



Artículo / Article

## Diagnóstico de los Servicios Ecosistémicos en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México

### Diagnosis of the Ecosystem Services in *El Triunfo* Biosphere Reserve, *Chiapas, México*

Walter López Báez<sup>1</sup>, Byrom Gonzalo Palacios Herrera<sup>2</sup> y Roberto Reynoso Santos<sup>1</sup>

#### Resumen

La Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI) está en riesgo por el desconocimiento e inadecuada valoración de los importantes servicios ecosistémicos (SE) que brinda; la falta de información sobre el particular limita el diseño de estrategias para su permanencia. El objetivo de este estudio consistió en diagnosticar la oferta, las amenazas y las estrategias de conservación de los SE que proporciona el lugar, a partir de una microcuenca representativa. Se desarrolló en cuatro etapas: recopilación de información disponible; caracterización de los SE a través de cinco talleres y 61 entrevistas con la participación de la población local; generación de imágenes de interés y, validación y retroalimentación de los resultados por los pobladores locales. Se identificaron ocho tipos de SE, entre los que destacan los alimentos, las fibras y los combustibles, así como la formación y retención de suelos. Los bosques (61 % del territorio) son prioritarios para el abastecimiento de SE. El incremento de la frontera agropecuaria, el crecimiento poblacional, las lluvias intensas e irregulares y los incentivos gubernamentales son las principales amenazas de estos ecosistemas. Entre las estrategias para garantizar el suministro de los SE destacan los pagos por servicios ambientales, acuerdos comunitarios e intercomunitarios para la preservación de los recursos, limitación de las quemas agropecuarias, prácticas de conservación de suelos cultivados, incremento del capital humano y social, además del mejoramiento de la eficiencia del uso agropecuario de la tierra.

**Palabras clave:** Área natural protegida, bosque mesófilo de montaña, conservación de recursos naturales, cuenca, Reserva de la Biósfera El Triunfo, servicios ecosistémicos.

#### Abstract

*El Triunfo* Biosphere Reserve (REBITRI) is at risk due to ignorance and the inadequate assessment of the important ecosystem services (SE) that it provides; the lack of information on the subject limits the design of strategies for their permanence. The aim of this study was to diagnose the offer, threats and conservation strategies of the SE that the reserve brings, from a representative watershed. It was developed in four stages: gathering available information; SE characterization through five workshops and 61 interviews with the participation of the local population; production of images of interest and, validation and feedback of results by local villagers. Eight types of SE, among which are the food, fiber and fuel and soil formation and retention were identified. Forests (61 % of the territory) are a priority supply of SE. The increase of the agricultural frontier, population growth, intense and erratic rains and government incentives are the main threats to forests. Among the strategies to ensure the supply of forest SE include payments for environmental services, community agreements and intercommunity for the preservation of resources, limiting agricultural burning, conservation practices cultivated soils, increase of human and social capital and improving the efficiency of land use for agricultural use.

**Key words:** Protected area, tropical montane cloud forest, natural resources conservation, watershed, *El Triunfo* Biosphere Reserve (REBITRI), ecosystem services.

Fecha de recepción/Received date: 15 de junio de 2015; Fecha de aceptación/Accepted date: 11 de enero de 2016.

<sup>1</sup> Campo Experimental Centro de Chiapas, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, INIFAP. México. Correo-e: lopez.walter@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Área Agropecuaria y de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

## Introducción

En los últimos 50 años el hombre ha cambiado drásticamente los ecosistemas, más que en ningún otro tiempo comparable de la historia. En dicho período se generaron considerables ganancias netas en el bienestar humano y el desarrollo económico, a expensa de una alta degradación (en algunos casos irreversible) de la biodiversidad sobre el planeta, situación que según la *Millenium Ecosystem Assessment* (2005) se hará más evidente a la mitad del siglo XXI. El cambio climático es una de las grandes consecuencias derivado, principalmente, del consumo de energía fósil y de la modificación de uso de suelo (Caparros, 2007; Galindo, 2009). Algunas medidas estratégicas para mitigar tal problema es reducir la deforestación, y fomentar la conservación de las áreas naturales protegidas por ser una manera altamente rentable de disminuir las emisiones de carbono (Stern, 2007).

La Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI) se decretó como tal en el año 1992 y, en el contexto mundial, se le considera como un área importante para la provisión de una amplia gama de servicios a la sociedad y regulaciones ecosistémicas en el planeta (Conanp, 2010).

López *et al.* (2011) confirman lo anterior para los recursos hídricos. Por su ubicación en la cadena montañosa y su privilegiada cobertura vegetal de bosque mesófilo de montaña, capta una gran cantidad de lluvia que la convierte en la principal fuente de abastecimiento del vital líquido y en una zona clave para la regulación de los riesgos por inundaciones en las zonas bajas, en ambos lados de la Sierra Madre de Chiapas.

Paradójicamente, su permanencia está amenazada, debido al desconocimiento e inadecuada valoración que la sociedad y los tres niveles de gobierno mexicano hacen de los servicios ecosistémicos (SE) que oferta, los cuales son aprovechados para su bienestar sin que exista reconocimiento y mucho menos pago por utilizarlos; y, también, por la falta de estudios que demuestren los beneficios que derivan de la conservación de esta reserva. Situación que provoca sobreexplotación de los recursos naturales, con lo que se pone en riesgo el flujo sostenido de los SE a través del tiempo, si es que no se destruye definitivamente (FAO, 2008).

El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico participativo sobre la oferta, amenazas y estrategias de conservación de los SE en una microcuenca representativa de la REBITRI, con el propósito de identificar estrategias de manejo y conservación con potencial de aplicarse a nivel de toda la reserva.

## Introduction

In the last 50 years, man has drastically changed ecosystems more than at any other comparable time in history. During this period substantial net gains in human welfare and economic development were accomplished, at the expense of a high degradation (sometimes irreversible) of biodiversity on the planet, a situation that according to the *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), will become more evident during half of the XXI<sup>st</sup> century. Climate change is one of the great consequences, mainly due to the consumption of fossil fuels and land use change (Caparros, 2007; Galindo, 2009). Some policy measures to mitigate this problem is to reduce deforestation and promote the conservation of protected natural areas to be a highly cost effective way to reduce carbon emissions (Stern, 2007).

The *El Triunfo* Biosphere Reserve (REBITRI) was declared as such in 1992 and in the global context, it is considered an important area for the provision of a wide range of services to society and ecosystem regulations on the planet (Conanp, 2010).

López *et al.* (2011) confirms lo anterior the above for water resources. Because of its location in the mountain range and its unique vegetation cover of tropical montane cloud forest, it captures a lot of rain that becomes the main source of water supply and a key area for regulating the risks of flooding downstream on both sides of the *Sierra Madre de Chiapas*.

Paradoxically its existence is threatened due to ignorance and inadequate valuation that society and the three levels of Mexican government make of what the ES (Ecosystem Services) offer, which are utilized for their welfare without any recognition, much less pay per use; and also by the lack of studies showing the benefits derived from the conservation of this reserve. This situation leads to overexploitation of natural resources, which put at risk the sustained flow of ES over time, if not permanently destroyed (FAO, 2008).

The aim of this study was to conduct a participatory assessment of the offer, threats and conservation strategies of the SE in a representative watershed of the REBITRI, in order to identify management strategies and conservation potential applied at the level of the entire reserve.

