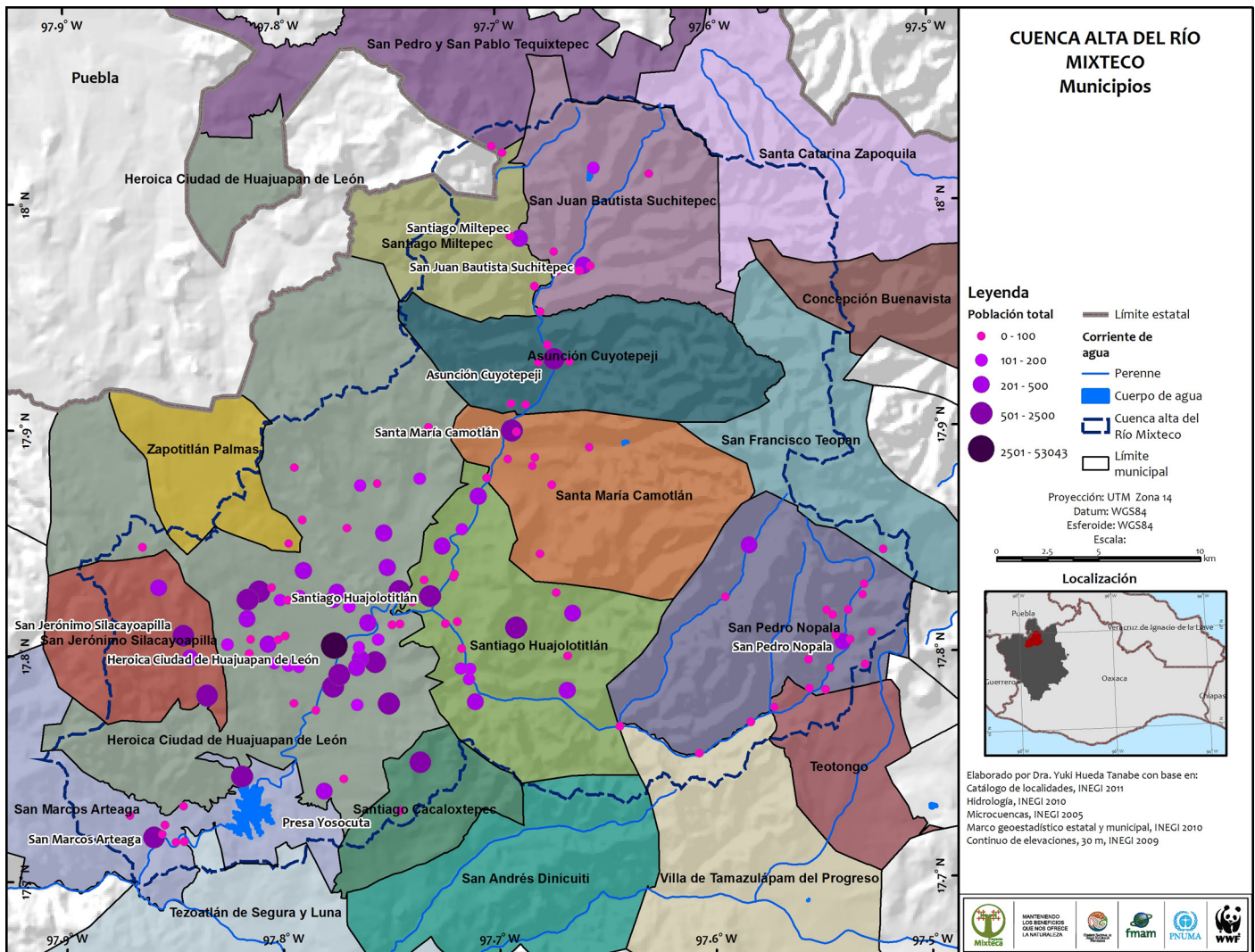


Figura 2. Distribución y tamaño de la población en la CARM. Nótese que la mayor concentración de población se localiza en los municipios Heroica Ciudad de Huajuapán de León y Santiago Huajolotitlán y que las poblaciones están ubicadas preferentemente en las márgenes de los ríos.

2.1 Morfometría e hidrología de la cuenca

Los resultados del análisis morfométrico indican que existe poca probabilidad que un evento de lluvia pueda cubrir toda la cuenca, considerando que las zonas menos lluviosas se encuentran al norte de la CARM y las más lluviosas al centro y suroeste de la misma. La red de drenaje ha tenido un buen grado de desarrollo y este obedece a que la cabecera se ubica en una gran área escarpada, con fuertes pendientes, que propician el aumento de la velocidad y el incremento de los caudales pico. La forma de la cuenca hace que el agua escurrida tenga que recorrer una distancia más larga, que sumado a la fuerte pendiente, da lugar a un flujo más veloz, lo que permite la evacuación rápida de la cuenca, sin embargo, esta característica favorece un mayor arrastre de sedimentos y el incremento de los caudales máximos. La densidad de drenaje indica que la cuenca tiene zonas de poca cobertura vegetal, suelos erosionables e impermeables, lo que concuerda con el estudio de Blanco et al. (2001) donde indica que los suelos son poco desarrollados, de poco espesor y frecuentemente pedregosos. Con este análisis se reafirman los resultados de otro estudio realizado por Alternativas y Procesos de Participación Social A.C. (2007), indica que la parte media-alta de la cuenca tiene poca infiltración y solo algunos puntos en los alrededores y aguas debajo de la Heroica Ciudad de Huajuapam de León tienen una infiltración óptima.

Los balances hídricos hechos para la CARM concluyen que es necesario reducir el volumen de los escurrimientos superficiales y que esto no repercute negativamente en las necesidades de agua para la presa Yosocuta, que junto con los resultados de morfometría e infiltración, plantean la necesidad de tomar decisiones hacia la construcción de obras de retención y disminución de la velocidad de los escurrimientos en la parte media-alta y a ubicar espacios de recarga hídrica en la parte baja.

2.2 Síntesis de los aspectos socioeconómicos

La mayor superficie de la cuenca está representada por los municipios de los distritos de Huajuapam, Teposcolula y Coixtlahuaca. En la cuenca se ubican 20 municipios, de los cuales nueve tienen más del 51 % de su territorio dentro de la CARM, siendo éstos: Santiago Miltepec, San Jerónimo Silacayoapilla, Heroica Ciudad de Huajuapam de León, San Pedro Nopala, San Juan Bautista Suchitepec, Zapotitlán Palmas, Asunción Cuyotepeji, Santa María Camotlán y Santiago Huajolotitlán. Hay 31 núcleos agrarios que representan 68% del territorio (65,122 ha), de los cuales 19 tienen más del 50% de su territorio dentro del perímetro de la Cuenca. En 12 municipios se registran decrementos de población; en los otros se tienen incrementos, que en general son pequeños, lo cual refleja el proceso de expulsión de mano de obra en la región, sin embargo, hay excepciones de alto crecimiento demográfico, como la Heroica Ciudad de Huajuapam de León con 31%, Cacaloxtotec con 26% y Villa de Tamazulapam del Progreso con 16%. La mayoría de los municipios son de alta marginación; Santiago Huajolotitlán y Santa Magdalena Jicatlán son de media marginación; y de baja marginación, la Heroica Ciudad de Huajuapam de León y Villa de Tamazulapam del Progreso. La mayor proporción de población se ubica entre edades de 15 a 64 años y ésta se concentra en las cabeceras municipales. Cuentan con electricidad más del 90% de las viviendas. Dos terceras partes de la población cuentan con agua entubada, excepto Zapotitlán Lagunas donde solo una tercera parte cuenta con este servicio. La cobertura del servicio de drenaje es mayor en la Heroica Ciudad de Huajuapam de León (90%); y en algunos municipios es del 30%

y en otros no existe. La mayoría de los municipios tienen infraestructura y personal para el nivel secundaria, el nivel bachillerato existe en algunos y a la educación superior sólo se puede acceder en la Heroica Ciudad de Huajuapán de León. El grado de escolaridad va de 4.8 a 8.2 años. La mayor parte de la población no habla una lengua indígena y un poco más del 90% se considera católico. Por otra parte, las principales actividades económicas son: la agricultura, ganadería, extracción de no maderables y en el caso de municipios que concentran la mayor cantidad de la población, la actividad comercial y de servicios. Finalmente, se reporta una inversión institucional de 59 millones de pesos en el periodo de 2006 al 2010, que corresponden a 52% de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), 41% de la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), 4% a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y 3% de la Comisión Nacional Forestal (Conafor).

III. Metodología de trabajo

Los pasos para la construcción del Plan de Manejo de la Cuenca Alta del Río Mixteco son los siguientes:

1. Búsqueda de acuerdos interinstitucionales para la construcción del Plan de Manejo de la Cuenca Alta del Río Mixteco, con la participación de las autoridades municipales y comunales en reuniones de trabajo.
2. Delimitación del área de la cuenca.
3. Caracterización y diagnóstico de la cuenca, por medio de talleres zonales con autoridades municipales, comunales y actores clave, empleando dinámicas participativas de la metodología de medios de vida sostenibles y encuestas rápidas sobre servicios ecosistémicos.
4. Evaluación biofísica de los servicios ecosistémicos de la cuenca.
5. Evaluación social de los servicios ecosistémicos para definir la interacción entre éstos y los actores de la cuenca.
6. Análisis y delimitación de las zonas ecosistémicas de la CARM con base en criterios estructurales, funcionales y demográficos.
7. Análisis de la información generada mediante la metodología de Evaluaciones Ambientales Integrales EA1-GEO.
8. Propuesta y validación social de líneas estratégicas y proyectos específicos para el manejo de la cuenca.

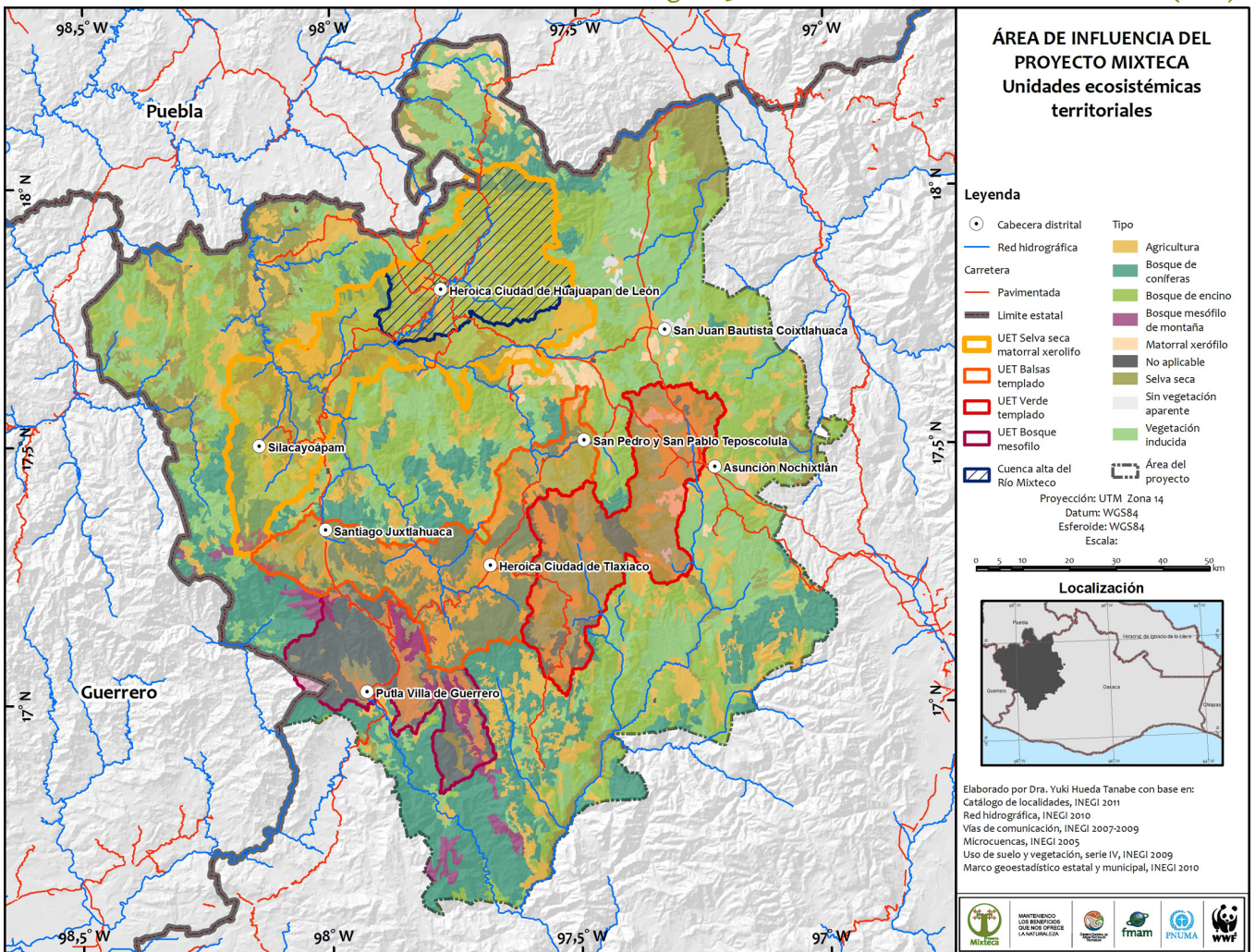
IV. Definición y caracterización de las unidades ecosistémicas territoriales y los servicios ecosistémicos asociados

4.1 Funcionalidad y distribución de los ecosistemas en la Mixteca

El territorio de la Mixteca está expuesto a las entradas de los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico por el sur y del Golfo de México por el este, los vientos del Pacífico descargan la humedad sobre la subprovincia fisiográfica Cordillera Costera del Sur, mientras que la subprovincia fisiográfica de las sierras orientales origina sombras de lluvias hacia el norte de la región. Estos fenómenos meteorológicos provocan un gradiente decreciente de humedad de sur a norte. Otro factor determinante en la distribución de los ecosistemas es la distribución de las temperaturas

promedio ligada a las altitudes. Hacia el sur, sobre los 1800 msnm en climas semicálidos húmedos se localizan los bosques de coníferas; los bosques mesófilos se encuentran en una franja en la zona de transición hacia la vertiente de la Cuenca del Río Verde y Ometepec; hacia el centro de la región predomina el bosque de encino en climas templados y hacia el norte por el efecto de sombra de lluvia se localizan bosques de encino en climas semicálidos subhúmedos, mientras que en las regiones bajas predominan la selva baja caducifolia y los matorrales xerófitos.

Figura 3. Unidades Ecosistémicas Territoriales (UET).

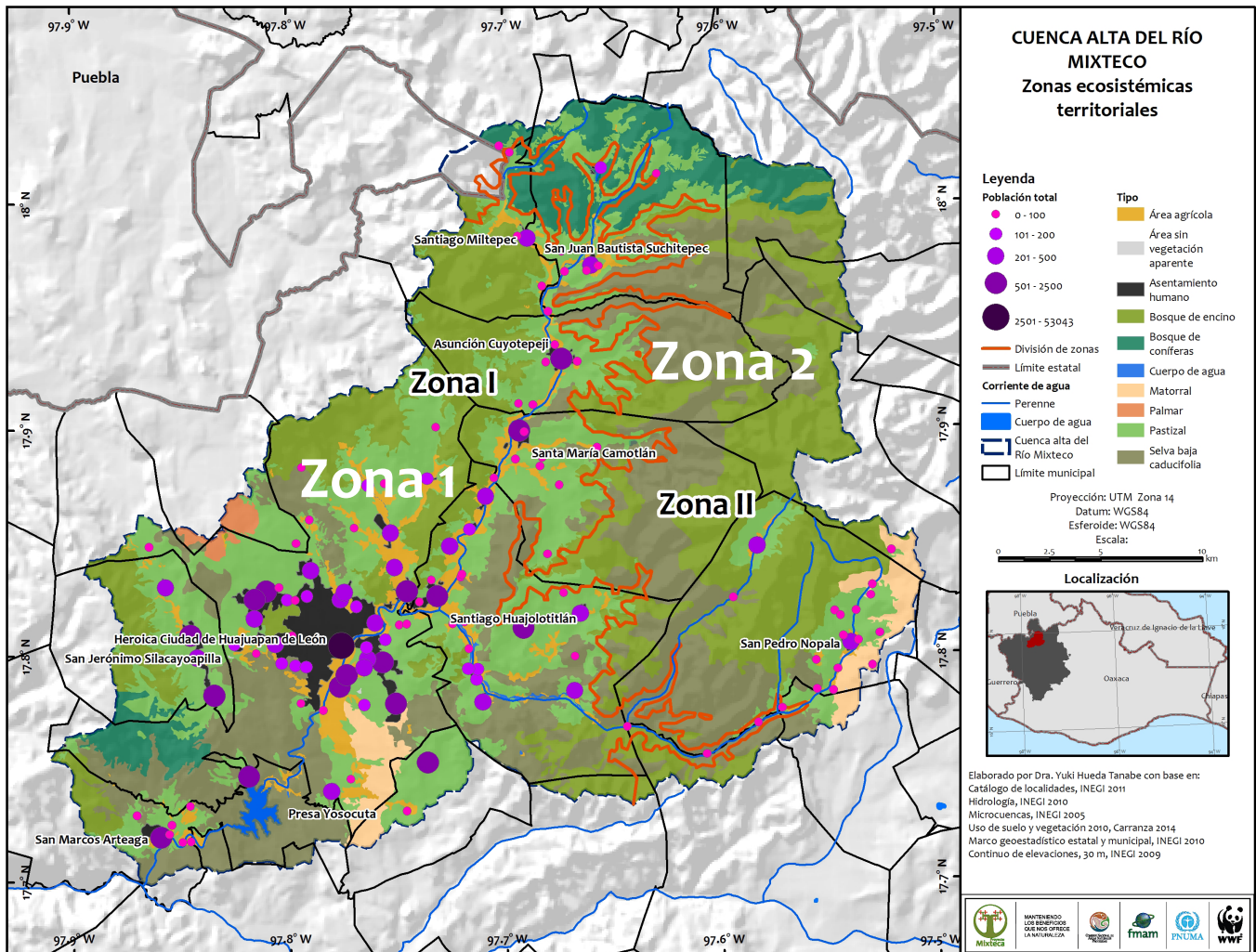


4.2 La CARM como subunidad territorial y las zonas ecosistémicas

La Mixteca es un área compleja para la comprensión de sus elementos. En la búsqueda del análisis territorial para la planificación, los servicios ecosistémicos clave y la definición territorial de los alcances del Proyecto se definieron Unidades Ecosistémicas Territoriales (UET), las cuales son espacios geográficos que comparten características estructurales y funcionales similares, que pueden ser identificadas y medidas. Como resultado de esta delimitación se definieron cuatro UET, entre las que se encuentra, la UET Matorral Xerófito – Selvas Secas, considerando como una subunidad a la CARM, y tomando como punto de cierre de la cuenca sobre el Río Salado como se puede apreciar a continuación.