## Materials and Methods

### Location and description of the study area

The research was conducted in the *La Suiza* watershed located in *Guerrero and Mapastepec* municipalities, in the state of *Chiapas*, Mexico (Figure 1), with a total area of 6 083.22 ha and a perimeter of 37.48 km. A large percentage of its territory (85.32 %) is located within the polygon of the *El Triunfo* Biosphere Reserve



## Materiales y Métodos

### Localización y descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la microcuenca La Suiza, localizada en los municipios Montecristo de Guerrero y Mapastepec, en el estado de Chiapas, México (Figura 1); con una superficie total de 6 083.22 ha y un perímetro de 37.48 km. Un gran porcentaje de su territorio (85.32 %) se ubica dentro del polígono de la Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI) en la cima de la Sierra Madre de Chiapas (Gutiérrez, 2013). Ahí prevalece un clima semicálido húmedo y templado húmedo (INE, 1998), con altitudes entre los 1 000 a 2 600 m, una precipitación anual de 2 000 a 3 000 mm en la parte baja y de 2 500 a 4 500 mm en la parte alta, distribuida entre los meses de abril a octubre. La temperatura promedio anual es de 18 a 22 °C en la porción baja y de 12 a 18 °C en la alta.

La microcuenca reúne a una población aproximada de 1 300 habitantes, que se distribuye en ejidos y propiedades privadas; es representativa de la REBITRI en cuanto a la alta marginación social, los problemas de deterioro (baja productividad de las actividades productivas, deforestación creciente, erosión de los suelos, etcétera) y de los daños frecuentes y cada vez más severos, ocasionados por precipitaciones extremas (López et al., 2012).

(REBITRI) on top of the *Sierra Madre de Chiapas* (Gutiérrez, 2013). Here prevails a wet and temperate semi-warm climate humid (INE, 1998), with altitudes between 1 000-2 600 m, an annual rainfall of 2 000-3 000 mm on the bottom and from 2 500 to 4 500 mm at the top, distributed from April to October. The annual average temperature is 18 to 22 °C at the bottom and 12 to 18 °C at the top.

The microwatershed gathers a population of 1 300 inhabitants, distributed in *ejidos* and private property; it is representative of the REBITRI in terms of high social marginalization, problems of deterioration (low productivity of productive activities, increasing deforestation, soil erosion, etc.) and frequent damage and increasingly more severe, caused by extreme precipitation (López et al., 2012).

### Identification and assessment of ecosystem services

The proposed methodology to study the ES of REBITRI includes four phases (Figure 2).

Stage 1. It consisted of collecting available information on the study area, such as studies, stakeholders, fire and floods statistics, as well as government projects.

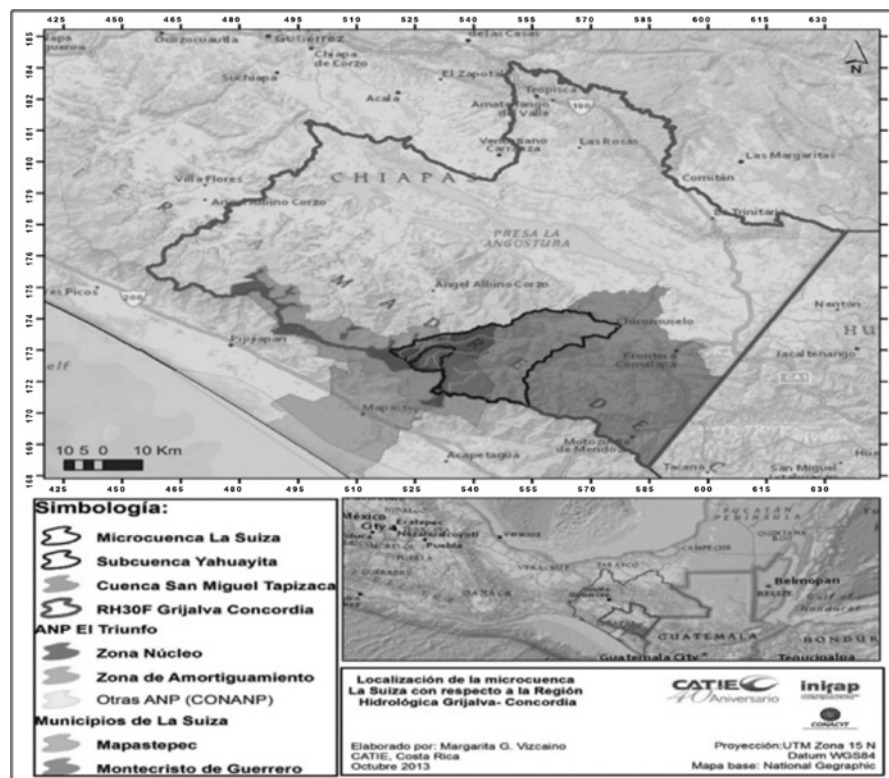


Figura 1. Localización del área de estudio: microcuenca La Suiza, Chiapas.

Figure 1. The study area; *La Suiza* microwatershed, *Chiapas* State.

## Identificación y evaluación de los Servicios Ecosistémicos

La propuesta metodológica para estudiar los SE de la REBITRI consta de cuatro fases (Figura 2).

Stage II. During this time field data on the ES (types, provider actors, areas where they are generated, threats and possible strategies) were obtained through the completion of five participatory workshops and application of 61 interviews with

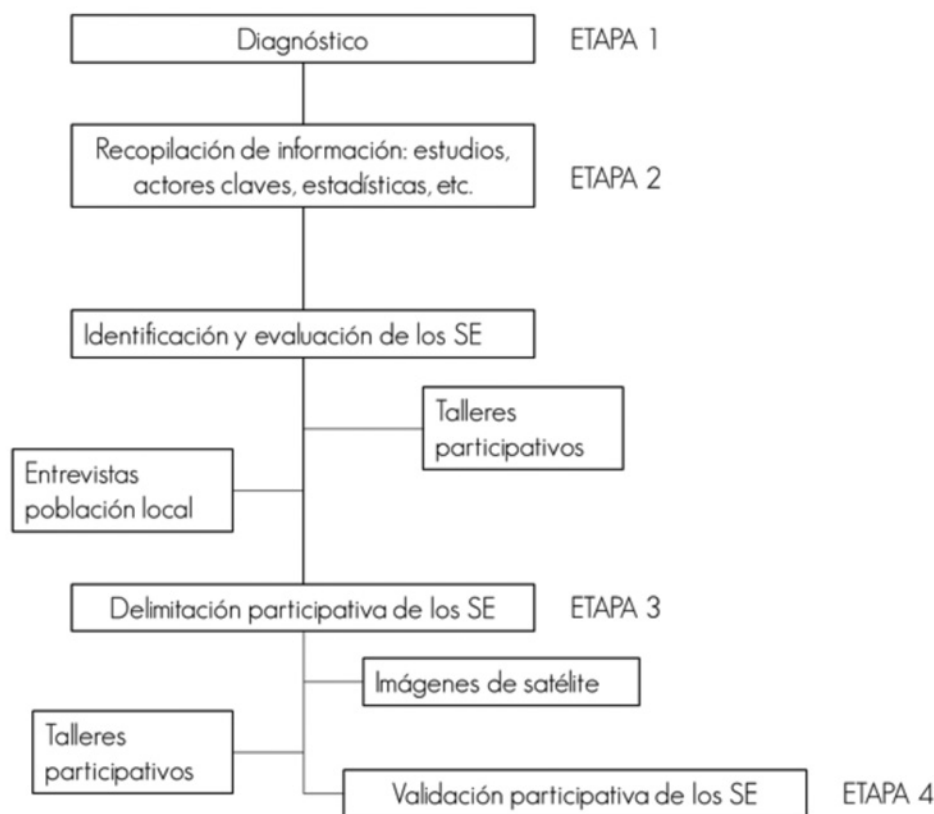


Figura 2. Propuesta metodológica para estudiar los Servicios Ecosistémicos de la Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI).