Al realizar un análisis para la Cuenca Alta del Río Mixteco, se consideró importante subdividir esta cuenca con base elementos estructurales como la geología, la edafología y las pendientes, por otro lado, considerando como elementos funcionales, las ecorregiones terrestres, el uso de suelo y los tipos de vegetación. Esto dio por resultado la ubicación de dos grandes zonas, como se muestra en el mapa de la figura 4.

Figura 4. Zonas ecosistémicas territoriales



Los criterios estructurales, funcionales y demográficos usados para definir las zonas muestran una relación diferenciada de la población con los servicios y los bienes que proporcionan los diferentes ecosistemas de la CARM, que en gran parte se debe a la oferta de los servicios ecosistémicos que permiten el sostenimiento de los medios de vida, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Delimitación de zonas ecosistémicas de análisis.

Delimitación de zonas ecosistémicas de análisis

CRITERIOS	Zona ecosistémica I	Zona ecosistémica II
ESTRUCTURALES		
Geología	Metamórficas del paleozoico, Sedimentarias del mesozoico	Ígneas extrusivas del cenozoico
Edafología	Regosol calcárico, cambisol crómico Litosol y regosol éutrico	Litosol sin fase
Pendiente	< 40 %	> 40 %
FUNCIONALES		
Ecorregión terrestre	Selvas Cálidas Secas	Sierras Templadas
Tipo de vegetación y uso de suelo	Selvas caducifolias, Bosque de encino, pastizales y agricultura	Matorral xerófilo y Bosque de encino
PRESIÓN DEMOGRÁFICA	78,774 habitantes	1,160 habitantes

4.3 La CARM como subunidad territorial y las zonas ecosistémicas

Los resultados de los talleres zonales en la Cuenca Alta del Río Mixteco realizados durante los años 2012 y 2013 por el Proyecto GEF-Mixteca en coordinación con un conjunto de instituciones¹, muestran que los servicios ecosistémicos de beneficio directo percibidos con mayor frecuencia por la gente son: leña, madera, forrajes, agua, materiales para construcción (pétreos), barro o arcilla, flora medicinal, fauna silvestre, palma, abono de monte e ixtle como materia prima para la producción de artesanías. Por otro lado, el único servicio de beneficio indirecto percibido con una mínima frecuencia es la regulación de la erosión, lo que cual indica hacia dónde deben orientarse esfuerzos de sensibilización en materia de educación ambiental y propuestas de manejo en la CARM (Figura 4).

(1) Estos trabajos se realizaron en forma concertada con representantes de autoridades agrarias y municipales de Villa de Tamazulapam del Progreso, Teotongo, San Pedro Nopala, San Francisco Teopan, Santiago Miltepec, Santa María Camotlán, San Juan Bautista Suchitepec, Santiago Huajolotlán, Asunción Cuyotepeji, Heroica Ciudad de Huajuapam de León, San Jerónimo Silacayoapilla y Zapotitlán Palmas, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Conagua, Sagarpa, Conafor, Semarnat, Conanp, Sedesoh, Módulos de Desarrollo Social de Huajuapam y Sapahua.



Figura 5. Servicios ecosistémicos identificados.

La leña es para uso doméstico en todos los municipios, sin embargo, en algunos sitios como San Jerónimo Silacayoapilla se utiliza para la producción de carbón y para quemar el barro y la venta en verde y seco. También se vende en los municipios de la Heroica Ciudad de Huajuapam, Villa de Tamazulapam del Progreso y Santiago Miltepec, principalmente.

Por otra parte, la madera se utiliza para construcción de casas (cocinas) y cercado. Cabe señalar que ha disminuido su uso para casa-habitación debido a que la gente prefiere construir con materiales de concreto. Los forrajes (monte-pastizales) son consumidos por caprinos y bovinos y en menor medida por equinos.

El agua es escasa hacia la parte alta de la cuenca por las condiciones naturales de los ecosistemas, el cambio climático, las sequías recurrentes y los sismos. En cambio, en la parte baja, aun cuando existen más fuentes de agua, la demanda de los asentamientos poblacionales como en la Heroica Ciudad de Huajuapam de León, provocan menor disponibilidad de agua limpia debido a las descargas de aguas residuales y el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

Las personas perciben como servicio ecosistémico a los materiales para la construcción (grava y arena) debido a que lo obtienen de su territorio y los utilizan para sus construcciones y ven con preocupación la extracción excesiva de pétreos de manera legal e ilegal en los cauces de los ríos. El barro se identificó para la producción de artesanías en San Jerónimo Silacayoapilla y para producción de adobes en San Pedro Nopala.

También perciben que la flora medicinal no tiene presión pues se reproduce fácilmente. La palma ya no se utiliza como antes y se está recuperando en algunos sitios; sin embargo en municipios como Cacaloxtepec y Zapotitlán Palmas, su recuperación ha sido muy lenta debido al sobrepastoreo o a la incidencia de incendios. El uso de ixtle prácticamente ha desaparecido. La fauna tiene presión de la cacería furtiva y la deforestación. El abono de monte se utiliza principalmente para la producción de hortalizas. Gráficamente se puede observar que los habitantes de la zona le dan importancia de manera diferenciada a los siguientes servicios:

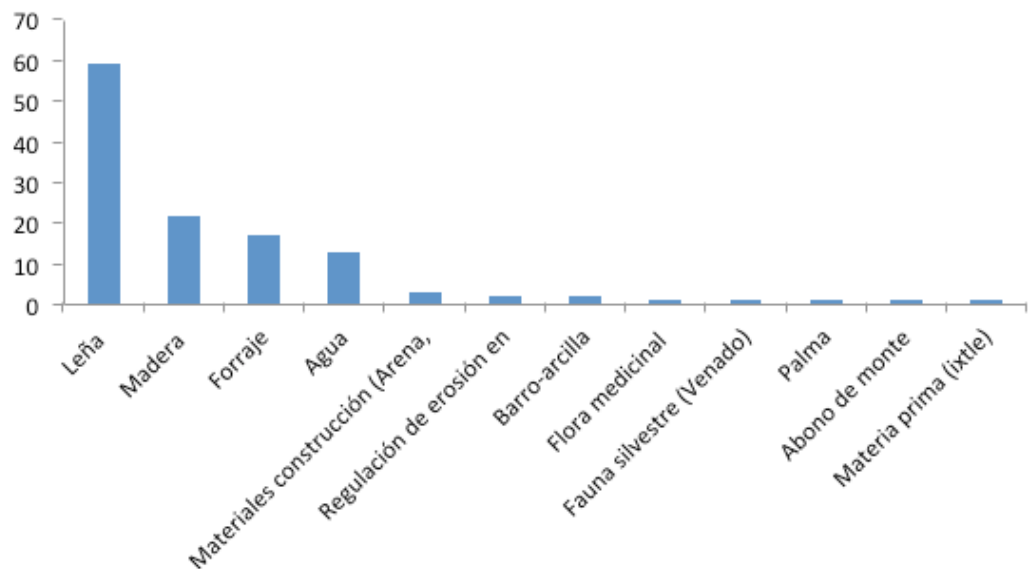


Figura 6. Frecuencia de la percepción de los servicios ecosistémicos en la CARM

Otro estudio realizado por Díaz y Balvanera (2013), en coordinación con el equipo operativo del Proyecto GEF Mixteca, indica que el servicio de provisión más importante para la región es el agua superficial (agua de ríos y arroyos) y el agua sub-superficial (agua de nacimientos). Destaca en segundo lugar los principales productos derivados del manejo agropecuario (chivos, vacas, maíz de temporal y riego); le siguen los productos que son extraídos de los ecosistemas no antrópicos (madera y leña, animales y plantas del monte).

Los servicios de regulación más importantes fueron los vinculados con la cantidad de agua (recarga de acuíferos-entrada de agua a la roca) y con su calidad (agua limpia). Le siguen los servicios asociados con la productividad primaria de los ecosistemas, su cobertura y por lo tanto sus vínculos con la regulación climática (crecimiento y cantidad de árboles). Finalmente, se encuentran otros servicios importantes pero no identificados como tales por la gente, como la polinización de cultivos agrícolas o la regulación de gases de efecto de invernadero, temas que también deben formar parte de un programa de educación ambiental en la región.

Los servicios culturales más importantes son los que definen dónde (lugar para vivir) y de qué vive la gente (forma de vida). Le siguen los que se asocian con las relaciones interpersonales (unión con la comunidad, unión familiar). En tercer lugar se reportaron los servicios culturales que reflejan conocimientos y actividades que se transmiten entre generaciones (conocimiento sobre la naturaleza, alimentos tradicionales, tradiciones, fiestas y celebraciones). Finalmente, se reportan como importantes los servicios asociados con la identidad y el arraigo.

Para el caso de los cuatro servicios mencionados con mayor frecuencia, el 58% de la gente percibe que se mantienen los servicios de forrajes, leña, agua y madera; un 32% tiene la percepción que los servicios están afectados (la leña y el agua); un 8% percibe que la leña, la madera y el forraje son abundantes, sin embargo, el agua no; y en algunas comunidades como San Jerónimo Silacayoapilla se considera que la leña ha desaparecido (Figura 7).

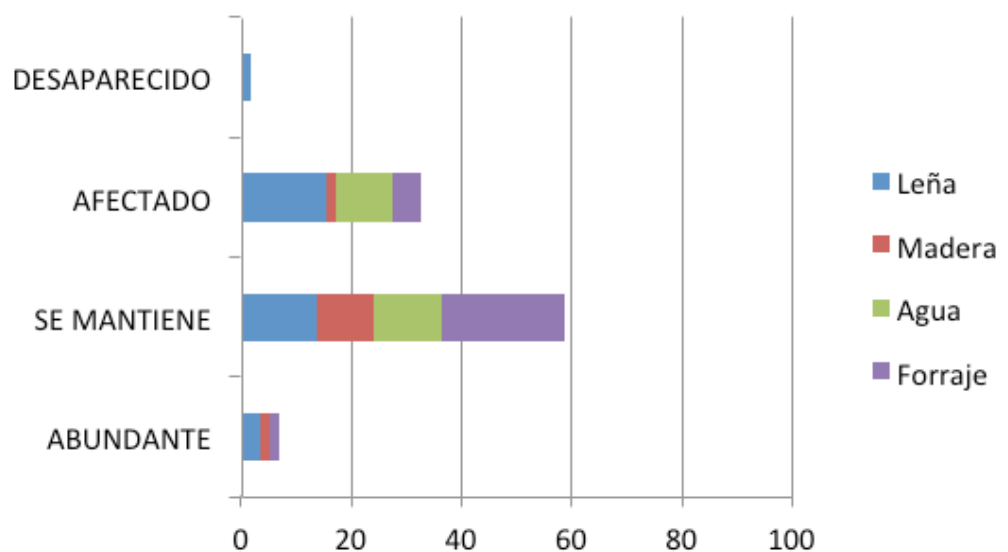


Figura 7. Percepción del estado de los servicios ecosistémicos en la CARM

Por otro lado, el 20.6% considera que la tendencia del servicio forraje es positiva debido a que ha disminuido la ganadería por la migración y sólo el 8.6% opina que la actividad es negativa debido al libre pastoreo. Existe un 12.0% que percibe que la tendencia del agua es positiva, sin embargo, el 10.3% considera que es negativa debido a que existe una gran demanda y contaminación por los centros urbanos, además, hacia la parte alta de la cuenca las condiciones naturales de los ecosistemas presentes no permiten la disponibilidad de agua en abundancia. El 12.0% de los entrevistados piensa que la madera tiene una tendencia positiva porque la mayoría de la gente opta por las construcciones de concreto, y sólo el 1.7% que es negativa debido al uso para la construcción de cocinas, cercado y otros. El 18.9% considera que la leña tiene una tendencia positiva, sin embargo, el 15.5% que es negativa por la presión que existe para uso doméstico y para la venta en áreas aledañas a las zonas urbanizadas (Figura 8).

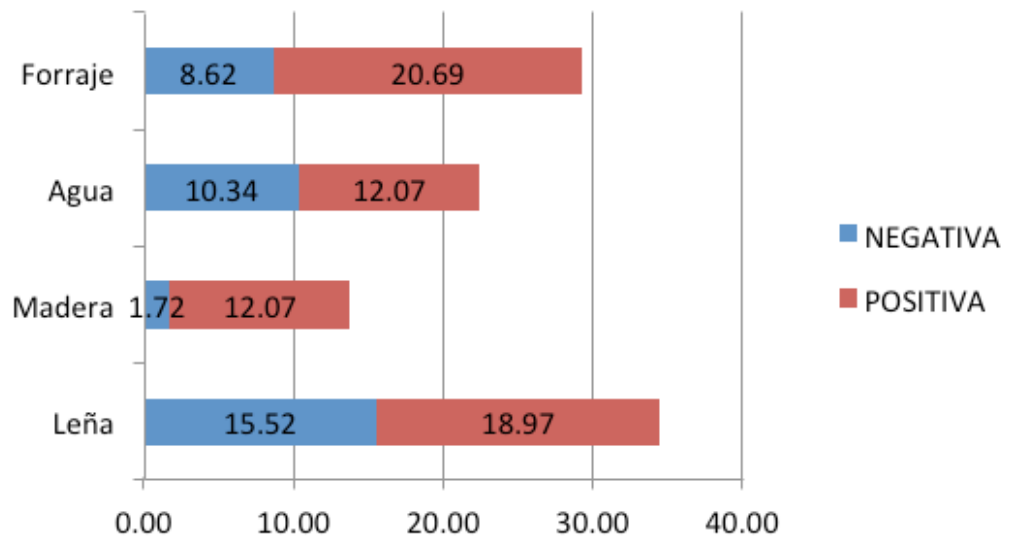


Figura 8. Percepción de la tendencia actual de algunos servicios ecosistémicos en la CARM

Díaz y Balvanera (2013) encontraron que la mayoría de los servicios de provisión tienden a decrecer en la CARM; por el contrario, identificaron un aumento en el impacto de eventos naturales como las inundaciones, el calentamiento global, el empobrecimiento del suelo y la contaminación del agua. Mientras que los alimentos derivados de la agricultura y la ganadería, la flora, la fauna y las materias primas para las artesanías se mantienen (Cuadro 2).

Los servicios de regulación fueron percibidos principalmente con una tendencia a la baja, los que más tienden a decrecer son los servicios vinculados con el crecimiento y la cantidad de árboles y arbustos. En el otro extremo destaca la polinización, misma que las personas percibieron con una tendencia a mantenerse.