Figure 2. The proposed methodology to study the ES of *El Triunfo* Biosphere Reserve (REBITRI).

Etapa I. Consistió en recopilar información disponible sobre la Reserva, como estudios, actores claves, estadísticas de incendios o inundaciones y proyectos gubernamentales.

Etapa II. En este lapso se obtuvieron datos de campo sobre los SE (tipos, actores proveedores, áreas donde se generan, amenazas y posibles estrategias) a través de la realización de cinco talleres participativos y aplicación de 61 entrevistas a la población local. Los SE fueron identificados y priorizados con base en la percepción local y, posteriormente, clasificados en los grupos de SE propuestos por la *Millenium Ecosystem Assessment* (2005): Culturales, que incluyen los SE relacionados con la espiritualidad, la educación y la recreación; los de Regulación, que se refieren a la estabilidad climática, la regulación de enfermedades y erosión; los de Provisión, que consideran los alimentos, el agua, maderas, fibras, etcétera; y los de Sustento, que están asociados a los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento de los ecosistemas y el flujo de los otros SE, por ejemplo, la producción primaria y la biodiversidad.

the local population. The ES were identified and prioritized based on local perceptions and subsequently classified in groups of ES proposed by the Millennium Ecosystem Assessment (2005) identified as: Cultural, including the ES related to spirituality, education and recreation; Regulation, which refers to climatic stability, disease regulation and erosion; Provision, which considers food, water, timber, fiber, etc., and Sustenance which are those that are associated with basic ecological processes that ensure the functioning of ecosystems and the flow of the others, for example, primary production and biodiversity.

Stage III. During this phase, and with the participation of the population, images of the watershed and communities, ES-generating areas, vulnerable areas to threats and conflict zones were defined. With the support of a GPS and maps of the communities, the limit points were taken in the image of interest (López *et al.*, 2012); and subsequently supported by the ArcGis 9.3 program and the digital elevation model (DEM) of 90 m resolution downloaded directly from the of SRTM DEM NASA

Etapa III. Con la participación de la población se delimitaron las imágenes de la microcuenca y las comunidades, las áreas generadoras de SE, las áreas vulnerables a las amenazas y las zonas de conflicto. Con el apoyo de un geoposicionador satelital (GPS) y los mapas de las comunidades se tomaron los puntos límites (López *et al.*, 2012); a continuación, con el apoyo del programa ArcGis 9.3 y el modelo de elevación digital (DEM) de 90 m de resolución descargado directamente de la página web de SRTM DEM de la NASA (Jarvis *et al.*, 2008), se obtuvieron las imágenes. En particular, las áreas vulnerables se definieron a partir de la identificación de las zonas de conflicto, donde la pendiente del terreno es mayor de 30 %, el uso del suelo es el agropecuario, y son altos los riesgos de deslizamientos y erosión (Cubero, 2001; CNTP, 2003).

Etapa IV. Se presentaron los resultados en las reuniones de asamblea comunitarias, con el propósito de que fueran validados por la población o, en su caso, recibir retroalimentación.

## Resultados y Discusión

### Delimitación de territorios e identificación de SE

Dentro de las 6 083.22 ha de la microcuenca La Suiza existen 11 territorios generadores de SE, de los cuales tres son ejidos que ocupan 46 % de la superficie, cuatro localidades con otros tipos de tenencia que cubren 45 % y cuatro propiedades privadas que suman 9 % del área. El ejido Toluca es el de mayor extensión con 2 662.7 ha, que equivale a 39.7 % de la microcuenca. Con excepción de Nueva Colombia y Laguna del Cofre el resto de los territorios tienen sus núcleos de población en el interior de la misma.

page (Jarvis *et al.*, 2008), the images were obtained. Particularly vulnerable areas were defined from the identification of areas of conflict where the slope is greater than 30 %, and land use is agriculture and game, in which there are high risks of landslides and erosion (Cubero, 2001; CNTP, 2003).

Stage IV. In this last part the results of the meetings obtained from the community assembly were presented, with the aim of validating them by the population or, when appropriate, to receive feedback.

## Results and Discussion

### Delimitation of territories and identification of ES

Within the 6 083.22 ha of *La Suiza* watershed there are 11 ES generating territories, of which three are *ejidos* that cover 46 % of the area, four locations with other types of tenure covering 45 % and four private properties totaling 9 % of the area. The *Toluca ejido* is the most extensive with 2 662.7 ha, equivalent to 39.7 % of the watershed. With the exception of *Nueva Colombia* and *Laguna del Cofre* the rest of the territories have their villages within it.

Figure 3 and Table 1 show the spatial distribution and statistics of the different land uses in the watershed, which were defined with the participation of each of the communities. Forests cover 55.7 and coffee cultivation 37.2 % of the total area.

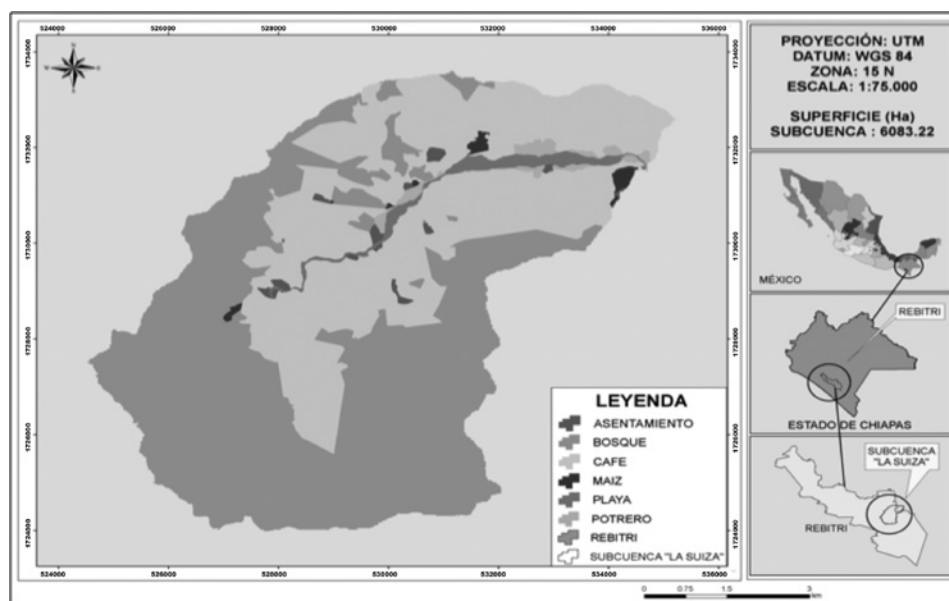


Figura 3. Uso actual del suelo en la microcuenca La Suiza, Chiapas.  
Figure 3. Present land use in *La Suiza* microwatershed, Chiapas State.