Cuadro 2. Lista de servicios ecosistémicos de provisión identificados y evaluados en la CARM

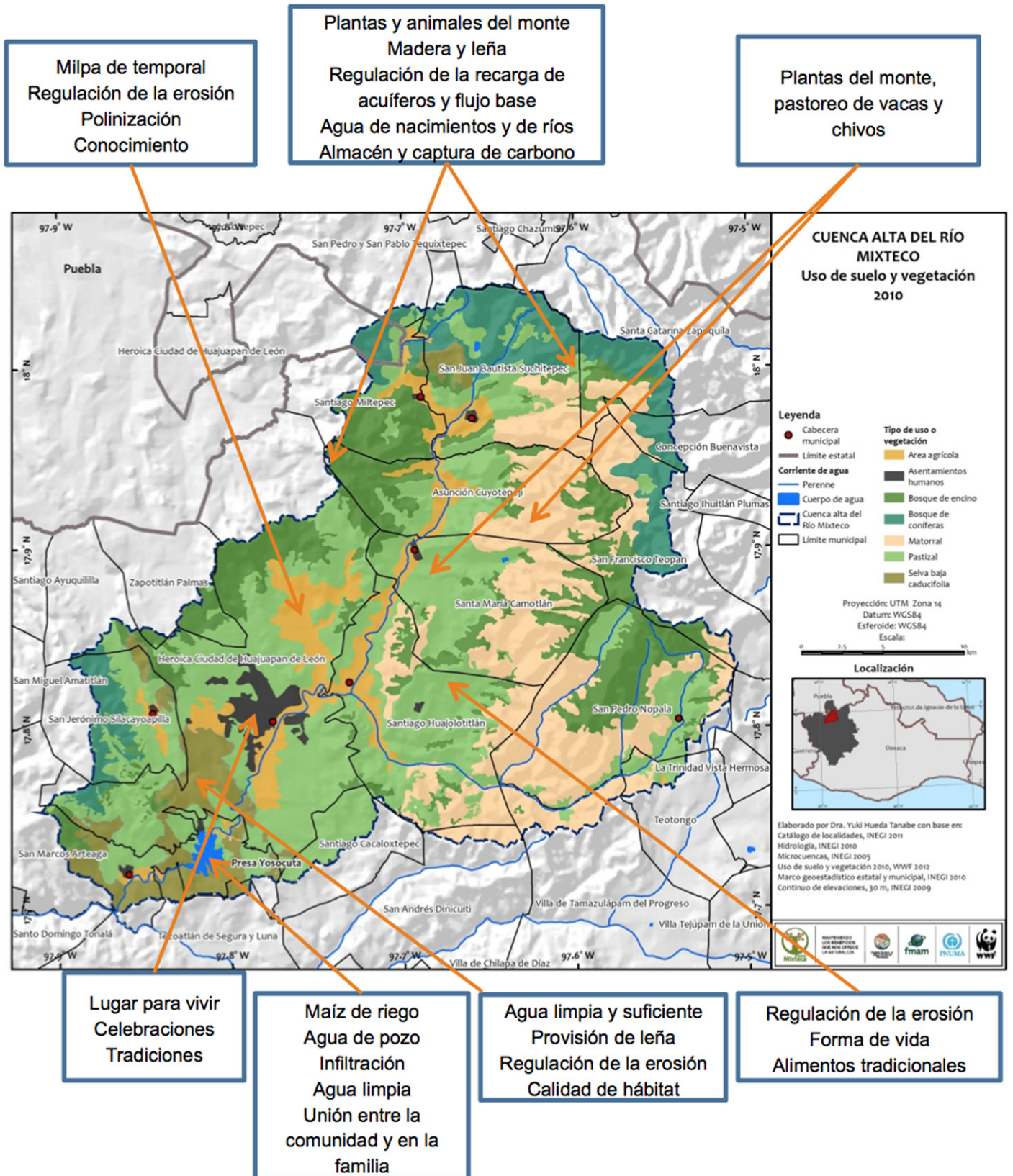
Servicio		Tendencia actual ²	Estado
Agua superficial			
Escorrentía	Cantidad de agua que escurre superficialmente y que puede ser utilizada para consumo humano.	▼ Decrece	● Insuficiente ³
Agua superficial en cuerpos de agua	Cantidad de agua superficial almacenada para la producción de agua embotellada.	▼ Decrece	● Insuficiente
Agua Subsuperficial			
Ojos de agua	Cantidad de agua subsuperficial que aflora en manantiales o nacimientos utilizada por ejemplo para consumo humano, riego o ganado.	▼ Decrece	● Insuficiente
Agua Subterránea			
Pozos	Cantidad de agua subterránea que es utilizada para el consumo humano.	▼ Decrece	● Insuficiente
Agua para riego	Cantidad de agua subterránea que es utilizada para el riego.	▼ Decrece	● Insuficiente
Ganadería			
Bovino en pie (crianza) Carne /Leche y quesos	Productos derivados de la producción de bovinos que sirve como fuente de ingresos para los productores.	► Se mantiene	● Suficiente
Caprino en pie (crianza) Carne (barbacoa)/Piel	Productos derivados de la producción de caprinos que sirve como fuente de ingresos para los productores	► Se mantiene	● Suficiente
Porcino en pie Carne (granjas)	Productos derivados de la producción de porcinos que sirve como fuente de ingresos para los productores.	▼ Decrece	● Insuficiente
Agricultura			
Milpa de temporal	Cantidad de alimentos derivados de la milpa de temporal.	► Se mantiene	● Insuficiente
Cultivo de maíz (grano)	Cantidad de alimentos derivados del cultivo de maíz como monocultivo.	► Se mantiene	● Insuficiente
Cultivo de frijol	Cantidad de alimentos derivados del cultivo de frijol como monocultivo.	► Se mantiene	● Insuficiente
Cultivo de trigo (grano)	Cantidad de alimentos derivados del cultivo de trigo como monocultivo.	▼ Decrece	● Insuficiente
Recursos silvestres			
Flora y Plantas silvestres	Plantas vasculares que son recolectadas por la población humana con distintos fines.	► Se mantiene	● Insuficiente
Hongos	Hongos recolectados por la población humana con distintos fines.	▼ Decrece	● Insuficiente
Productos maderables	Productos de la madera extraídos de los ecosistemas para ser utilizados por ejemplo como leña y material para construcción.	▼ Decrece	● Insuficiente
Fauna Silvestre	Todos los animales silvestres que son utilizados para algún propósito por las poblaciones humanas.	► Se mantiene	● Suficiente
Materias primas para la producción de artesanías	Materias primas extraídas de los ecosistemas para la producción de artesanías como la arcillas o el carrizo.	► Se mantiene	● Suficiente
Materiales de construcción			
Uso de pétreos, adobe, arcillas, etc.	Cantidad de materias primas derivadas de los ecosistemas para la producción de materiales de uso doméstico para construcción.	▼ Decrece	● Insuficiente

Por otra parte, la gente percibe que los servicios culturales más importantes y que tienen tendencia a mantenerse son las tradiciones, fiestas y celebraciones; sin embargo el conocimiento de la naturaleza está disminuyendo.

(2) Díaz R.P. y Balvanera L.P. 2013 (inérita). Identificación de interacciones entre servicios ecosistémicos y entre actores en la Cuenca Alta del Río Mixteco. Tesis de licenciatura. Morelia, México, UNAM.

(3) Existe suficiente escorrentía en un periodo corto que comprende de julio a septiembre.

Figura 9. Servicios ecosistémicos identificados en la CARM.



4.4 Identificación de los servicios ecosistémicos clave de la cuenca

Con base en la información consultada, los resultados de encuestas rápidas y el estudio de la percepción social acerca de la importancia de los servicios ecosistémicos, se identificaron los servicios clave, principalmente de las categorías de provisión y regulación (Cuadro 3).

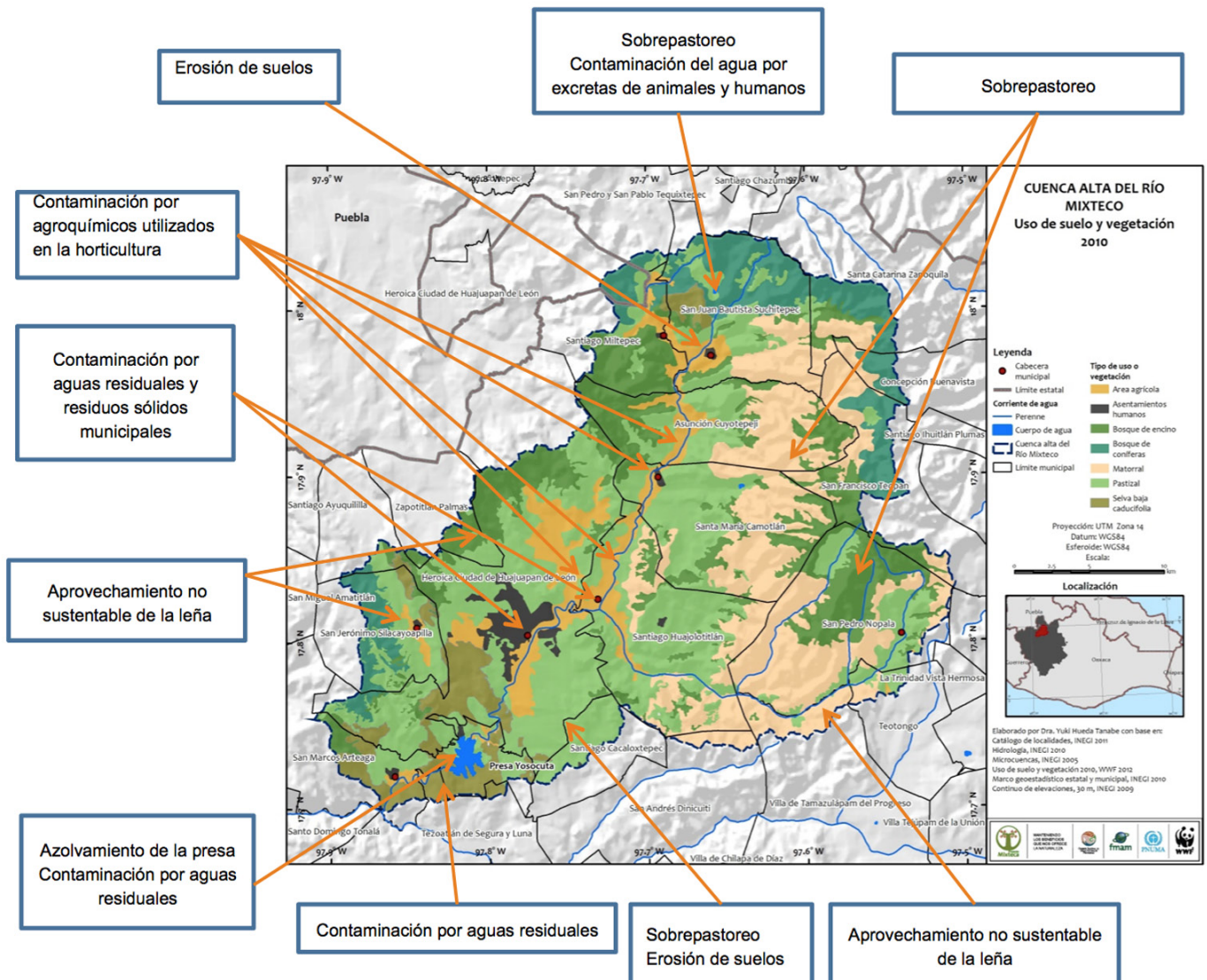
Cuadro 3. Los servicios ecosistémicos clave identificados en la CARM

	<p>Matorral</p> <ul style="list-style-type: none"> Alimentos derivados de la ganadería Forrajes Regulación de la erosión Provisión de leña Provisión de hábitat Cantidad de agua <p>Encinar</p> <ul style="list-style-type: none"> Provisión de leña Provisión de madera Flora ornamental, comestibles, medicinal y artesanal Regulación de la recarga de acuíferos y flujo base Alimentos derivados de la ganadería Forrajes Regulación de la erosión
2000 msnm	<p>Zona II (> 2000 msnm)</p> <hr/> <p>Zona I (< 2000 msnm)</p> <p>Selva baja caducifolia</p> <ul style="list-style-type: none"> Regulación de la erosión Provisión de leña Calidad de hábitat Agua limpia y suficiente: <ul style="list-style-type: none"> i. calidad del agua ii. regulación de la recarga de acuíferos y flujo base Recreación Fauna comestible y mascotas Flora comestible, medicinal y artesanal <p>Encinar</p> <ul style="list-style-type: none"> Provisión de leña Agua limpia y suficiente: <ul style="list-style-type: none"> i. regulación de la recarga de acuíferos y flujo base Alimentos derivados de la ganadería Forrajes Regulación de la erosión <p>Pastizales</p> <ul style="list-style-type: none"> Alimentos derivados de la ganadería Forrajes <p>Agricultura</p> <ul style="list-style-type: none"> Alimentos derivados de la agricultura

V. Problemática de la cuenca

La Cuenca Alta del Río Mixteco concentra una población de aproximadamente 76,000 habitantes distribuidos en 20 municipios, siendo la Heroica Ciudad de Huajuapam de León el de mayor población (84.85% respecto al total de la CARM). Culturalmente, existe una fuerte dependencia del entorno para la satisfacción de las necesidades humanas, sin embargo, es notoria la poca presencia de actividades de remediación o conservación del medio natural. Esto se refleja en los estudios de Moreno (2007) y Sustaita et al. (2009) complementado con el conocimiento que sobre la zona tiene el equipo del Proyecto GEF Mixteca y las dependencias participantes en este proceso, destacando el apoyo de la UTM, logrando obtener la identificación de una lista de problemas, en diferentes puntos de la cuenca.

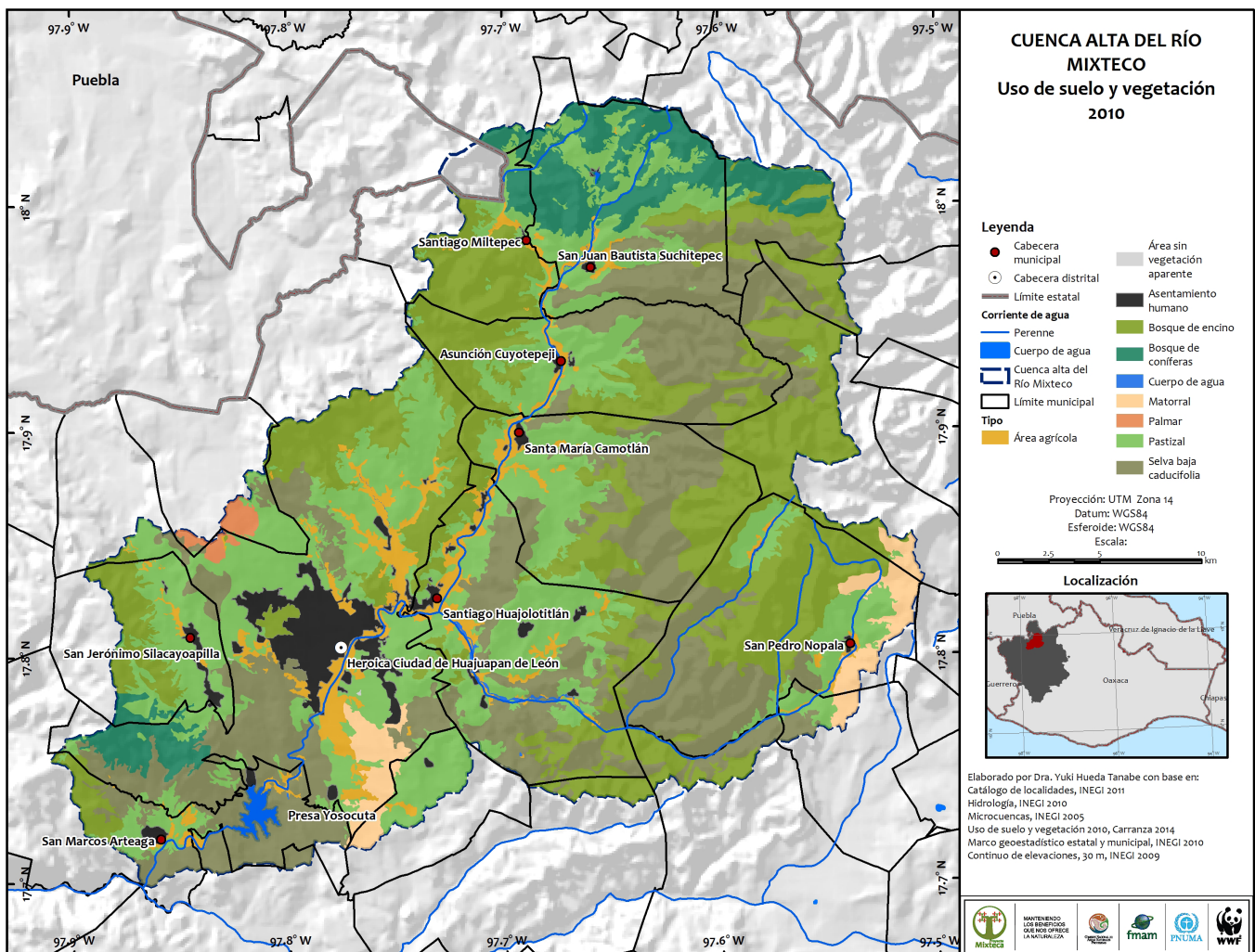
Figura 10. Problemática de la CARM.



5.1 Cambios de uso de suelo y vegetación

En la cuenca existen bosques de enebro al norte; bosques de encino en las zonas más altas al este y oeste; selva baja caducifolia sobre la ladera al este y hacia el sur; matorral crasicaule y xerófilo al sureste y sur; y bosque de pino y encino al suroeste. El estudio de “Tasa de transformación para el periodo 1979 - 2010” (Carranza, 2015) identifica en la subunidad ecosistémica II a los bosques de táscate y encino, así como a los matorrales crasicaule y xerófilo sin cambios; mientras que las selvas más ampliamente distribuidas con 26,326 ha tuvieron una disminución de 4.4 ha para usarlas como pastizales y áreas agrícolas. Además, se registraron cambios hacia uso agrícola en 3.3 ha de bosque de encino secundario, 7 ha de palmares y 37 ha de cuerpos de agua. Pero el mayor cambio se registró en la unidad ecosistémica I con el crecimiento de los asentamientos urbanos con 26 ha, 290 ha y 1,219 ha que anteriormente eran selvas, áreas agrícolas y pastizal respectivamente.

Figura 11. Uso de suelo y vegetación de la CARM.

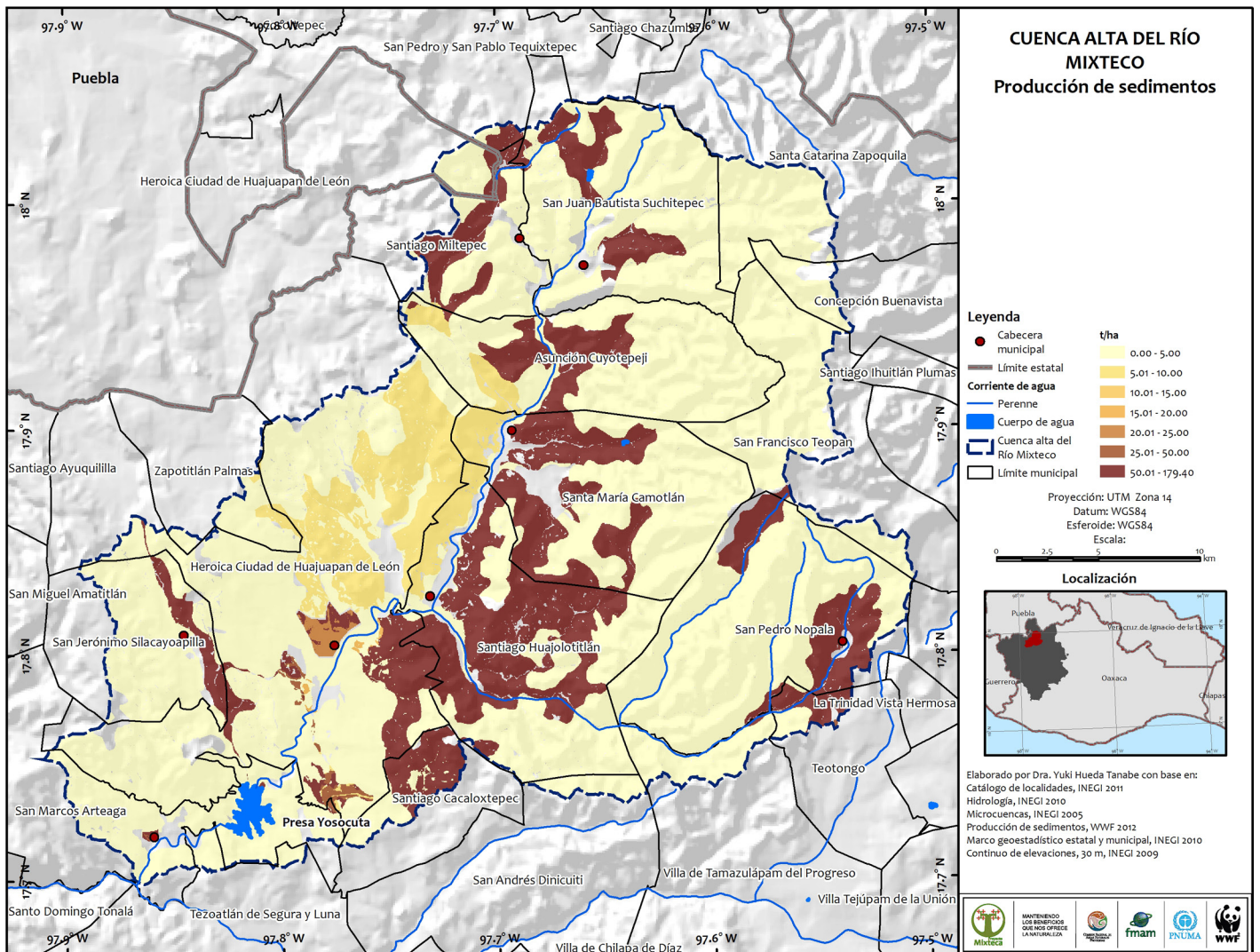


5.2 Erosión hídrica

La erosión en la cuenca se presenta principalmente en pastizales y terrenos agrícolas, superando en promedio las 10 ton/ha por año, que es el límite aceptado internacionalmente para equilibrar la formación de nuevo suelo. De acuerdo con Fernández (2012) las causas de la degradación de los servicios ecosistémicos asociados a la formación de suelos y regulación de la erosión son: sobrepastoreo con ganado caprino; agricultura en ladera con bajos rendimientos de maíz (0.97 t/ha en temporal); cambio en los sistemas de producción agrícola; y abandono de obras de conservación.

De acuerdo a este mismo autor, en los pastizales de la CARM existen áreas que han perdido la función ecosistémica de regulación de la erosión hídrica y se reportan procesos erosivos mayores a 10 ton/ha por año en 12,840 ha de un total de 18,109 ha erosionadas. La erosión es provocada por el sobrepastoreo de caprinos, bovinos y equinos, principalmente.

Figura 12. Producción de sedimentos en la CARM.



Como se puede observar, los diez municipios que presentan mayor problema de erosión hídrica en la CARM son: Santiago Huajolotitlán, Santa María Camotlán, Santiago Cacaloxtotec, Heroica Ciudad de Huajuapam de León, San Pedro Nopala, Asunción Cuyotepeji, San Juan Bautista Suchitepec, Tezoatlán de Segura y Luna, Santiago Miltepec y San Jerónimo

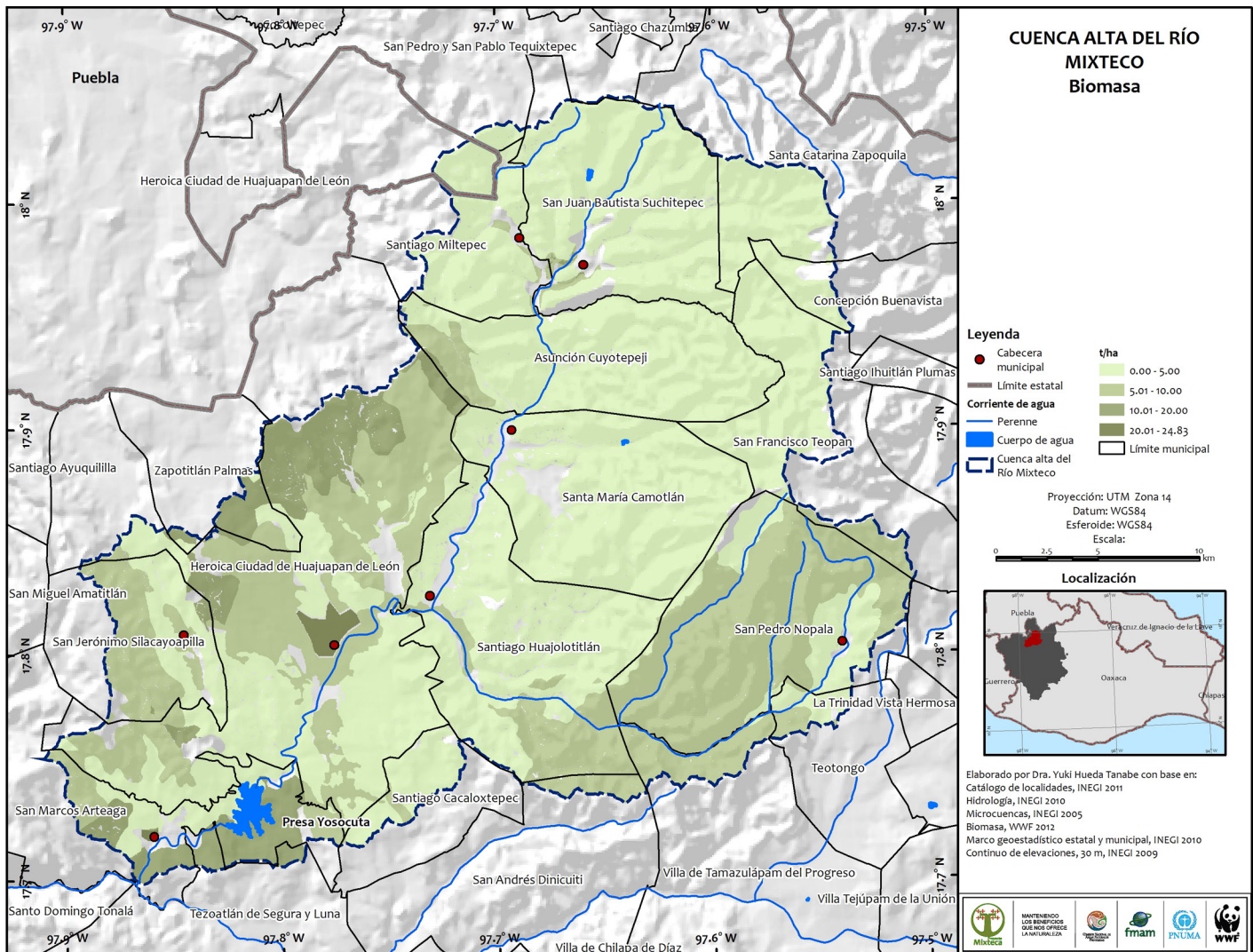
Silacayoapilla. Con base en las áreas degradadas que se observan en el mapa de erosión y los niveles de ésta, se recomienda iniciar acciones de restauración y conservación de suelos que ayuden a contener el azolvamiento y eviten afectar todavía más la calidad del agua y de las tierras de labor.

5.3 Biomasa

La producción primaria es uno de los procesos necesarios para la generación de los demás servicios ecosistémicos. Por tanto, el conocimiento de las áreas con mayor biomasa podría ser un indicativo del sostenimiento de funciones o procesos ecosistémicos y por tanto, son importantes proveedores de bienes y servicios que aportan los ecosistemas. Las áreas con biomasa de 5 a 10 t MS/ha/año se ubican en San Pedro Nopala, al norte de Villa de Tamazulapam del

Progreso, al sureste de Santiago Huajolotitlán, al norte de la Heroica Ciudad de Huajuapam de León y al oeste de San Jerónimo Silacayoapilla. Las áreas con biomasa de 10 a 20 t MS/ha/año se localizan al noroeste de la Heroica Ciudad de Huajuapam de León y al sureste de San Marcos Arteaga (Figura 12). Cabe destacar que las áreas con menor producción de biomasa, coinciden con las zonas donde los procesos erosivos son de mayor impacto.

Figura 13. Biomasa en la Cuenca Alta del Río Mixteco



5.4 Calidad de agua

De acuerdo con Conagua (2011), existen ocho estaciones de monitoreo disponibles en la zona, se ubican en el municipio de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y el vaso de la presa Yosocuta. El 50% de los análisis realizados indican que el agua es de buena calidad y la otra mitad está en las categorías de aceptable y contaminada. Sin embargo, Cisneros et al. (2009) concluyen que la disminución del servicio de calidad del agua en el Río Mixteco y en el Río Salado se debe a los aportes de aguas residuales tratadas y sin tratar, al arrastre de materia orgánica, los residuos sólidos municipales, sedimentos de las partes altas de la cuenca y a lixiviados agrícolas y pecuarios. Lo anterior repercute en el incremento de los costos purificación del agua para abastecer a la Ciudad de Huajuapán de León y el deterioro de espacios para la recreación.

Por otra parte, Álvarez et al. (2010) reportan que los manantiales de Guadalupe Cuauhtepéc, municipio de San Juan Bautista Suchitepec, se encuentran por arriba de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994 para consumo humano a causa de las excretas de animales y humanos, cuestión muy importante si se considera que esa población se localiza en la parte más alta de la cuenca.

5.5 Extracción de leña

Los municipios donde más del cincuenta por ciento de las viviendas usan leña/ carbón son: San Jerónimo Silacayoapilla, Santiago Miltepec, San Juan Bautista Suchitepec, Zapotitlán Palmas, Teotongo, San Francisco Teopan y San Pedro Nopala. Hay que destacar los municipios con mayor número de población como la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Villa de Tamazulapam del Progreso y Santiago Huajolotitlán, donde el porcentaje de viviendas que utilizan leña es de 10%, 23% y 40% respectivamente, pero debido al número de habitantes que tienen, superan el consumo de leña de todos los demás municipios juntos.

En el esquema siguiente se muestra la problemática agrupada por temas generales, indicando la cobertura de cada uno y grado de prioridad.

Tema general	Problemática	Cobertura geográfica / escala	Prioridad
Agua	Disponibilidad	CARM	Alta
	Contaminación (agroquímicos, residuos sólidos urbanos, aguas negras, sólidos suspendidos)	Zonas urbanas / zonas agrícolas aluviales	Alta
	Veda del uso agropecuario de aguas superficiales	Cuenca del Río Balsas	Alta
	Inundaciones	Zonas aluviales de Huajuapán de León	Media
Suelo	Producción de sedimentos y erosión	Áreas agrícolas, de pastizales y cárcavas	Alta
	Baja fertilidad del suelo	Zonas agrícolas y pastizales	Media
	Malas prácticas de manejo	Zonas agrícolas y pastizales	Media
Biodiversidad	Cambio de uso de suelo	Pastizales aledaños a zonas urbanas	Media
	Extracción de leña para venta	Encinares y matorral	Medio
	Sobrepastoreo	Zonas cercanas a comunidades	Alta
	Incendios	Zonas cercanas a carreteras, tiraderos de basura y a la ciudad de Huajuapán	Medio
	Baja calidad de hábitat	Zonas de vegetación secundaria, pastizal y agrícolas	Alta
	Fragmentación de la vegetación	Encinar, selva baja, matorral / zonas de mayor cobertura	Alta
Geológico	Extracción de pétreos (caolín, calizas, tobas, aluviones)	Zonas localizadas	Media
	Deslizamientos	Zonas localizadas	Baja
	Hundimientos	Zonas localizadas	Baja
	Autorización de concesiones mineras	Zonas localizadas	Media
Socioeconómico	Pérdida de conocimiento tradicional	CARM	Media
	Emigración de la población rural	Comunidades rurales	Media
	Envejecimiento de las poblaciones rurales	Comunidades rurales	Baja
	Crecimiento demográfico de las zonas urbanas	Zonas urbanas	Baja
	Escasa educación ambiental	CARM	Alta
	Escasa organización para gestión y comercialización	CARM	Alta
	Visiones divergentes entre las instituciones y las comunidades	CARM	Alta
	Visión de corto plazo para la solución de problemas	CARM	Alta

Figura 13. Identificación general de problemas en la CARM.

VI. Evaluación Ambiental Integral (Estado, presiones, fuerzas motrices, impacto y respuestas)

Para el análisis territorial de la CARM se aplicó la metodología Evaluación Ambiental Integral (EAI-GEO) transferida por el PNUMA al Proyecto GEF Mixteca. Se trabajó con el enfoque de servicios ecosistémicos y se consideraron las zonas I y II analizadas en el apartado 4.2 de este trabajo.

Zona I

En la zona ecosistémica I se identifican los siguientes ecosistemas naturales y transformados: selva baja caducifolia, bosque de encino, pastizales y agricultura. En cada ecosistema se identificó el estado, presiones, fuerzas motrices, impacto, respuestas y el servicio ecosistémico asociado al estado del ecosistema.

Selva Baja Caducifolia

a) Servicio ecosistémico de regulación de la erosión

Este ecosistema tiene procesos de erosión como resultado de la presión por cambio de uso suelo, inicialmente para agricultura y posteriormente para la ganadería, sobre todo en el pasado; y no obstante que en la actualidad ya no existe la ganadería trashumante como tal, los animales pastorean libremente en el territorio. El factor que está detrás de esta actividad es principalmente económico, y salvo pocas excepciones netamente comerciales, se le considera un ahorro para disponer de efectivo para alguna emergencia familiar. Este pastoreo sin regulación ha llevado a procesos de erosión, que sumado a la fragilidad de los suelos predominantes ha provocado impactos en la disminución de rendimientos de forrajes y otras especies, disminución de ingresos, disminución de plantas útiles y azolvamiento de cuerpos de agua.

b) Servicio ecosistémico leña

La extracción de leña para consumo doméstico y venta ha contribuido en la disminución de la cobertura vegetal en el área de la CARM. La leña y el carbón se utilizan en la mayoría de las comunidades y existe una población constante que la compra en las poblaciones con mayor número de habitantes como la Heroica Ciudad de Huajuapam de León y Villa de Tamazulapam del Progreso. Existen otras poblaciones como San Jerónimo Silacayoapilla que tradicionalmente ha ocupado la leña para cocer el barro para las artesanías y para la producción de tabique, además de la venta en verde y del uso para elaborar carbón. Esta extracción sin regulación y sin manejo ha provocado que se requiera mayor esfuerzo y costo para obtener la leña porque se tienen que recorrer mayores distancias; además se destina dinero para comprarla donde se han agotado las reservas en las comunidades, y en casos extremos, la gente se ve obligada a cambiar de combustible.