La Figura 3 y el Cuadro 1 muestran la distribución espacial y las estadísticas de los diferentes usos del suelo, los cuales fueron delimitados con la participación de cada una de las comunidades. Los bosques ocupan 55.7 % y el cultivo de café 37.2 % de la superficie total de la microcuenca.

In order of importance, forest areas followed by planted with coffee were identified by the population as strategic for generating eight ES (Table 2), of which four belong to the group of Support, two to the Supply and two to Regulation. Particularly

Cuadro 1. Superficie por uso del suelo según territorios proveedores en la microcuenca La Suiza, Chiapas.

Territorios proveedores	Superficie por uso del suelo (ha)						Total
	Bosque	Potrero	Café	Maíz	Centros población	Playa	
<i>Ejidos</i>							
Toluca	1822.80	148.88	414.21	5.55	22.26	0.00	2413.69
Monte virgen	46.02	0.00	54.72	0.00	3.08	0.00	103.82
Puerto Rico	53.59	0.00	260.90	11.88	8.58	0.00	334.95
Subtotal	1922.41	148.88	729.83	17.43	33.91	0.00	2852.46
<i>Propiedades Privadas</i>							
Candelaria	76.06	12.82	117.00	2.64	2.12	8.92	219.56
El Triunfo	49.75	0.00	93.50	0.00	0.00	0.00	143.24
Los Alpes	39.61	0.00	103.18	0.00	0.00	0.00	142.79
Vista Alegre	0.00	0.00	22.15	9.26	3.13	0.00	34.53
Subtotal	165.42	12.82	335.82	11.90	5.25	8.92	540.13
<i>Otros Dueños</i>							
Laguna, Finca La Suiza	1014.12	57.26	688.70	11.02	2.53	76.36	1849.98
Nacional	261.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	261.98
Nueva Colombia	14.74	0.00	44.58	0.00	0.00	0.00	59.32
Zapata-Joyas	10.59	7.11	464.37	0.00	10.26	27.04	519.37
Subtotal	1301.43	64.37	1197.65	11.02	12.80	103.40	2690.66
Total	3389.25	226.07	2263.30	40.35	51.96	112.3	6083.20

Table 1. According to the providing territories in La Suiza microwatershed, Chiapas State.

Providing territories	Area per land use (ha)						Total
	Forest	Fallow land	Coffee	Maize	Towns	Beach	
<i>Ejidos</i>							
Toluca	1822.80	148.88	414.21	5.55	22.26	0.00	2413.69
Monte virgen	46.02	0.00	54.72	0.00	3.08	0.00	103.82
Puerto Rico	53.59	0.00	260.90	11.88	8.58	0.00	334.95
Subtotal	1922.41	148.88	729.83	17.43	33.91	0.00	2852.46

Continúa Cuadro 1...



Continúa Cuadro 1...

Private Properties							
<i>Candelaria</i>	76.06	12.82	117.00	2.64	2.12	8.92	219.56
<i>El Triunfo</i>	49.75	0.00	93.50	0.00	0.00	0.00	143.24
<i>Los Alpes</i>	39.61	0.00	103.18	0.00	0.00	0.00	142.79
<i>Vista Alegre</i>	0.00	0.00	22.15	9.26	3.13	0.00	34.53
Subtotal	165.42	12.82	335.82	11.90	5.25	8.92	540.13
Other Owners							
<i>Laguna, Finca La Suiza</i>	1014.12	57.26	688.70	11.02	2.53	76.36	1849.98
<i>Nacional</i>	261.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	261.98
<i>Nueva Colombia</i>	14.74	0.00	44.58	0.00	0.00	0.00	59.32
<i>Zapata-Joyas</i>	10.59	7.11	464.37	0.00	10.26	27.04	519.37
Subtotal	1301.43	64.37	1197.65	11.02	12.80	103.40	2690.66
Total	3389.25	226.07	2263.30	40.35	51.96	112.3	6083.20

En orden de importancia, las áreas de bosques seguida por las sembradas con café fueron señaladas por la población como estratégicas para la generación de ocho SE (Cuadro 2), de los cuales cuatro corresponden al grupo de Sustento, dos al de Provisión y dos al de Regulación. Llama la atención la ausencia de reconocimiento de los SE denominados Culturales que están relacionados con la espiritualidad, la educación y la recreación.

La percepción comunitaria sobre el valor de los bosques en la generación de SE coincide con la premisa de que estas asociaciones constituyen uno de los biomas más importantes del mundo, por los bienes y servicios que proporcionan (Benites *et al.*, 2007). Sobre la provisión de agua su concepción es acorde con lo señalado por López *et al.* (2011), de que, dentro de la REBITRI la capacidad de infiltración de una hectárea es de 2.0 a 2.5 veces superior a una hectárea fuera de ella.

Destaca que 33.3 % de los entrevistados (n=61) no identificó ningún tipo de beneficiario de los SE; tal es el caso de la propiedad privada Vista Alegre, que se ubicó en su totalidad en ese porcentaje, lo cual evidenció el desconocimiento que la población tiene sobre los SE y sus beneficiarios. El resto, 66.7 %, considera a la familia como el principal beneficiario, seguido por la localidad, la microcuenca, el municipio, el estado, el país y el mundo.

striking is the absence of recognition of the ES known as Cultural that are related to spirituality, education and recreation.

Community perception of the value of forests in generating ES agrees with the premise that these associations are one of the most important biomes of the world for the goods and services they provide (Benites *et al.*, 2007). The water supply conception is consistent with that reported by López *et al.* (2011) that, within the REBITRI, the infiltration capacity of one hectare is between 2.0-2.5 times greater than one hectare out of it.

It is worth noting that 33.3 % of those interviewed (n = 61) did not identify any kind of beneficiary of the ES; such is the case of Vista Alegre private property, which stood entirely in this percentage, which showed that the ignorance of the population is on the ES and its beneficiaries. The rest, 66.7 %, considers family as the primary beneficiary, followed by the town, the watershed, the city, the state, the country and the world.

No statistically significant association between providers and types of beneficiaries of the ES or between types of actors and types of ES was found, since the *P* value of the  $\chi^2$  of the statistic was 0.2980 for the first one and 0.0647 for the second. That is, both private properties and the *ejidos* are unaware of the ES as well as the areas where they are generated.



No se obtuvo asociación estadística significativa entre los proveedores y tipos de beneficiarios de los SE, ni entre tipos de actores y tipos de SE, ya que el valor *P* del estadístico  $\chi^2$  fue de 0.2980 para el primero y de 0.0647 para el segundo. Es decir, tanto las propiedades privadas como los ejidos desconocen los SE, así como las áreas donde se generan.

*Toluca ejido* excelled in identifying more types of beneficiaries. In order of importance the most frequently identified ES by the population were food, fiber and fuel, formation and retention of soil, erosion control, provision of fresh water and habitat. Although the population does not directly use the ES "formation and retention of soil" as with other such services,

Cuadro 2. Bienes y servicios ecosistémicos identificados por los actores locales en la microcuenca La Suiza, Chiapas.