Actualmente existen iniciativas que dan respuesta parcial a este problema, pues la política pública se ha centrado en la construcción de estufas ahorradoras de leña,

tecnología que ha tenido una adopción mínima por la población, y establecimiento de reforestaciones con especies inadecuadas para las condiciones ambientales del ecosistema. Hay intentos por trabajar con especies nativas como los viveros de San Sebastián del Monte y el vivero de alta tecnología de Yosocuta, que están produciendo planta para reforestación; en el primer caso, 6,000 plantas de especies nativas de maguey papalomé, jarilla (leña), caobilla (madera), y barba de chivo (forrajera). En el segundo se ha comenzado a producir jarilla, huaje rojo y tepehuaje. El vivero de investigación para producción de especies nativas de la UTM que reproduce tehuixtle, jarilla, maguey papalomé, cucharilla, pata de elefante, enebro y pino-ocote, para donación. Sin embargo, hace falta la sistematización de estas experiencias para su divulgación. Para el caso de los viveros locales, se identifican algunas limitaciones como el cambio anual del comité encargado del manejo del vivero; no se cuenta con una figura asociativa y los requisitos fiscales para vender la planta. Las autoridades de las comunidades muestran menosprecio hacia el establecimiento de especies nativas para la reforestación, aunado a que no se cuenta con información sistematizada y capacitación para la producción de estas especies.

Algunas acciones sugeridas son: que las comunidades revaloren la importancia de las especies nativas para la provisión de forrajes, leña, madera, medicinas, aromáticas y ornamentales; que se apoye la organización de los grupos interesados en la producción y venta de plantas y el fortalecimiento de los viveros ya existentes como Yosocuta, San Agustín Atenango y San Sebastián del Monte; y que se sistematice la información sobre las especies leñosas que son aptas para reforestación en las selvas secas.

El Proyecto GEF Mixteca está instrumentando con el apoyo de investigadores del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (CIECO-UNAM), la actualización de un estudio por medio de la aplicación de la herramienta denominada Woodfuel Integrated Supply-Demand Overview Mapping (WISDOM), con la que se mide el abasto y demanda de leña. En el mapa siguiente se muestra la productividad disponible de leña por superficie y tipo de ecosistema.

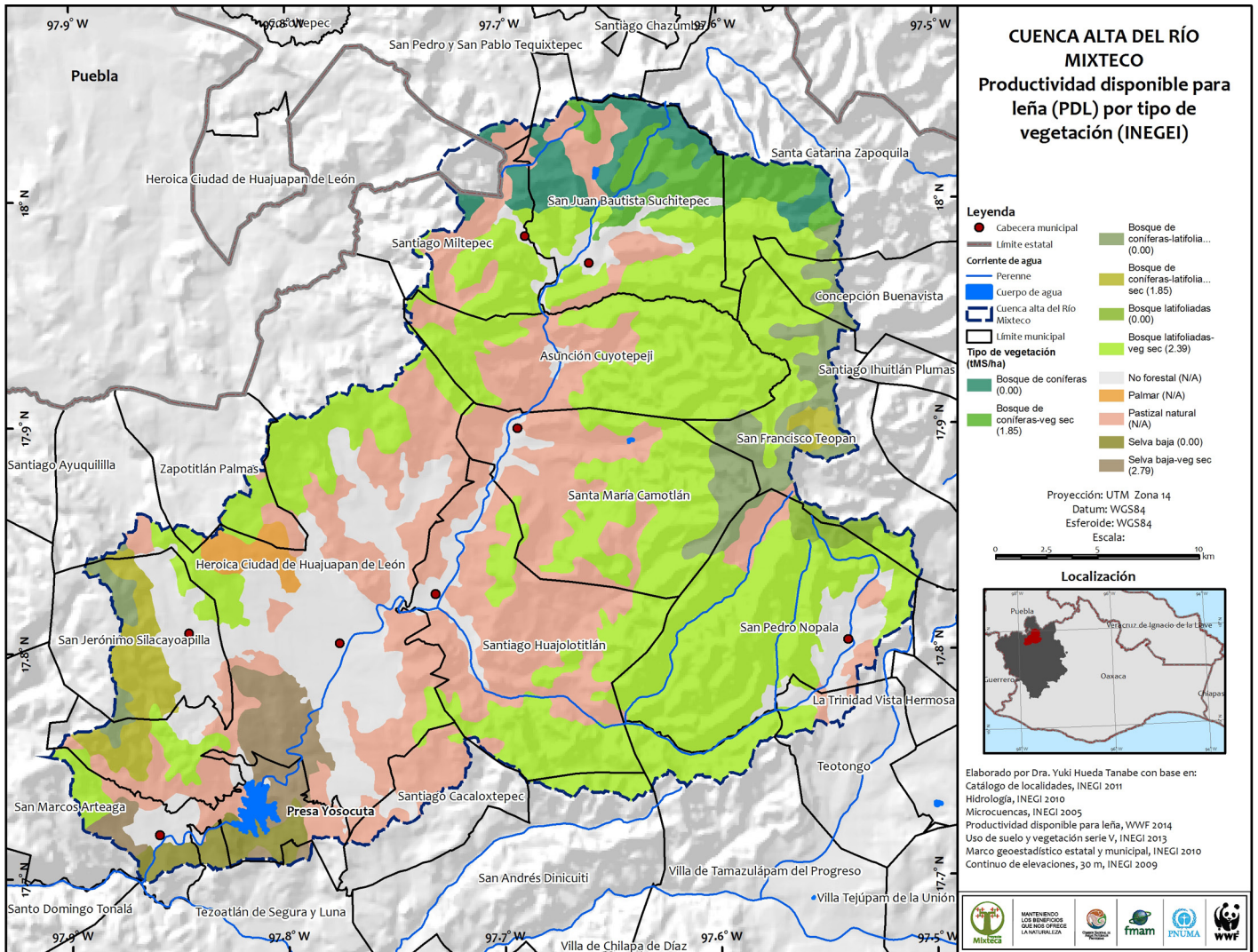


Figura 14. Productividad disponible para leña por tipo de vegetación con la clasificación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGI).

c) Servicio ecosistémico agua limpia y suficiente

i. Regulación de la calidad de agua

La contaminación por descarga de aguas residuales (incluidos los desechos de agroquímicos) y por una mala disposición de los residuos sólidos, es un problema que se acentúa en los centros de población de mayor crecimiento demográfico como la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y municipios aledaños.

La contaminación por descarga de aguas residuales eleva los costos de la potabilización del agua que abastece a la Heroica Ciudad de Huajuapán de León debido a que se contamina en mayor proporción cuando pasa por esta ciudad y Santiago Huajolotitlán antes de llegar a la boca toma en la presa Yosocuta. Esto limita las actividades recreativas y de pesca, además de provocar eutroficación de la presa; incrementa plagas y enfermedades y disminuye la cantidad de agua limpia. Cabe señalar que la presa Yosocuta, principal embalse de la región, se diseñó para riego de cultivos, pero actualmente el agua se usa para abastecimiento de agua potable para la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, producción de peces y recreación.

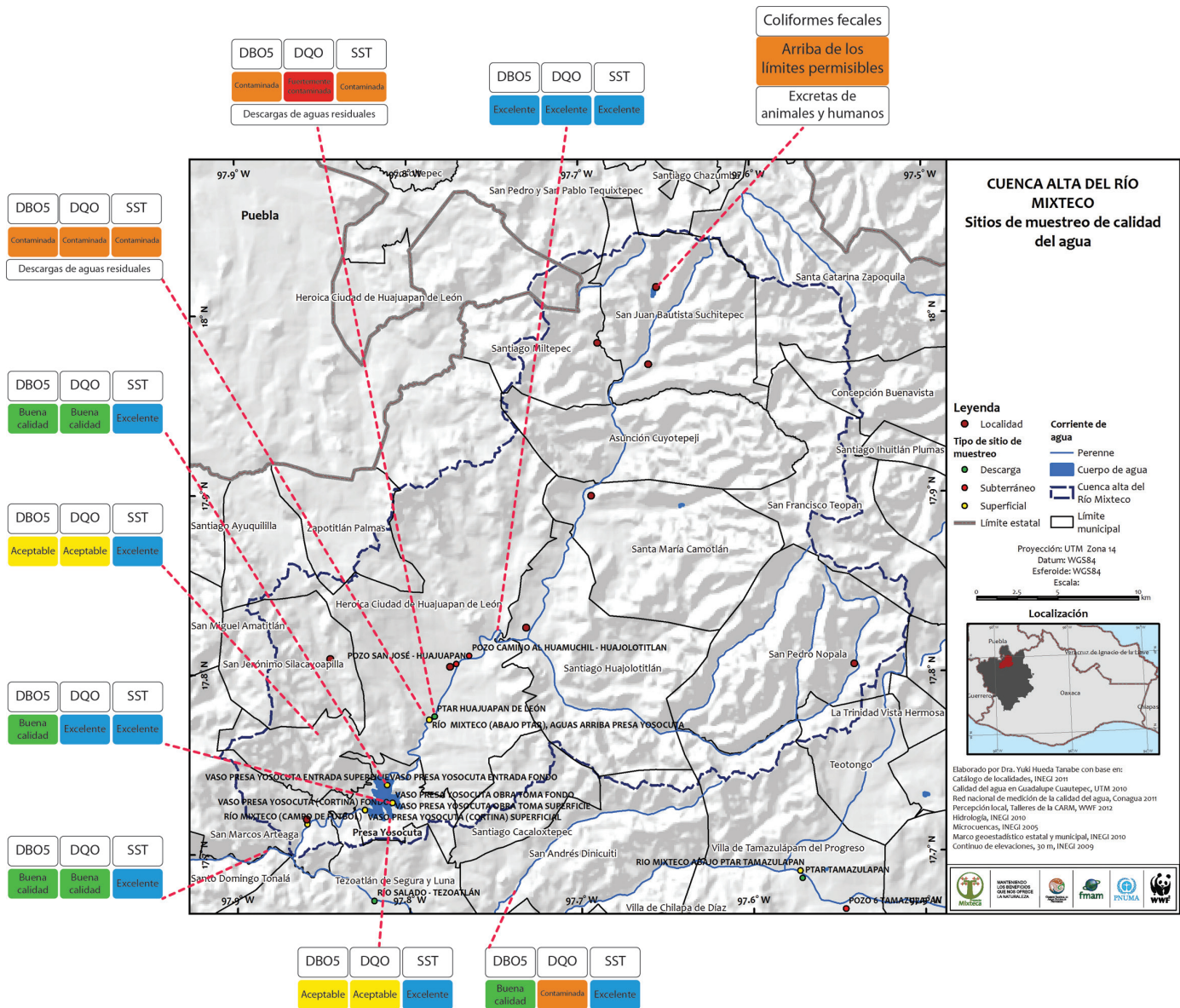


Figura 15. Resultados de los muestreos y percepción de la calidad del agua.

La contaminación por mala disposición de los residuos sólidos está incrementando la presencia de plagas, fauna feral y diversas enfermedades. También aumenta la vulnerabilidad a inundaciones; eleva los costos para el manejo de los residuos y la potabilización del agua; disminuye la cantidad de agua limpia; limita las actividades recreativas y de pesca y aumenta la vulnerabilidad a incendios.

Actualmente la UTM coordina estudiantes para el diseño del plan de gestión de residuos sólidos de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y Santiago Huajolotitlán, que considera la capacitación de pepenadores para selección de residuos y producción de composta. Se han realizado campañas de concientización sobre el manejo de la basura así como la campaña de recolección de residuos separados de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León. Para la implementación de estas acciones se identifican aspectos limitativos como la escasa conciencia ambiental, el poco apego de las autoridades a las normas para el manejo de los residuos, la transparencia en la gestión de recursos, adjudicación y ejecución de obras.

ii. Regulación de la recarga de acuíferos y flujo base

El cambio de otros usos de suelo hacia área urbana en espacios con capacidad de recarga hídrica potencial está disminuyendo la capacidad de retención y almacenamiento de agua, debido al crecimiento demográfico de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y poblaciones aledañas. Esto puede tener mayores impactos negativos en el abasto de agua, la cantidad de agua para consumo doméstico, y restricciones para el desarrollo de capacidades productivas como la ganadería y la agricultura. En el pasado la UTM ha identificado y propuesto zonas de exclusión al crecimiento urbano de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, pero no se ha tomado en cuenta en la planeación de nuevos asentamientos humanos. Por tanto, se plantea como acción futura la actualización del plan de desarrollo urbano y territorial mediante la participación de un equipo de trabajo multidisciplinario con base en la normatividad vigente.

d) Servicio ecosistémico fauna silvestre (comestible)

Las poblaciones de fauna silvestre disminuyeron por las actividades antropogénicas en épocas pasadas, sin embargo, la migración, el abandono de tierras de cultivo y la disminución de la ganadería trashumante de las últimas décadas ha permitido observar cierta recuperación, a pesar de la presión constante de la cacería furtiva de venado, paloma, chachalaca, tejón, entre otros, con fines de recreación y alimentación. La falta de monitoreo y regulación de esta actividad puede afectar a algunas especies, así como los beneficios que proporcionan.

En respuesta a esta problemática, la Conanp está instrumentando distintos esquemas de conservación como el Área de Protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá y el Área Destinada Voluntariamente a la Conservación Cerro Cabeza de la Culebra en San Marcos Arteaga o la de Siete Cumbres, en la comunidad de Guadalupe Cuauhtepéc. La misma Conanp está impulsando desde hace algunos años acciones de monitoreo comunitario que permitirán establecer las bases para evaluar el estado de la biodiversidad en la región; estas acciones están siendo reforzadas con la ejecución del Proyecto GEF Mixteca. Sin embargo, también existen barreras a vencer, como la escasa organización en las comunidades, falta de información sobre el manejo y creación de áreas protegidas, conflicto de interés entre los dueños de la tierra, escasa educación ambiental y la dificultad para el cumplimiento de la normatividad. Algunas acciones que podrían implementarse a futuro son establecer un programa de educación ambiental y acuerdos comunitarios para regular la cacería, desarrollar actividades ecoturísticas, de vigilancia y monitoreo de la riqueza natural por parte de las comunidades y las autoridades municipales.

e) Servicio ecosistémico flora silvestre (comestible, artesanal y comercial)

La extracción de orégano, laurel, otate, palma y agaves ha tenido un aprovechamiento diferenciado. Algunos como el tejido con la palma y la venta del orégano prácticamente ya no son vigentes debido a que estas actividades económicas se abandonaron por ser poco redituables, en cambio sigue vigente el aprovechamiento de especies como el laurel, otate y agaves por la demanda de condimentos, artesanías y bebidas alcohólicas, respectivamente. El mal manejo de estas especies se refleja en su disminución y por lo tanto el aumento del esfuerzo para la extracción. Algunas acciones que se han emprendido para

evaluar este tema, corresponden a estudios sobre etnobotánica realizados por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional IPN-Oaxaca (CIIDIR) en Asunción Cuyotepeji y Santo Domingo Tonalá, así como el establecimiento de parcelas experimentales de maguey papalomé en Rancho Dolores, Heroica Ciudad de Huajuapán de León. Se ha planteado por diversos actores locales e institucionales la necesidad de elaborar planes de negocios para el aprovechamiento de laurel, otate, palma y orégano. Entre las limitaciones que se identifican es la falta de organización en las comunidades que limita los procesos de monitoreo de los recursos, así como el establecimiento de unidades de manejo y complica la aplicación de la normatividad. Entre las acciones a futuro se plantea realizar un diagnóstico que incluya el inventario, el estado de las poblaciones, el aprovechamiento y el mercadeo de la flora aprovechada.

f) Calidad de hábitat

Otras causas que contribuyen a impactar negativamente los servicios ecosistémicos anteriormente analizados y provocan que también disminuya la calidad del hábitat, son entre otros, la ocurrencia de incendios forestales, la disposición final inadecuada de los residuos sólidos, quema no controlada de pastizales y áreas agrícolas. Parte de los impactos se refleja en el costo para realizar acciones de restauración y recuperación del hábitat, la disminución de la cantidad de agua para consumo doméstico, ganadería y agricultura y la pérdida de biodiversidad. Entre las acciones institucionales que se han dado a esta problemática está el establecimiento de la brigada para el combate de incendios de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuicultura (Sedafpa) en Santo Domingo Tonalá; la conformación del grupo de respuesta a los incendios por parte de la Secretaría de Protección Civil. La Conanp impulsa brigadas comunitarias que capacita, organiza y equipa para el combate de incendios, y la Conafor frecuentemente realiza difusión sobre quemas controladas y en coordinación con Sedafpa se encargan de capacitar y movilizar a las brigadas contra incendios forestales. Las acciones que se identifican a futuro son: elaborar planes de contingencia, campañas de educación ambiental, diseño y construcción de rellenos sanitarios donde fuera necesario.