Grupo ambiental	Función ambiental	Bien ecosistémico	Servicio ecosistémico
Servicios de sustento	Función de refugio	Ecosistemas naturales	Provisión de hábitat para diversidad biológica
	Secuestro de carbono en suelo y biomasa	Ecosistemas naturales, plantaciones (café) y cultivos (frijol)	Producción primaria
	Ambiente sano	Cobertura vegetal	Producción de oxígeno atmosférico
	Desaceleración de los flujos y disminución de turbulencia del agua	Ecosistemas naturales Bosque y cobertura vegetal	Formación y retención de suelos
Servicios de provisión	Producción de materia prima	Ecosistemas naturales y cobertura vegetal	Alimentos, fibras y combustibles
	Reducción de salinidad	Ecosistemas naturales	Agua dulce
	Provisión de agua	Cobertura vegetal	
Servicios de regulación	Prevención de disturbios	Ecosistemas naturales	Control de erosión
		Bosque árboles	Protección contra riesgos naturales
		Cobertura vegetal	

Fuente: Adaptado de Kandus *et al.* (2010).

Table 2. Ecosystem goods and services identified by local actors in *La Suiza* microwatershed, *Chiapas* State.

Environmental group	Environmental function	Ecosystem goods	Ecosystem service
Support services	Refugee function	Natural ecosystems	Habitat provision for biological diversity
	Carbon sequestration in soil and biomass	Natural ecosystems, plantations (coffee) and crops (beans)	Primary production
	Healthy environment	Vegetal cover	Atmospheric oxygen production
	Flow deceleration and decrease of water turbulence	Natural ecosystems Forest and vegetal cover	Soil formation and retention
Supply services	Raw material production	Natural ecosystems and vegetal cover	Food, fiber and fuel
	Salinity reduction	Natural ecosystems	Sweet water
	Water provision	Vegetal cover	
Regulation services	Disturb prevention	Natural ecosystems	Erosion control
		Forest and trees	Natural risk protection
		Vegetal cover	

Source: Adapted from Kandus *et al.* (2010).



El ejido Toluca sobresalió en la identificación de más tipos de beneficiarios. En orden de importancia, los SE identificados con mayor frecuencia por la población fueron los alimentos, las fibras y los combustibles, la formación y retención de suelos, el control de la erosión, la provisión de agua dulce y el hábitat. Aunque la población no utiliza directamente el SE "formación y retención de suelos" como sucede con otros servicios de este tipo, lo señala como prioritario ya que está directamente relacionado con el cultivo de café, de maíz y de frijol que constituyen sus principales recursos alimentarios, lo que es aún más significativo por la poca superficie productiva que tienen disponible, por estar dentro de la Reserva de la Biósfera El Triunfo.

Al relacionar el uso del suelo y los SE de mayor frecuencia, se confirma que los bosques son áreas prioritarias para la formación y retención de suelo y que el suelo, por almacenar nutrientes, humedad y sustentar el funcionamiento de las plantas es un recurso estratégico para la producción de alimentos, fibras y combustibles.

Los ejidos son los principales territorios que proveen los SE identificados, pues son propietarios de 57 % (1 922.4 ha) del área total de bosques, de los cuales Toluca aporta 95 % (ocupa 75.52 %), Puerto Rico 2.8 % (16.0 %) y Monte Virgen 2.2 % (44.33 %) (Cuadro 1). En estos ejidos se administran los recursos naturales renovables de acuerdo a sus usos y costumbres en apego con las leyes ambientales del país, lo cual, en cierta manera, permite que se desarrolle una gestión eficaz sobre su uso y manejo. Sin embargo, en las comunidades Vista Alegre, Emiliano Zapata y Puerto Rico, los datos del Cuadro 1 indican que la presión por el cambio de uso del suelo para cultivar café, maíz y frijol ha disminuido significativamente las áreas con bosques; en el primer caso no existen, en el segundo solo quedan relictos (10 ha), y en el tercero aún se conservan 53.5 ha.

Las 3 389.25 ha de bosques consideradas como estratégicas en la provisión de SE están integradas por matorral perennifolio de neblina, bosque lluvioso de montaña, bosque perennifolio de neblina, bosque de pino-encino-liquidámbar, bosque de pino - encino y bosque de galería y ripario (Rzedowski, 2006). Estos son únicos en el mundo y su distribución en México no supera los dos millones de hectáreas (aproximadamente 1 % del territorio nacional). No obstante, sus altos requerimientos de humedad los hace muy vulnerables a los cambios regionales en el clima provocados por la deforestación y la tala inmoderada (Breedlove, 1981).

## Identificación de amenazas de la oferta de los SE

La amenaza es un factor de riesgo que compromete la seguridad de las personas, los servicios ecosistémicos y sus beneficios (Cárdenas *et al.*, 2008). Las principales amenazas para la oferta de los servicios identificadas por 80 % de los entrevistados fueron: a) cambio de uso del suelo para cultivar café, maíz,

it is pointed out as a priority as it is directly related to the cultivation of coffee, maize and beans which are their main food resources, which is even more significant due to the low productive area available as it is inside *El Triunfo* Biosphere Reserve.

By linking land use and the ES of higher frequency, it is confirmed that forests are priority areas for the formation and retention of soil, and that soil, as it stores nutrients and moisture and supports plants, is a strategic resource for the production of food, fiber and fuel.

*Ejid*os are the most important lands that provide the identified ES as they own 57 % (1 922.4 ha) of the total forest area, of which *Toluca* contributes with 95 % (occupies 75.52 %), *Puerto Rico* 2.8 % (16.0 %) and *Monte Virgen* 2.2 % (44.33 %) (Table 1). In these *ejidos*, are administered renewable natural resources according to their customs in compliance with environmental laws of the country; this is done in a way which allows effective management on their use and management. However, in places such as *Vista Alegre*, *Emiliano Zapata* and *Puerto Rico*, the data in Table 1 indicate that the pressure for change in land use for growing coffee, corn and beans has significantly decreased forested areas; in the first case there are no forests, in the second there are only relicts (10 ha) and in the third one, only 53.5 ha remain.

Forest land (3 389.25 ha) considered strategic in providing ES are composed of mist evergreen bushes, mountain rain forest, evergreen cloud forest, pine-oak-sweetgum forest, pine and oak and gallery and riparian forest (Rzedowski, 2006). These forests are unique in the world and its distribution in Mexico does not exceed two million hectares (approximately 1 % of the country). However, its high moisture requirements makes them very vulnerable to regional changes in climate caused by deforestation and excessive logging (Breedlove, 1981).

## Identification of threats of supply of ES

The threat is a risk factor that compromises the safety of persons, ecosystem services and benefits (Cárdenas *et al.*, 2008); the most important which lead to the supply of services identified by 80 % of respondents were: a) Change of land use for growing coffee, maize, beans and livestock, which are population activities associated with deforestation and forest fires; b) Population growth that fosters greater demand for land to meet family needs; c) more intense and erratic rains that generate higher erosion rates, directly damaging productive assets and indirectly infrastructure and development; d) government incentives that encourage land use change.

The  $X^2$  ( $P=0.0001$ ) test indicated that such factors were differentially identified among the *ejidos*. For example, to *Toluca* (which has the largest area of forests) the most important are livestock, forest fires and slope, while for *Monte Virgen* (*ejido*

frijol y ganadería, actividades que la población asocia con deforestación e incendios forestales; b) crecimiento poblacional que propicia mayor demanda de tierra para satisfacer las necesidades familiares; c) lluvias más intensas e irregulares que generan tasas de erosión de suelos más altas, lo que daña directamente a los activos productivos e indirectamente a la infraestructura para el desarrollo; y d) los incentivos gubernamentales que fomentan el cambio de uso del suelo.

La prueba de  $\chi^2$  ( $P=0.0001$ ) indicó que tales factores fueron identificados de manera diferenciada entre los ejidos. Por ejemplo, para Toluca (el de mayor superficie de bosques) los más importantes resultaron ser la ganadería, los incendios forestales y la pendiente, mientras que para Monte Virgen (ejido pequeño con menor superficie de bosque), las políticas del gobierno, los desastres naturales y la fragmentación del bosque.

Con respecto al uso del suelo a partir de su aptitud natural, se calculó que 5 % (314.9 ha) de la superficie de la microcuenca tendría que destinarse para propósitos agropecuarios (maíz, frijol y ganadería), 11 % (693.18 ha para el cultivo de café, y 84 % (5 075.13 ha) para uso forestal (Figura 4). Este análisis consideró que los cultivos anuales y la ganadería no deben practicarse en terrenos con pendientes superiores a 15 %, el cultivo de café en no mayores de 30 % y los bosques en pendientes por arriba de 45 % (Cubero, 2001; CNPT, 2003).

with the smallest forest area), government policies, natural disasters and forest fragmentation.

With regard to land use from its natural aptitude, it was estimated that 5 % (314.9 ha) of the surface of the watershed should be used for agricultural purposes (corn, beans and livestock), 11 % (693.18 ha for farming coffee and 84 % (5 075.13 ha) for forest use (Figure 4). This analysis found that annual crops and livestock should not be practiced on land with slopes greater than 15 %, coffee cultivation on slopes no greater than 30 % and forests on slopes greater than 45 % (Cubero, 2001; CNPT, 2003).

When crossing the maps of current land use (Figure 3) and suitability for use according to the slope (Figure 4), it was determined that 2 552.47, which is equivalent to 42 % of the total area of the watershed, are ordered in the category of overuse or conflict (Figure 5), because productive activities (maize, beans and coffee) in areas that exceed the slope limits recommended in the map are practiced there.

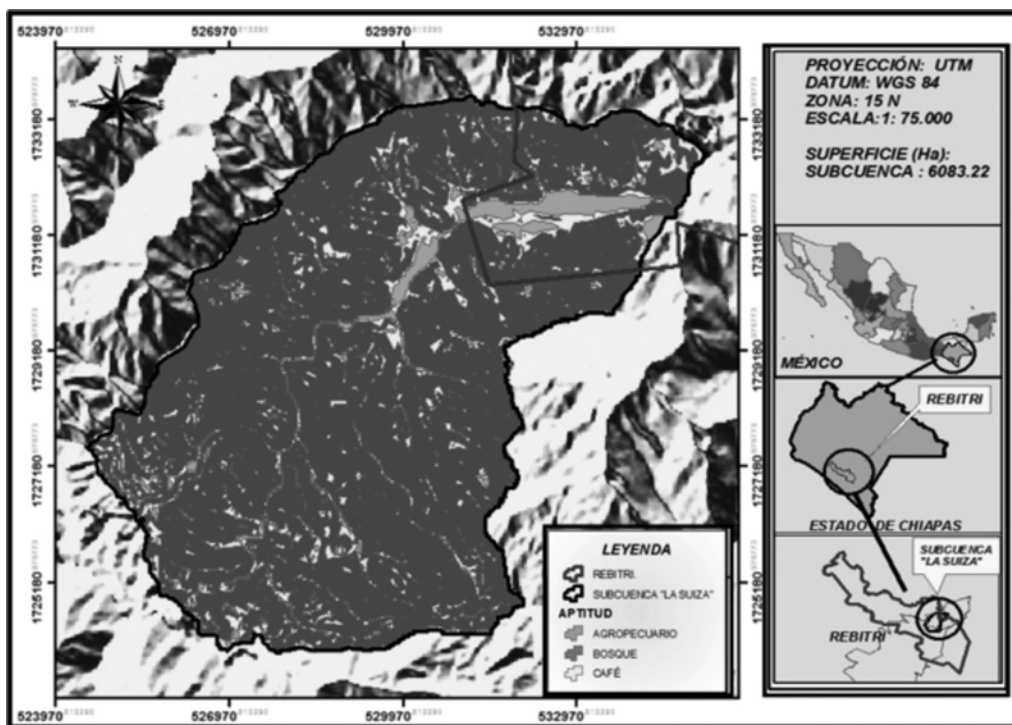


Figura 4. Aptitud del uso suelo en la microcuenca La Suiza, Chiapas.  
Figure 4. Land use ability in *La Suiza* watershed, *Chiapas*.

Al cruzar los mapas de uso actual de suelo (Figura 3) y aptitud de uso según la pendiente (Figura 4) se determinó que 2 552.47 ha equivalente a 42 % de la superficie total de la microcuenca, se ordenan en la categoría de sobreuso o de conflicto (Figura 5), ya que ahí se practican actividades productivas (maíz, frijol y café) en terrenos que rebasan los límites de pendientes recomendados en el mapa de aptitud.

Under these conditions of use, besides missing the ES generated by the forest, productive activities are not sustainable because the soil is exposed to intense degradation effects of water erosion.

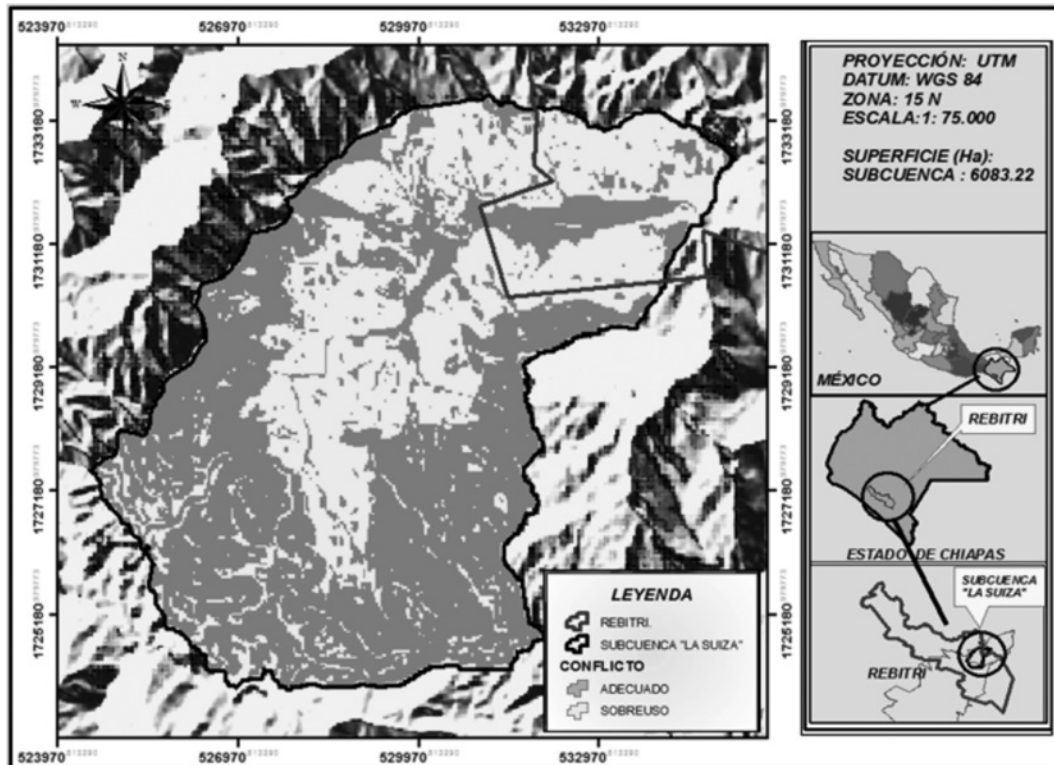


Figura 5. Conflictos del uso del suelo en la microcuenca La Suiza, Chiapas.  
Figure 5. Conflicts of land use in *La Suiza* watershed, *Chiapas*.