Bosque de encino

a) Servicio ecosistémico leña

En este ecosistema ha disminuido la cobertura vegetal debido entre otras cosas, a la fragmentación ocasionada por la extracción de leña para venta y producción de carbón ante una demanda permanente de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y para uso doméstico en las comunidades. Esto ha provocado la disminución de volumen, que a su vez implica mayor esfuerzo en la extracción para venta, el uso para la alfarería y la producción de tabique, e influye en los ingresos para acceder a otros servicios como la salud y a la educación. Hasta el momento, no se conocen acciones institucionales que se estén desarrollando en el área de encinares. Las limitaciones u obstáculos para emprender acciones correctivas y de buenas prácticas tienen que ver con la falta de gobernanza para la regulación del pastoreo de caprinos y bovinos, así como la extracción de la leña para venta, además, se requiere un mayor esfuerzo de trabajo e inversión debido al estado actual de degradación de los suelos. Una de las acciones a desarrollar es la investigación sobre los procesos de sucesión ecológica (las especies pioneras y efecto nodriza que requiere este ecosistema).

b) Servicio ecosistémico agua limpia y suficiente (recarga de acuíferos y flujo base)

La extracción de la leña y su afectación a la cobertura vegetal de los encinares impacta en la disminución de la capacidad de retención y almacenamiento de agua y afecta específicamente la función ecosistémica de regulación de la recarga de acuíferos y flujo base. Esta problemática tiene impactos en los componentes del bienestar que se relacionan a la disminución de la seguridad en el abasto de agua para consumo doméstico, ganadería, agricultura; mayor costo en obras de conservación de suelo y agua; y restricciones para el desarrollo de capacidades productivas. Se ha intentado reforestar con especies distintas a las locales, que no han sobrevivido pues tienen la presión del libre pastoreo y la falta de mantenimiento. En zonas con predominancia de encinares se identifican algunas restricciones como la escasa organización comunitaria, fragilidad del ecosistema, incendios recurrentes y lotificación para construcción. Las posibles acciones a considerar en este ecosistema son: promover actividades de educación ambiental, promover la organización comunitaria, diseñar proyectos sobre conservación de suelos y captación de agua, asociados a proyectos recreativos.

c) Servicios ecosistémicos de alimentos derivados de la ganadería y forraje

El sobrepastoreo limita la regeneración natural del ecosistema de encinares, lo que provoca una mayor fragmentación, además de la disminución del rendimiento de plantas forrajeras, ingresos por venta del ganado y plantas útiles. No se conocen acciones institucionales en el bosque de encino, sin embargo, se considera importante trabajar en proyectos relacionados a conservación de suelos y manejo del ganado.

Pastizales

a) Servicios ecosistémicos de alimentos derivados de la ganadería y forraje

En los pastizales se identifican los servicios ecosistémicos de alimentos derivados de la ganadería y forrajes que tienen dos problemáticas: primero la erosión de los terrenos debida al sobrepastoreo de caprinos, bovinos y equinos, principalmente, que han provocado impactos en la disminución de rendimientos de forrajes y otras especies; disminución de ingresos, disminución de plantas útiles y azolvamiento de cuerpos de agua; y la urbanización en áreas cercanas a los núcleos de población donde la fuerza motriz es el crecimiento demográfico e impacta en la disminución de las áreas de pastoreo y de la producción de alimentos, pérdida del conocimiento tradicional, aumento de la vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos y pone en riesgo la seguridad alimentaria.

Como respuesta, recientemente personal del Colegio de Posgraduados (Colpos) realizó un estudio para el Proyecto GEF Mixteca aplicando la herramienta Agricultural Policy Environmental Extender (APEX), que simula la interacción de suelo-agua-clima y prácticas de manejo agrícola para estimar estrategias de manejo de cultivos de los suelos y proponer su aplicación en laderas y pastizales en la producción sustentable (ganadería, agricultura y forrajes). Se identificaron los tipos de pasto más apropiados para la Cuenca del Río Mixteco, y se trabaja en el establecimiento de módulos de producción de forraje.

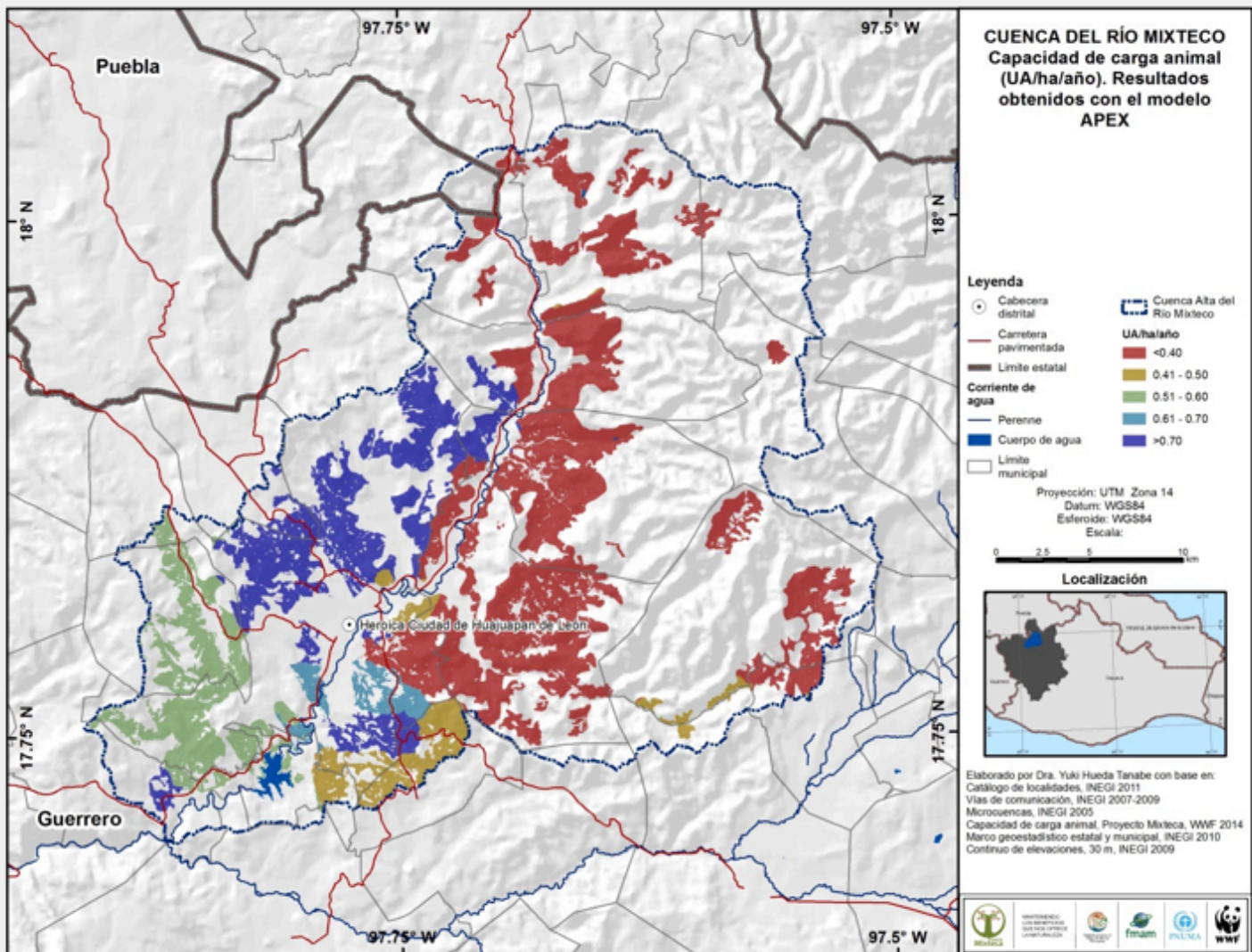


Figura 16. Capacidad de carga animal.

En el caso de la CARM se determinó que las áreas de pastoreo en ladera se localizan en 33,086.31 ha y el sobrepastoreo, principalmente de caprinos, contribuye de manera importante a los procesos erosivos. Cabe destacar que el 43% del hato ganadero está conformado por cabras, 27% ovejas, 22% bovinos y 8% de équidos, este se concentra principalmente en los municipios de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Tezoatlán de Segura y Luna, San Pedro y San Pablo Tequixtepec, Tamazulapam Villa del Progreso, Santiago Huajolotitlán, entre otros. Es importante señalar que en coordinación con Sagarpa y diversos investigadores de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO) y la UNAM se está elaborando un manual para mejorar el manejo del ganado en el territorio.

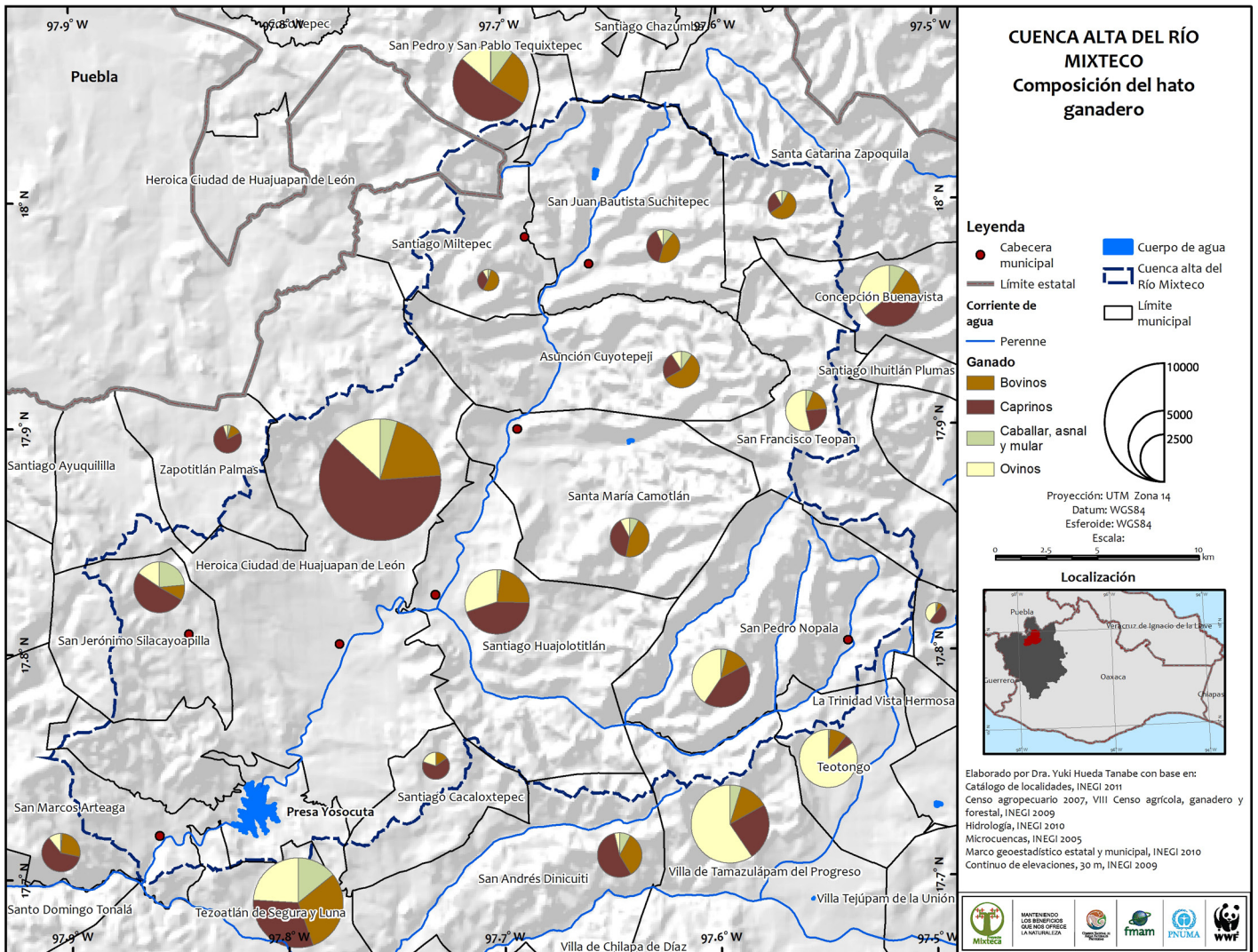


Figura 17. Composición del hato ganadero.

Actualmente existen iniciativas para dar respuesta a esta problemática como las escuelas de campo para el manejo de la ganadería caprina que opera la Sagarpa y la Sedafpa. Éstas se encuentran en su primer año de funcionamiento, en las comunidades de San Marcos Arteaga, Guadalupe Cuauhtec, San Juan Bautista Suchitepec, Camotlán, Asunción Cuyotepeji, Rancho Dolores y San Pedro Yodoyuxi de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León.

Algunas limitaciones y obstáculos que se identifican son: la falta de organización de los productores de la CARM; no existe planeación de mediano y largo plazo; la migración y la edad avanzada de los pastores; la atención de los Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) de la Sagarpa se concentra en caprinos. Un espacio demostrativo de manejo de actividades productivas en microcuencas, que ha sido utilizado

y respaldado por el Proyecto y diversas instituciones gubernamentales, es el de Rancho Dolores, Heroica Ciudad de Huajuapán de León. Allí se impulsan buenas prácticas de manejo ganadero y agricultura, obras de conservación de suelos, reforestación con especies nativas y está sirviendo como centro de capacitación e intercambio de experiencias. Algunas acciones que se identifican a futuro son: vacunación contra derriengue (rabia) y brucelosis, incidencia en la planeación de manejo de áreas erosionadas, capacitación sobre el manejo de especies forrajeras e investigación sobre rutas de pastoreo, especies forrajeras y análisis minerales para complementos nutritivos.

Agricultura

a) Servicio ecosistémico de alimentos derivados de la agricultura.

Las prácticas de labranza convencionales para el cultivo de la milpa están contribuyendo a la afectación de la función ecosistémica de regulación de la erosión de suelos. Según Fernández (2012) existen 5,268.82 has en la CARM con grados de erosión hídrica mayores a 10 ton/ha, por año. Esto tiene impacto en la pérdida de fertilidad del suelo, disminución de rendimientos de cultivos, disminución de ingresos por la baja rentabilidad de los cultivos, azolvamiento de cuerpos de agua y disminución de la capacidad de almacenamiento de agua (superficial y subterránea). Las acciones institucionales que se han implementado se relacionan al financiamiento de prácticas de conservación de suelos en áreas agrícolas mediante pretilas de piedra acomodada (Semarnat), producción intensiva de hortalizas mediante tecnificación en algunas zonas aluviales (paquete tecnológico, sistemas de labranza, invernaderos, fertiriego), milpa intercalada con maguey a nivel demostrativo en Rancho Dolores, Heroica Ciudad de Huajuapán de León (UTM), investigaciones por el Instituto de Investigaciones

Forestales y Agropecuarias (INIFAP) sobre sistemas labranza y fertiriego, asesoría e investigación del Instituto Tecnológico Agropecuario del Valle de Oaxaca (ITVO) sobre bioespacios, invernaderos e investigación de maíces criollos y estudios sobre pitaya por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-I). Algunos obstáculos y limitaciones que se identifican son: abandono de las áreas agrícolas de temporal debido a las precarias condiciones de producción, falta de interés de los jóvenes para dedicarse a las actividades agropecuarias, escasa valoración del conocimiento tradicional, no se realizan las obras sin incentivo económico, y poca difusión y transferencia de las innovaciones tecnológicas. Las acciones de prioridad para su atención en este tema son: revalorización de la importancia de la agricultura tradicional, difusión sobre las buenas prácticas agrícolas en zonas de temporal, difusión de los espacios exitosos de tecnificación e involucramiento de los tres niveles de gobierno en las acciones a realizar.

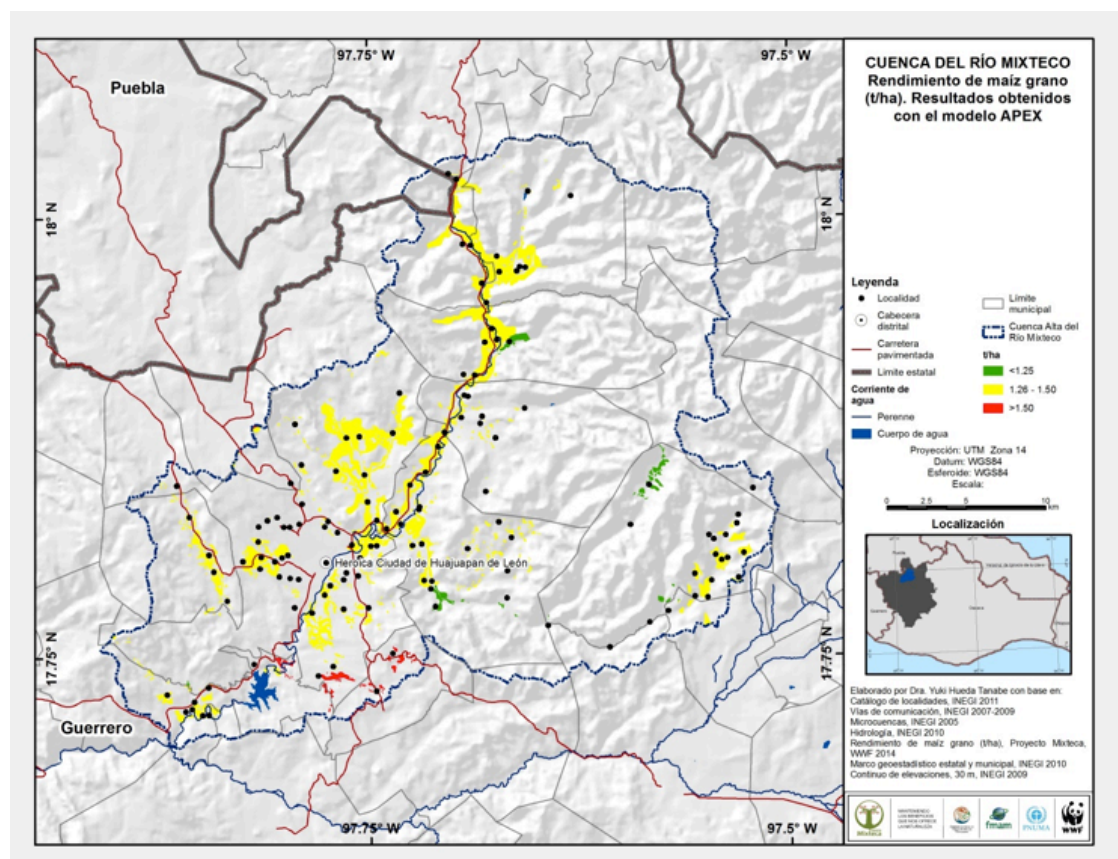


Figura 18. Rendimiento de maíz grano (t/ha).