En esas condiciones de uso, además de perderse los SE generados por el bosque, las actividades productivas no son sostenibles porque el suelo está expuesto a una intensa degradación por efecto de la erosión hídrica.

En la Figura 6 se observa que en 39 % del área de la microcuenca existe una erosión severa y muy severa con tasas de pérdida de suelo por arriba de las  $50 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  que corresponde a las partes media y baja, en donde se cultiva café y maíz (FAO, PNUMA y UNESCO, 1980). El maíz se distingue por ser la base de la seguridad alimentaria de la población local y también porque crece sobre los suelos más frágiles que tienen poca cobertura y las pendientes son de 60 a 70 %. El café representa 95 % del ingreso familiar en promedio, y aunque su cultivo bajo sombra protege al suelo del impacto de la lluvia, es afectado por los escurrimientos durante la temporada de lluvias. Esta interacción dinámica entre la población local y los ecosistemas para la obtención

Figure 6 shows that in 39 % of the area of the watershed there is a severe and very severe erosion rates of soil loss above the  $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  corresponding to the middle and lower parts where coffee and maize grows (FAO, UNEP and UNESCO, 1980). Maize is distinguished as the basis of food security of the local population and also because it grows on the most fragile soils that have poor coverage and slopes are 60 to 70 %. Coffee represents 95 % of household income on average and although its cultivation under shade protects the soil from raindrop impact, it is affected by runoff during the rainy season. This dynamic interaction between local population and ecosystems for the production of food from agriculture in areas not suitable for agriculture it is recorded as the main threat to the sustainable generation of ES at a local and global scale (Balvanera and Cotler, 2009).

The negative effects from the conflict of land use are accentuated because the area is classified as natural hazard

de alimentos derivados de la agricultura en áreas de aptitud no agropecuaria es consignada como la principal amenaza para la generación sostenible de SE con escala local y global (Balvanera y Cotler, 2009).

occurrence of disasters landslides and flooding due to the presence of various factors that interact with each other, such as the shape and small size of their basins, the rugged terrain with steep slopes over short distances, intense and long-lasting

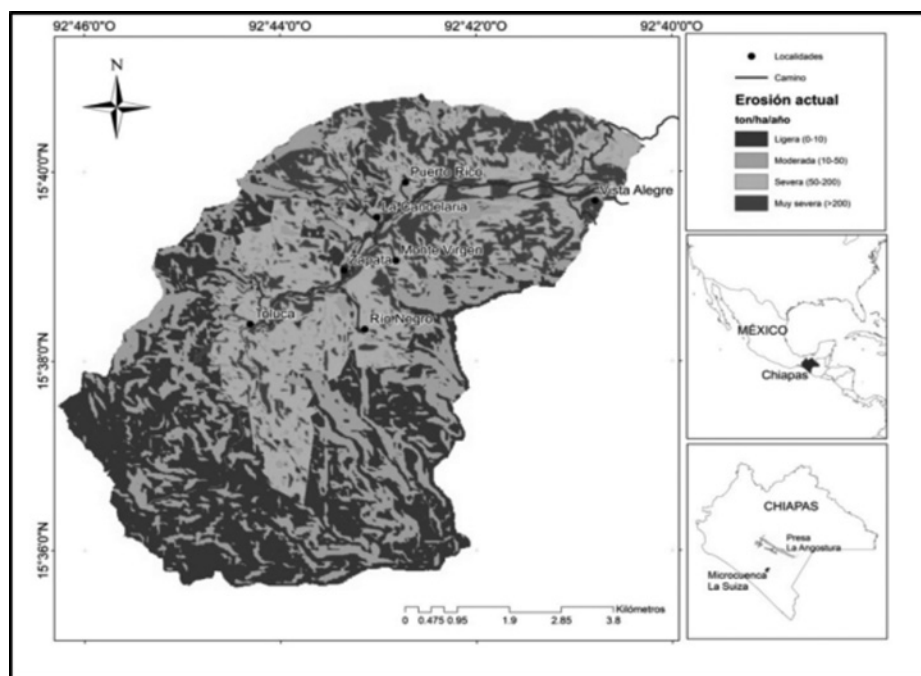


Figura 6. Mapa de erosión hídrica actual en la microcuenca La Suiza, Chiapas.  
 Figure 6. Map of current water erosion in La Suiza watershed, Chiapas.

Los efectos negativos por el conflicto del uso del suelo se acentúan porque la zona está catalogada como de peligro natural para la ocurrencia de desastres por derrumbes e inundaciones, debido a la presencia de diversos factores que interactúan entre sí, tales como la forma y el tamaño pequeño de sus cuencas, la orografía accidentada con fuertes pendientes en cortas distancias, las lluvias intensas y de larga duración, rocas graníticas que producen sedimentos gruesos y rocas con uniones frágiles y con fracturas (US Forest Service, 2007; Schroth *et al.*, 2009).

### Identificación de posibles estrategias de manejo y conservación de los SE

La población identificó 13 posibles estrategias para el manejo y conservación de los SE, mismas que fueron validadas en reuniones de asambleas comunitarias. Destacan la compensación por cuidar y restaurar los bosques por medio del pago de servicios ambientales; establecer acuerdos comunitarios e intercomunitarios para la conservación; evitar las quemadas de los suelos cultivados con maíz; ejecutar prácticas de conservación para detener el proceso erosivo de los suelos cultivados con maíz y café y desarrollar las capacidades locales para implementar acciones de conservación.

rains, granitic rocks that produce coarse sediments and rocks with fragile joints and fractures (US Forest Service, 2007; Schroth *et al.*, 2009).

### Identification of possible management strategies and conservation of ES

The population identified 13 possible strategies for the management and conservation of the ES, which were validated in meetings of community assemblies; these include compensation for care and to restore forests through the payment of environmental services; establish community and intercommunity conservation agreements; avoid burning of cultivated maize soils; implement conservation practices to stop the erosion process of cultivated maize and coffee and build local capacity to implement conservation actions.

No significant association between types of actors and possible types of strategies for the management and conservation of ecosystem services was found; the  $X^2$  statistical  $P$  value was 0.9939.

No se determinó una asociación significativa entre tipos de actores y posibles tipos de estrategias para el manejo y conservación de los servicios ecosistémicos, el valor  $P$  de estadístico  $\chi^2$  fue de 0.9939.

## Conclusiones

En la microcuenca se identificaron ocho tipos de SE y siete grupos de beneficiarios de los mismos, entre los que sobresalen alimentos, fibras y combustibles, así como la formación y retención de suelos en el primero y las familias de la microcuenca en el segundo. Los bosques que ocupan 3 715 ha (61 %) del territorio de la microcuenca fueron considerados como prioritarios para la provisión de los SE identificados. La mitad de la superficie de bosques pertenece a los ejidos en donde existe mayor presión por el uso de la tierra.

De la superficie de la microcuenca, 42 % presenta conflictos en el uso del suelo debido a que se están practicando actividades productivas (maíz, frijol y café) en terrenos que rebasan los límites de pendientes recomendados en el mapa de aptitud.

Las principales amenazas de los bosques en orden de prioridad son el cambio del uso del suelo para actividades agropecuarias, el crecimiento poblacional, las lluvias intensas e irregulares y los incentivos gubernamentales que fomentan el cambio de uso del suelo.

La población destaca la compensación por cuidar y restaurar los bosques por medio del pago de servicios ambientales; los acuerdos comunitarios e intercomunitarios para la conservación; evitar las quemas de los suelos cultivados con maíz; ejecutar prácticas de conservación para detener el proceso erosivo de los suelos cultivados y desarrollar las capacidades locales para implementar acciones de conservación, como estrategias para el manejo de los servicios ecosistémicos. 🍃

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Conservación El Triunfo A. C. el financiamiento parcial del estudio y a las comunidades de la microcuenca La Suiza la hospitalidad y apoyo otorgado durante el levantamiento de los datos campo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Conclusions

Eight types of ES and seven groups of beneficiaries thereof were detected in the watershed, among which food, fiber and fuel and soil formation and retention outstand in the first one and the families of the watershed in the second. Forests which occupy 3 715 ha (61 %) of the territory of the watershed were considered priorities for the provision of the ES identified. Half of the forest area belongs to the *ejidos* where there is greater pressure for land use.

From the surface of the watershed, 42 % have conflicts in land use because productive activities (maize, beans and coffee) they are practiced in areas that exceed the limits of slopes recommended in the suitability map.

The main threats to forests in order of priority are the change of land use for agricultural activities, population growth, intense and erratic rains and government incentives that encourage land use change.

The population highlights the compensation for forest care and restoration through payment of environmental services; community and intercommunity agreements for conservation; avoid burning of cultivated maize soils; implement conservation practices to stop the erosion process of cultivated maize and coffee lands and build local capacity to implement soils conservation actions, as strategies for the management of ecosystem services. 🍃

## Acknowledgements

The authors thank the *Fondo de Conservación El Triunfo A. C.* the partial financing of the study and to the *La Suiza* watershed communities for their hospitality and support during the field data survey.

## Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

## Contribution by author

Walter López Baez: design and conduction of the project, planning with the communities, field work, data analysis and structuring of the manuscript; Byrom Gonzalo Palacios Herrera: design of the project, field work, land use map design and processing of interviews; Roberto Reynoso Santos: data analysis, discussion supported by literature review and editing of the manuscript following the instructions of the journal.

*End of the English version*



## Contribución por autor

Walter López Báez: formulación y dirección del proyecto, planificación con comunidades, trabajo de campo, análisis de datos y estructuración del manuscrito del artículo; Byrom Gonzalo Palacios Herrera: formulación del proyecto, trabajo de campo, elaboración de mapas de uso de suelo y procesamiento de entrevistas; Roberto Reynoso Santos: análisis integral de los datos, discusión con soporte de literatura y edición del manuscrito bajo lineamientos de la revista.



## Referencias

- Balvanera, P. y H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. *In: Capital natural de México*, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, D. F., México. pp. 185-245.
- Benites, A., J. Campos J., J. Faustino, R. Villalobos y R. Madrigal. 2007. Identificación de servicios ecosistémicos como base para el manejo participativo de los recursos naturales en la cuenca del río Otún, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente* (55):83-90.
- Breedlove, D. E. 1981. Introduction to the flora of Chiapas. California Academy of Sciences. San Francisco, CA, USA. 34 p.
- Caparros G., A. 2007. El informe Stern sobre la economía del cambio climático. *Ecosistemas* 16 (1): 124-125.
- Cárdenas, M., P. Choquevilca, J. P. Saavedra, G. Torrico y J. Espinoza. 2008. Construcción de mapas de Riesgo. Criterios metodológicos. La Paz, Bolivia. 50 p.
- Comisión Nacional Plan Turquino (CNPT). 2003. Suelos, usos, conservación y mejoramiento. Manual técnico para las actividades agropecuarias y forestales en las montañas. Agrinfor 2003. La Habana, Cuba. 31p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2010. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biósfera El Triunfo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 202 p.
- Cubero, F. 2001. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras. Accs. MAG. Araucaria. 200. San José, Costa Rica. 19 p.
- Galindo, L. M. (coord.). 2009. La economía del cambio climático en México. Síntesis. Semarnat. SHCP. México, D. F., México. 67 p.
- Gutiérrez, M. 2014. Pautas para una gestión integrada del agua con enfoque de género en la microcuenca La Suiza en Chiapas, México. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 135 p.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1998. Programa de manejo de la Reserva de Biosfera El Triunfo. México, D. F., México. 109 p.
- Jarvis, A., H. I. Reuter, A. Nelson and E. Guevara. 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). Palmira, Colombia. s/p.
- Kandus, P., R. D. Quintana, P. G. Minotti, J. Oddi, C. Baigún, G. G. Trilla y D. Ceballos. 2010. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. [http://www.academia.edu/4096009/ecosistemas\\_de\\_humedal\\_y\\_una\\_perspectiva\\_hidrogeomorfica\\_como\\_marco\\_para\\_la\\_valoracion\\_ecologica\\_de\\_sus\\_bienes\\_y\\_servicios](http://www.academia.edu/4096009/ecosistemas_de_humedal_y_una_perspectiva_hidrogeomorfica_como_marco_para_la_valoracion_ecologica_de_sus_bienes_y_servicios) (16 de marzo de 2015).
- López, W., R. Magdaleno, R. Reynoso y E. Salinas 2011. Conectividad hídrica entre municipios, cuencas y Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México: Potencial para la creación de un mercado local de agua. Folleto Técnico No. 5. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 118 p.
- López, W., R. Magdaleno e I. Castro. 2012. Riesgo a deslizamientos de laderas en siete microcuencas de la Reserva de la Biósfera El Triunfo. Libro Técnico No. 7. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 208 p.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystem and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, USA. 31 p.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización de las Naciones para el Medio Ambiente (FAO, PNUMA y UNESCO). 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. Pago por servicios ambientales en áreas protegidas en América Latina. Programa FAO/OAPN. Informe de Avance No.1. Fortalecimiento del Manejo Sostenibles de Recursos Naturales en la Áreas Protegidas de América Latina. Santiago de Chile, Chile. 26 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1ra. Edición digital. México, D.F., México. 400 p.
- Schroth, G., P. Laderach, J. Dempewolf, S. Philpott, J. Haggar, H. Eakin, T. Castillejos, J. G. Moreno, L. S. Pinto and R. Hernández. 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14(7): 605-625.
- Stern, N. 2007. Stern Review on the Economics of Climate Change. [www.sternreview.org.uk](http://www.sternreview.org.uk) (12 de febrero de 2015).
- USDA Forest Service. 2007. Landslides, channel erosion, and sedimentation in the Western Sierra Madre, Chiapas, Mexico, during hurricane Stan in 2005: a brief field review with recommendations. Washington, DC, USA. 24 p.