Otra presión que existe en las áreas agrícolas es el cambio de uso de suelo por la urbanización debido al crecimiento demográfico de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y poblaciones aledañas como Santiago Huajolotitlán, Asunción Coyotepeji y Santa María Camotlán, entre otros. La incorporación de los mejores terrenos para uso agrícola a la urbanización tiene impactos en la disminución del área cultivable, por lo tanto, disminución en la producción de alimentos, disminución de fuentes de empleo en el sector agrícola y pérdida de conocimiento tradicional agrícola. Este cambio de uso de suelo a áreas urbanizadas está en proceso, por tanto, es importante que las comunidades que están en esta situación le den prioridad a la elaboración de planes de ordenamiento territorial.

Zona II

En esta zona se identifican dos ecosistemas básicos, el matorral xerófito y el bosque de encino. En estos ecosistemas se realiza el pastoreo y la actividad agrícola, ésta última se realiza preferentemente en las márgenes de los arroyos para asegurar la humedad.

Matorral

a) Servicio ecosistémico de alimentos derivados de la ganadería.

La principal presión en las áreas de matorral es el libre pastoreo en las zonas medias y altas de Santiago Huajolotitlán, San Juan Bautista Suchitepec, Asunción Coyotepeji, Santiago Cacaloxtepec y Santa María Camotlán por la ganadería de bovinos, caprinos y equinos. El problema en estas áreas es la producción de ganado de bajo peso debido al manejo inapropiado y a los bajos precios que paga el mercado local, siendo utilizado principalmente como ahorro familiar para cubrir emergencias familiares. Esto trae como efecto la baja calidad y rendimiento de la carne, la disminución de ingresos y la disminución de plantas útiles por el ramoneo y pisoteo. Las respuestas que se han trabajado a nivel institucional son las escuelas de campo establecidas para manejo de ganadería caprina y un espacio demostrativo en Rancho Dolores, Heroica Ciudad de Huajuapán de León para manejo de la microcuenca. Están iniciando cuatro escuelas de campo establecidas por prestadores de servicios profesionales (PSP) contratados por la Sagarpa-Sedafpa en Asunción Coyotepeji, Santa María Camotlán, San Juan Bautista Suchitepec y Guadalupe Cuauhtecpec para el manejo de caprinos, sin embargo, la falta de organización de la gente dentro de la CARM, la planeación de corto plazo, la migración, la edad avanzada de los pastores y la atención exclusiva a hatos de caprinos por parte de los PSP puede representar un obstáculo para el éxito de ésta experiencia.

En Rancho Dolores, Heroica Ciudad de Huajuapán de León un grupo de pequeños propietarios ha avanzado en el manejo a nivel de microcuenca mediante la construcción de obras de zanjas bordo (300 ha) y presas de piedra acomodada en las zonas altas, mejorando de esta forma la disponibilidad de agua para el ganado bovino durante el estiaje, además está en proceso de diseño la propuesta de rotación de potreros, que junto con el mejoramiento del ganado con la raza Beafmaster buscan disminuir la presión sobre el forraje natural e incrementar la producción de carne. Por otra parte la incipiente reforestación con maguey papalomé y espadín, el establecimiento de módulos de medición de biomasa y pruebas de adaptación de guaje verde y pasto banderita para forraje aumentan

las alternativas de manejo a esta experiencia. Se recomienda que Sagarpa le dé continuidad a las campañas de vacunación contra derriengue (rabia) y brucelosis, además de incluir en los trabajos de asesoría con los PSP el tema de manejo y restauración de áreas erosionadas así como la capacitación para el manejo de especies forrajeras nativas. Un aporte que está en proceso de desarrollo (Colpos-Fundación PRODUCE) es la investigación sobre rutas de pastoreo, identificación de especies forrajeras y análisis minerales para identificación de deficiencias.

b) Servicio ecosistémico de forraje

El libre pastoreo no permite la regeneración natural de los forrajes. Esto trae consigo la disminución de rendimientos, de ingresos y de plantas forrajeras entre otras que son útiles para las comunidades, debido esencialmente al ramoneo y pisoteo del ganado. Se ha iniciado la evaluación de forrajes por el Colpos, identificando hasta el momento 42 especies de pastos nativos con potencial forrajero para toda la Cuenca del Río Mixteco y se deben revisar cuáles se adaptan al área de la CARM. También se ha realizado el análisis de productividad primaria. Con estas acciones se busca validar e identificar la presencia de especies con potencial forrajero en zonas de matorral.

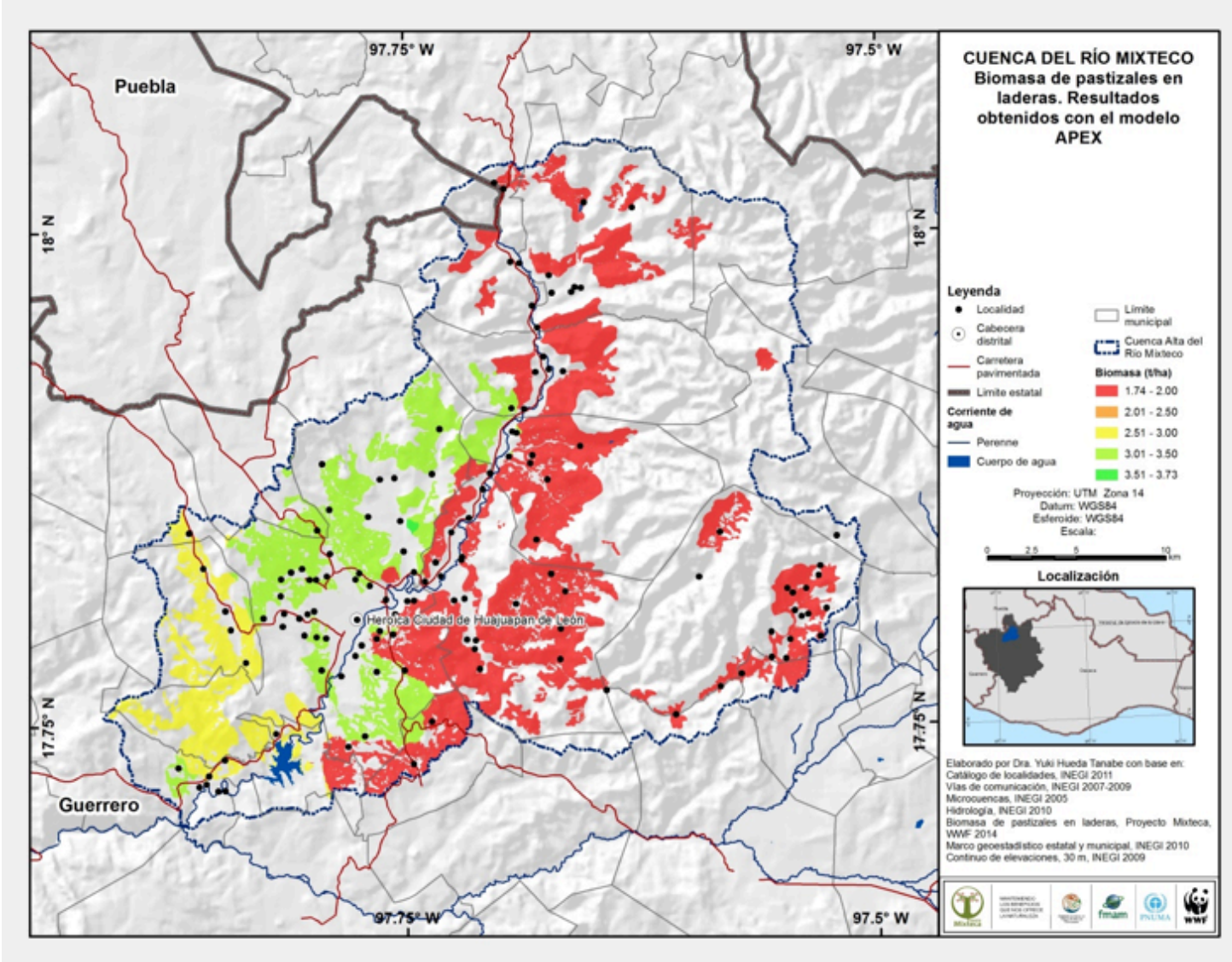


Figura 19. Biomasa de pastizales en laderas.

c) Servicio ecosistémico de regulación de la erosión

En áreas contiguas a los pastizales se ubican los matorrales, en ambos ecosistemas la ganadería es una de las principales actividades económicas, pero con un manejo inapropiado debido a que se pastorea libremente y esto no permite la recuperación de la cobertura, lo que trae como consecuencia que sean áreas en las que se produce una erosión hídrica mayor a 10 ton/ha por año. Esto tiene efectos en la disminución de ingresos por la baja producción de biomasa de los forrajes, azolvamiento de cuerpos de agua, como el caso de la presa Yosocuta, e inseguridad en el abasto de agua. Existen ejemplos importantes de acuerdos comunitarios, como en La Matanza, Teotongo, para evitar la ganadería trashumante. Las áreas de matorral son poco accesibles para su estudio y para realizar actividades de restauración, por lo que las acciones que pueden implementarse son fortalecer los acuerdos comunitarios para el manejo de ganado; impulsar la investigación sobre manejo zoonosanitario del ganado y los índices de agostadero; y definir áreas para protección y conservación, especialmente aquellas en donde se localiza la provisión de servicios ecosistémicos importantes para el desarrollo de la vida comunitaria.

d) Servicio ecosistémico de leña

En el área de matorrales existe extracción de leña para venta debido a la necesidad de obtener ingresos y no contar con otras alternativas productivas, tal es el caso de las zonas del Xatán y El Tejón, en Villa de Tamazulapam del Progreso. Esta situación está llevando a una disminución de las reservas de leña y de la calidad del hábitat del matorral en el área, reduciendo en consecuencia los ingresos de la gente, limitando también el acceso a la salud y a la educación; asimismo, se observa en algunas comunidades que se requiere mayor esfuerzo para la extracción, por el agotamiento de especies leñosas en áreas cercanas. Hasta el momento no se conocen acciones institucionales en la zona respecto al manejo de este servicio ecosistémico. Algunos obstáculos para mejorar prácticas son: condiciones biofísicas del terreno, sequías recurrentes, lejanía de las comunidades e inaccesibilidad de las áreas de aprovechamiento. Para este ecosistema personal del CIECO está realizando el estudio con la herramienta WISDOM que busca realizar el balance entre la oferta y demanda de leña y se ha planteado establecer una parcela demostrativa para la producción de leña en Rancho Dolores.

e) Servicio ecosistémico agua limpia y suficiente

En el área de matorral existe escasez de agua debido a la condición natural del ecosistema y al cambio climático. La presión sobre el agua es para consumo humano y pecuario. Este problema limita el desarrollo de las actividades productivas y requiere de mayor inversión para disponer de ella. Además, existe contaminación de las fuentes de abasto por el libre pastoreo. Se han construido obras de captación de agua para consumo humano y pecuario para aumentar la disponibilidad del recurso, pero sin impactos visibles en el ecosistema. Por estas razones se plantea implementar acciones para incrementar la disponibilidad (infiltración y captación) y acuerdos comunitarios para la conservación de estos ecosistemas.

Encinares

a) Servicio ecosistémico de leña

La presión en este ecosistema es la extracción de leña para fiestas patronales que sumado al libre pastoreo no permite la recuperación de la cubierta vegetal, lo que impacta en la disminución de volumen para consumo doméstico y cofradías, la disminución de las reservas de leña contribuye a la baja calidad de hábitat e implica mayor esfuerzo de la gente para su extracción. En algunas comunidades ubicadas en esta área la Conanp y la Conafor han construido estufas ahorradoras de leña adaptadas para mejorar la capacidad de guardar el calor y la durabilidad, pero no se le ha dado seguimiento a su adopción y uso. La Conanp ha iniciado un proceso de establecimiento de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) en Guadalupe Cuautepec, Suchitepec y se ha logrado definir un área de 400 ha para conservación, que está en proceso de resolución y que además, cuenta con una estrategia de manejo, pero no se dispone de presupuesto suficiente para operarlo. Las acciones que se visualizan son: el fomento de la educación ambiental, seguimiento a las estufas ahorradoras, búsqueda de incentivos para las ADVC y estudio para la evaluación del consumo de leña y madera (volumen y especies).

b) Servicio ecosistémico madera

Existe fragmentación de la cobertura vegetal por la extracción de madera para cercados y casas lo que trae consigo una disminución del volumen para consumo humano y baja calidad de hábitat y mayor esfuerzo para la extracción. No se conocen acciones que se estén desarrollando en este tema. Se considera importante investigar sobre los procesos de sucesión ecológica (las especies pioneras y efecto nodriza) y realizar reforestaciones con especies nativas con potencial para madera.

c) Servicio ecosistémico flora ornamental, comestibles, medicinal y artesanal

Existen cambios en las poblaciones florísticas debido a la extracción de especies ornamentales con fines culturales (damiana, doradilla, siemprevivas, orquídeas, hongos, sotolín, heno y cucharilla). La extracción y el pastoreo en los encinares no permiten la regeneración natural (en cantidad y volumen) lo que lleva consigo un mayor esfuerzo de extracción al tener que trasladarse a una mayor distancia para abastecerse. Como respuesta a esta problemática, actualmente se tiene un proyecto para la producción de seis especies de crasuláceas con fines de comercialización para ornato en San Pedro Nopala. El proyecto está en fase de construcción de infraestructura y capacitación de técnicos comunitarios. Se identifica como una limitante la disponibilidad de asesoría especializada para el manejo técnico y normativo del proyecto. El Proyecto GEF Mixteca pretende terminar el proceso hasta la primera entrega de planta, fortaleciendo la capacidad técnica en coordinación con la UNAM y vincular alternativas de mercado, y replicar la experiencia con otras especies nativas.

d) Servicio ecosistémico alimentos derivados de la ganadería

La principal presión en las áreas de encinar es el libre pastoreo en San Juan Bautista Suchitepec y Santiago Miltepec, San Pedro Nopala, San Francisco Teopan por la actividad ganadera con bovinos. El problema en estas áreas es la producción de ganado de bajo peso debido al poco o nulo manejo porque se considera como ahorro familiar para emergencias por lo tanto no se busca un manejo intensivo para venderlos en un periodo de tiempo determinado. Esto trae como efecto la disminución de calidad y rendimiento de la carne, la disminución de ingresos y la disminución de plantas útiles por el ramoneo y pisoteo. No se encontraron acciones para bovinos en encinar y éstas a futuro se perfilan como las que se indican para matorrales.

Los servicios ecosistémicos de forrajes y regulación de la erosión se abordan de manera similar que en matorral xerófilo.

VII. Indicadores (Línea base)

Este conjunto de indicadores se seleccionaron considerando, que por un lado, reflejen el proceso ecológico/servicio ecosistémico estudiado, que sean sensibles a cambios en las presiones que se puedan ejercer y que el indicador proporcione información del estado de otros elementos del ecosistema (recursos o procesos) que no se midan directamente y que de preferencia estén disponibles los datos en los estudios que ha realizado el Proyecto GEF Mixteca. Los indicadores de línea base en el Plan de Manejo de la Cuenca Alta del Río Mixteco se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4.
Indicadores de los Servicios Ecosistémicos

Para mayor detalle de este cuadro ver anexo al final de este documento.

SUBE17	BIENIO				PRESIONES				
	ECOSISTEMA	PROBLEMA	INDICADOR	LÍNEA BASE	UNIDAD	PROBLEMA	INDICADOR	LÍNEA BASE	UNIDAD
SUBE2	MATORRAL	Creación de suelos	Tasa de erosión	04.7-0.74.9	ton/ha	Canastera	Tasa de transformación de material a pastizal	18.7	ton/ha
		Conservación de la cobertura vegetal	Tasa de transformación de material a pastizal			Canastera	Consumo promedio por familia	No existe	mt3
	CAMERO	Creación de suelos	Tasa de erosión	58.7-0.00.74	ton/ha	Canastera	Tasa de transformación de material a pastizal	80.1	ton/ha
		Raja productividad primaria	Producción de biomasa	10.1-0.00.74	Mt/ha/año	Canastera	Tasa de transformación de material a pastizal	80.1	ton/ha
SUBE11	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	Creación de suelos	Tasa de erosión	129.7-0.00.74	ton/ha	Canastera	Tasa de transformación de suelo bajo cultivos a pastizal	18.6	ton/ha
		Conservación de la cobertura vegetal	Tasa de transformación de suelo bajo cultivos a pastizal			Canastera	Consumo promedio por familia	No existe	mt3
		Raja calidad de hábitat	Área por ecosistema	5,158.42	ha	Inventarios	Superficie quemada	No existe	ha
		Crecimiento demográfico	Densidad de población		Habitantes/ha2	Urbanización de los municipios "grandes"	Tasa de transformación de vegetal a zona urbana	158.9	ha
						Estado de agua			
						Buenos pases Yaxosuna		00	
						Cabecera Tlacotalillo		0	
						Cabecera Tlacotalillo		0	
						Cabecera la Jirga		0	
						Cabecera San Antonio		0	
						Pico Lindo-Huixtla		23-20	0
						Formación de agua limpia y sulfatada		3-4	0
							2000		
		Contaminación	Producción diaria de basura	65.4-0.0.9	ton/municipio de Huejapam/ semana	Disposición final de residuos sólidos	Composteo	8.2	%
						Tratamiento de residuos		14.4	
									Total
		Contaminación del agua	Volumen de aguas residuales -Santa María Tlaxiahuac -San Pedro Tlaxiahuac -Santa María Atlix -Hacienda Caltzaco -Acapulco	00	litros	Descarga de aguas residuales y agroquímicos	Volumen de aguas crudas desconectadas		mt3
			Análisis físico-químico y bacteriológico		ppm				
			El 50% de los análisis de QBO está en la categoría de buena calidad y la otra mitad está en las categorías de aceptable y contaminada. El 70% muestra que el TTS está en las categorías de excelente y buena calidad y el 80% está en las categorías de aceptable, satisfactoria y bastante contaminada. El 75% está en la categoría de excelente y el 25% está en la categoría de contaminada.						
		Cambios en las poblaciones faunísticas	Especies amenazadas registradas en la NOM-009 SEMARNAT	2 especies amenazadas y 7 familias o subespecies amenazadas	Número	Cacería furtiva de venados, de aves, cecropiales, NOD, etc., y consumo de fibra de caecales, macremita, etc.	Especies silvestres con uso	No existe	Número
		Cambios en las poblaciones florísticas	Especies amenazadas registradas en la NOM-009 SEMARNAT	No existe	Número	Fito-acabos de sorgo, maíz, frijol y cebada	Especies silvestres con uso	No existe	Número
HACIENDAS	Creación de suelos	Tasa de erosión	04.7-1.0.8	ton/ha		Cambio de uso de suelo (subsuelo)	Capacidad de carga		cabeceras/ha
		Infestación de áreas ganaderas	Crecimiento poblacional	78.77	Número de habitantes	Cambio de uso de suelo	Tasa de transformación de vegetal a zona urbana	129.8	ton/ha
AGRICULTURA	Utilización de áreas agrícolas	Crecimiento poblacional	78.77	Número de habitantes		Cambio de uso de suelo	Tasa de transformación de agrícola a zona urbana	0.0	ton/ha
		Creación de suelos	Tasa de erosión	11.3-0.0.1	ton/ha	Las prácticas de labranza	Superficie de terrenos con prácticas convencionales	1,350	ha

VIII. Análisis de impactos y opciones

Las opciones son una elección que supone la pérdida de una calidad o servicio a cambio de la obtención de otra calidad o servicio. En otras palabras, describe el intercambio en el que se renuncia a una cosa para obtener otra que también se desea (GIZ 2012).

Los compromisos entre actividades económicas y servicios ecosistémicos en la CARM se señalan en el cuadro 5.

Zona	Actividad económica	Impactos en los ecosistemas y los servicios ecosistémicos	Partes interesadas		Opciones
			Ganan	Pierden	
I Zona baja	Producción de caprinos, bovinos, entre otros	Erosión de suelos en pastizales, Matorral y selva secas <ul style="list-style-type: none"> • Forrajes • Regulación de la erosión • Regulación de la fertilidad • Formación de suelos • Producción de biomasa • Agua 	Los pequeños y grandes ganaderos. Los intermediarios y compradores finales.	Pequeños propietarios y comuneros del territorio. Los usuarios de riego, acuicultores, agua potable de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León que se abastecen de la presa Yosocuta.	Controlar la erosión de suelos: -Regulación de las cargas animales. -Establecimiento de leguminosas arbustivas, cercanas a las poblaciones, que abastezcan las necesidades de forraje. -Establecimiento de las acciones de manejo que favorezcan la captación de agua y reduzcan la pérdida de suelo. -Fomentar la creación de módulos demostrativos y fortalecer las escuelas de campo para la capacitación en el manejo de la ganadería
	Venta de la leña	Disminución de la provisión de la leña en bosque de encino, selva secas y pastizales <ol style="list-style-type: none"> 1. Provisión de leña 2. Calidad de hábitat 3. Recarga de acuíferos y flujo base 4. Biodiversidad 	Los usuarios domésticos y comerciales. Los productores de tabique y alfarería	Pequeños propietarios y comuneros del territorio.	Aumentar la provisión de la leña: -Reforestación con especies nativas con potencial forrajero y dendroenergético
	Crecimiento de actividades comerciales y de servicios	Contaminación de cuerpos de agua en selva baja caducifolia y pastizales <ol style="list-style-type: none"> a) Agua limpia y suficiente b) Regulación de plagas y enfermedades 	Los usuarios del drenaje de la Heroica Ciudad Huajuapán de León. Los que disponen de sus residuos sólidos al aire libre.	Habitantes de corriente abajo. Los usuarios de riego, acuicultores, agua potable de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León que se abastecen de la presa Yosocuta.	Mejorar la calidad de agua: -Promoción y fortalecimiento de campañas de educación ambiental -Fortalecimiento y elaboración planes de manejo y gestión de residuos sólidos acorde a las necesidades de los núcleos poblacionales. -Diseño, construcción y rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas residuales y búsqueda de alternativas para pequeños núcleos de población.
	Producción de milpa y hortalizas	Erosión de suelos en áreas agrícolas <ol style="list-style-type: none"> a) Regulación de la erosión b) Regulación de la fertilidad c) Formación de suelos d) Agua limpia y suficiente 	Consumidores intermedios y finales de las hortalizas. Agricultores de corriente abajo.	Pequeños productores de milpa y hortalizas. Los usuarios de riego, acuicultores, agua potable de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León que se abastecen de la presa Yosocuta.	Controlar la erosión de los suelos: -Manejo de sistemas de labranza de conservación que permitan mejorar la calidad del suelo, especialmente en lo relacionado con la retención de humedad y protección contra los factores erosivos. -Manejo de las densidades de población, especialmente el arreglo topológico, tratando de mantener una distribución más uniforme de la plantas sobre el terreno. -Creación de módulos demostrativos y fortalecimiento las escuelas de campo para la capacitación en el manejo agrícola de cultivos de básicos de temporal y de hortalizas bajo riego
II Zona alta	Producción de caprinos, bovinos, entre otros	Erosión de suelos en matorral y bosque de encino <ol style="list-style-type: none"> a) Forrajes b) Regulación de la erosión c) Regulación de la fertilidad d) Formación de suelos e) Producción de biomasa f) Agua 	Los pequeños ganaderos. Los intermediarios y compradores finales.	Pequeños propietarios y comuneros del territorio.	Controlar la erosión de suelos: -Gestión de acuerdos comunitarios para administrar el libre pastoreo, áreas de exclusión y áreas de protección y manejo (ADVC). -Reproducción y comercialización de especies de valor económico (ej. crasuláceas) -Identificación de acciones para incrementar la disponibilidad del agua (infiltración y captación)
	Venta de la leña	Disminución de la provisión de leña en bosque de encino y Matorral <ol style="list-style-type: none"> I. Provisión de leña II. Calidad de hábitat III. Recarga de acuíferos y flujo base IV. Biodiversidad 	Los usuarios domésticos y comerciales.	Pequeños propietarios y comuneros del territorio	Aumentar la provisión de la leña: -Reforestación con especies nativas con potencial forrajero y dendroenergético

IX. Caudal ecológico

El caudal ecológico es “un instrumento de gestión que establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad” (WWF, 2012). Está basado en el principio de la condición natural del régimen hidrológico y el gradiente de la condición biológica, que tiene por objeto establecer un régimen para sostener a los ecosistemas, el uso del agua y las necesidades de almacenamiento a lo largo del año (Secretaría de Economía, México, 2012).

El Proyecto GEF Mixteca determinó el caudal ecológico en el Río Mixteco teniendo en cuenta la importancia ecológica, el índice de extracción de agua, el estado de conservación deseado y el objetivo ambiental, y de esta manera establecer límites de extracción sostenibles con sentido ecológico.

Con base en el Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Región Hidrológica número 18 Balsas, publicado en el Diario Oficial de la Federación en 26 de enero de 2011, en la cuenca del Río Mixteco el volumen medio anual del escurrimiento natural es de 874.3 millones de metros cúbicos y el volumen anual actual comprometido aguas abajo es de 1016.4 millones de metros cúbicos. Es decir no hay disponibilidad de agua superficial ya que el volumen comprometido es mayor al escurrimiento medio anual, existe un déficit.

Desde 1940, existe una veda para el uso consuntivo de aguas superficiales en la cuenca del Río Mixteco; ya que está comprometida aguas abajo para la generación de energía hidroeléctrica. A pesar de que el río está sobre-asignado, el agua sigue fluyendo, ya que no es un uso consuntivo; esta veda y la prohibición ha jugado a favor de la conservación del ecosistema. En marzo de 2011, se hizo una excepción y se decretó que una parte podría ser consumida para uso doméstico y urbano (aproximadamente 2.65% de la disponibilidad de agua superficial media anual) (Comisión Nacional del Agua, México, 2011b; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 2011a, 2011b). Sólo una pequeña fracción de agua fue asignada, pero la demanda está creciendo y también lo hace la presión sobre el agua subterránea.

Los cálculos de caudal ecológico para la cuenca del Río Mixteco se hicieron mediante la aproximación hidrológica establecida en la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 utilizando la metodología propuesta por la Alianza entre el WWF y la Fundación Gonzalo Río Arronte IAP (FGRA) en el Apéndice D de la Norma Mexicana NMX (Secretaría de Economía, México, 2012); se determinó con datos diarios históricos (1953-1967 y 1979-2003, 39 años en total) de la estación de aforo El Fraile (18434).

El volumen final de caudal ecológico en la cuenca del Río Mixteco sería entre el 19.16% (166.12 millones de metros cúbicos al año) y el 27.31% (236.75 millones de metros cúbicos al año) del escurrimiento medio anual. Esto representa entre el 16.34% y el 23.29% del volumen anual actual comprometido aguas abajo. El caudal ecológico no implica un uso consuntivo, el agua no dejaría de correr, y no se resta al usuario final; sólo estaría reservado para garantizar los servicios ecosistémicos en la cuenca.

El Proyecto GEF Mixteca hizo una evaluación preliminar, la cual representó un gran reto debido a la falta de datos históricos y de información sobre el río y su biodiversidad. Para esta primera aproximación, el caudal ecológico se determinó mediante el estudio de los registros históricos de una estación de hidrométrica, ubicada a la salida de la cuenca del Río Mixteco; sin embargo sería conveniente hacer una evaluación para cada afluente, especialmente el norte-oriental, donde se ubica la presa y dónde se presentan procesos erosivos más graves. Es necesario buscar un modelo de precipitación-escurrimiento para simular los datos hidrométricos faltantes; llenar los vacíos de información y contar con una estimación científica sólida de caudal.

Los ríos ofrecen varios bienes y servicios ecosistémicos, por ello se debe estar consciente de que la asignación de agua para el ecosistema será benéfica para todos, por eso debe existir un equilibrio entre los usos de la sociedad y las necesidades de los ecosistemas.

X. Consideraciones finales

Debido a la necesidad del desarrollo de un Sistema de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Planificación Integrada de la Cuenca del Río Mixteco, el Proyecto GEF Mixteca en coordinación con sus socios y aliados, propone la implementación de un plan de manejo sostenible para la cuenca.

La aprobación e implementación del Plan de Manejo propuesto, requiere la participación y la apropiación del proceso por parte de los directamente involucrados. Todas las partes interesadas, los tomadores de decisiones, los usuarios, el gobierno, los científicos y la sociedad, deben trabajar hacia obtener consensos sustanciales para destacar la necesidad de integrar la conservación de la biodiversidad en el uso de recursos naturales y la planificación del desarrollo en la región Mixteca de Oaxaca, la integración de herramientas de los servicios ecosistémicos y los medios de vida sostenibles. Esto se logrará a través de la implementación de los procesos de restauración de ecosistemas incluyendo la reforestación con plantas características de cada tipo de vegetación, la gestión de residuos sólidos, la reducción de la sedimentación y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; la mejora y la aplicación de buenas prácticas para con el medio ambiente, a fin de mantener la productividad del suelo, contar con agua en cantidad suficiente y de calidad, así como con la biodiversidad en la región.

XI. Referencias bibliográficas

- Alternativas y Procesos de Participación Social AC. 2007. Detección de sitios potenciales de recarga de mantos acuíferos para la cuenca tributaria Yosocuta. 42 p.
- Álvarez, O.G.; Sustaita R.F.; Bautista S. G.; Pedro S. EC.; Cisneros C. C.; Licona M. BIG. 2010. Estudio para la delimitación de microcuencas de Guadalupe Cuauhtepéc San Juan Bautista Suchitepec. UTM-CONANP. 137 p.
- Armenteras P.d. y Morales R.M. 2010. Manual de capacitación para EAI vol. 2. Aplicación del enfoque ecosistémico en la Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI). Ciudad de Panamá, PNUMA. 60 p.
- Balvanera, P.; Cotler H. 2007. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas. México, UNAM-INE. 6 p.
- Blanco, A. A.; S. Martínez R.; O. Sánchez P.; E. C. Pedro S.; A. Rubio S.; R. Morales L.; C. Cisneros C. y F. Sustaita R. 2001. Aplicación de un modelo de balances hídricos en la cuenca del río Mixteco (Oaxaca). Determinación del binomio infiltración/escurrecimiento con vistas a la reconstrucción de sus ecosistemas forestales. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca, México. 250 p.
- Carpenter, SR; Mooney, HA; Agard, J; Capistrano, D; DeFries, R; Díaz, S; Dietz, T; Duriappah, A; Oteng-Yeboah, A; Pereira, HM; Perrings, C; Reid, WV; Sarukhan, J; Scholes, RJ; Whyte, A. 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Evaluation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 1305-1312.
- Casanoves, F.; Pla L.; Di Rienzo JA. 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Turrialba Costa Rica, CATIE. 105 p.
- Cisneros, C, C; Alvarez O, G; Pedro S, EC. 2009. Informe técnico: monitoreo de la calidad del agua en la población de San Marcos Arteaga y río Mixteco. Oaxaca México, Conanp-UTM. 58 p.
- Comisión Nacional del Agua (México) (2011a). Levantamiento topobatómico de la Presa Yosocuta; México
- Comisión Nacional del Agua (México) (2011b). Lineamientos y demás disposiciones a que se sujetará el aprovechamiento de las aguas nacionales para la Región Hidrológica número 18 Balsas. México.
- Comisión Nacional del Agua (México) (2011c). Calidad de agua en la Cuenca del Río Mixteco en Oaxaca. Medio Magnético.
- Díaz R.P. y Balvanera L.P. 2013 (inédito). Identificación de interacciones entre servicios ecosistémicos y entre actores en la Cuenca Alta del Río Mixteco. Tesis de licenciatura. Morelia México, UNAM. Medio magnético.
- Fernández R. DS. 2012. Priorización Hidrológica de las Principales Asociaciones Suelo-Vegetación Presentes en la Cuenca del Río Mixteco, Estado de Oaxaca. Oaxaca México, WWF-Proyecto GEF Mixteca. 152 p.
- Galán, C.; Balvanera P.; Castellarini F. 2012. Políticas públicas hacia la sustentabilidad: Integrando la visión ecosistémica. México, CONABIO. 109 p.
- GIZ. 2012. Integración de los servicios de los ecosistémicos en la planificación del desarrollo: un enfoque sistemático en pasos para profesionales basado en TEEB. 83 p.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2003. Ecosistemas y Bienestar humano: Marco para la Evaluación. Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Washington DC USA, Millennium Ecosystem Assessment. 31 p.
- Moreno, R.G. 2007. Diagnóstico de las obras de restauración de suelos en las comunidades de la Cuenca de Yosocuta Oaxaca México. SEMARNAT-CONANP. 109 p.
- Ríos, S. GA. 2012. Dinámicas de cambio de las cubiertas de uso de suelo en la Mixteca. Oaxaca México, World Wildlife Fund Inc. 39 p. Secretaría de Economía (México) (2012). NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico. México, Diario Oficial de la Federación: 20/09/2012.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México) (2011a). Acuerdo por el cual se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Región Hidrológica número 18 Balsas. México, Diario Oficial: 26/01/2011.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México) (2011b). Decreto por el que se modifican los diversos por los que se constituyen reservas de aguas nacionales y se establece en una veda en la Región Hidrológica número 18 Balsas. México, Diario Oficial: 22/03/2011.
- Sustaita, R.F.; Licona, M. BIG.; Pedro, S. CE. Cisneros, C. C.; Álvarez, O.G.; Bautista, S.G. 2009. Estudio técnico de impacto de las obras de conservación de suelos y agua en la cuenca de la presa Yosocuta. UTM-Conanp, México. 35 p.
- World Wildlife Fund Inc. (2012). Caudal ecológico. Fact sheet Octubre 2010, WWF México, México.