



INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

CIIDIR DGO

DATOS GENERALES

<i>Director</i>	Dr. Gustavo Pérez Verdín
<i>Participantes</i>	Dr. Marco A. Márquez Linares Dr. Eduardo Sanchez Ortiz Claudia Elena Soto Alvarez (estudiante Doctorado) Marisela Salmerón Macías (estudiante PIFI Maestría)
<i>Unidad de Adscripción</i>	CIIDIR – DGO Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre II 34,220 Durango, Dgo. Ext. 82649
<i>Presupuesto</i>	El monto autorizado para este proyecto fue de \$66,500 que comprendió los capítulos 2000 (\$44,000) y 3000 (\$22,500).
<i>Resumen</i>	<p>Los servicios ambientales (SA) son aquellos procesos y condiciones a través de los cuales, los ecosistemas naturales, incluyendo las especies que los componen, soportan y complementan la vida del hombre. Los SA incluyen acciones o procesos que pueden corregir daños relacionados a la presencia de residuos, ruido y ecosistemas como tecnologías limpias, riesgo ambiental y contaminación (Muñoz-Villarreal, 2005). Muchos de estos servicios no se intercambian en el mercado y, por lo tanto, generalmente no son tomados en cuenta en decisiones relacionadas con la administración de los recursos (Pagiola <i>et al.</i>, 2003). La valoración económica de los SA ha despertado mucho el interés como un mecanismo para convertir el valor de recursos ambientales intangibles en incentivos financieros con el fin de proveer beneficios a la sociedad. En este trabajo se estimó el valor más aproximado de los principales servicios ambientales que ofrecen la cuenca alta del Río San Pedro-Mezquital (RSPM, la cual sirve como área captadora y abastecedora de varios servicios ambientales, entre ellos el agua, a la ciudad de Durango y a las áreas agrícolas y ganaderas del centro sur del estado de Durango. Los resultados indican que el valor total de los servicios ambientales en la cuenca es entre \$4500 y 4800 millones anualmente. Entre los criterios más importantes que se consideraron para determinar un pago por servicios ambientales fueron el riesgo de deforestación (22%), seguido por la disponibilidad de agua (20%), la conservación de especies (16%) y cantidad de biomasa (16%).</p>
<i>Palabras clave</i>	Beneficios Económicos; Proceso de Análisis Jerárquico; Río San Pedro-Mezquital; Sistemas de Información Geográfica

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

INTRODUCCIÓN

Los servicios ambientales son aquellos beneficios que se obtienen de las funciones de los ecosistemas (Brauman et al., 2007). Reconocer la importancia de esos beneficios para el bienestar de la sociedad no es una idea nueva, pues se traslada a los conceptos antiguos de los griegos (Feen, 1996) y más recientemente a la conceptualización económica de los valores de los ecosistemas (Coase, 1960; Feen, 1996). Sin embargo, el interés práctico y científico para evaluar y comercializar los servicios ambientales despegó en los noventa con los trabajos pioneros de Daily (1997) y Costanza et al. (1997). En estos trabajos se demostró la importancia social, económica y ambiental de dichos servicios y el papel en el desarrollo de la sociedad. Sin embargo, a pesar de la importancia de los servicios ambientales (SA), el actual modelo de desarrollo ha provocado que se utilicen en forma inadecuada, ocasionando serios problemas a los ecosistemas y poniendo en peligro su sustentabilidad. Es evidente entonces que, si las actividades de este modelo de desarrollo no se modifican, se corre el riesgo de alterar definitiva e irreversiblemente la salud de los ecosistemas y eventualmente el mismo bienestar de la sociedad (Haro-Martinez y Taddei-Bringas, 2010).

Los servicios ambientales pueden ser provistos en cualquier ecosistema terrestre o marino, pero por lo general son enmarcados para una región específica. Esto permite una mejor identificación de la relación que existe entre los SA y de la población local o externa que interactúa estrechamente con ellos. Ejemplos de estos estudios en México son Sanjurjo (2006), Lopez-Paniagua et al. (2007), Ojeda, et al. (2008), Aviles-Polanco, et al. (2010), Silva-Flores et al. (2010), entre otros. El uso de un área específica, como marco geográfico, facilita la distinción de los SA y su influencia en la sociedad, pero al mismo tiempo supone que los SA son homogéneos y que dentro de la misma área su valor económico es igual. Esta aparente *estacionalidad*, o asumir que la magnitud de los SA es constante en toda un área, puede dar falsas interpretaciones y llevar a políticas incorrectas de manejo de los ecosistemas (Haro-Martinez y Taddei-Bringas, 2010).

Una manera más eficiente de valorar económicamente los SA es utilizar herramientas que permitan simular la heterogeneidad o variabilidad espacial que tienen los recursos

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

geográficamente; por ejemplo la vegetación, los ríos, fauna, suelo, etc. El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y métodos no convencionales de regresión ayudan a hacer estimaciones del valor de los SA más acercadas a la realidad al considerar su heterogeneidad espacial.

OBJETIVO Y METAS CUMPLIDAS

El objetivo de este proyecto fue el de hacer una estimación espacial del valor total económico de varios servicios ambientales que ofrece la cuenca alta del Río San Pedro Mezquital (RSPM). Específicamente, se buscó:

- a) Determinar el valor total económico de la cuenca RSPM para la provisión de servicios ambientales considerando las principales actividades productivas.
- b) Generar información espacial a través de Sistemas de Información Geográfica, que permita identificar el valor total económico y actividades económicas; así como su relación con el tipo de uso de suelo y vegetación.
- c) Identificar los factores más importantes que inciden en la determinación del pago por servicios ambientales

Metas cumplidas

Cuadro 1. Descripción de las metas propuestas en el estudio de Servicios Ambientales en Durango

Meta	Descripción	% Cumplimiento (% individual)
1	Recopilación de información (delimitación e identificación de los principales servicios ambientales)	100 (30)
2	Desarrollo de metodología y análisis de factores importantes	100 (40)
3	Análisis y presentación de resultados	100 (30)
% ponderado		100

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

El proyecto en mención también apoyó productos relacionados como los que se describen a continuación:

Producto	Descripción
Alumnos PIFI	Claudia E. Soto Alvarez Marisela Salmerón Macias
Tesis de Maestría	Marisela Salmerón Macias Título: Análisis espacial de los incendios y la recuperación de la nueva masa forestal en bosques de clima templado-frío
Presentación en congresos	Nacional: Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en México Internacional: Availability and production costs of pine-based biomass as a feedstock for bioethanol production (Con apoyo de COFAA)
Artículos científicos publicados	Perez-Verdin, G., Navar-Chaidez, J., Grebner, D.L., Soto-Alvarez, C. 2012. Disponibilidad y costos de producción de biomasa forestal como materia prima para la producción de bioetanol. <i>Forest Systems</i> 21(3): 526-537. Perez-Verdin G., Navar-Chaidez J.J., Kim Y-S., Silva-Flores R. 2012. Economic Valuation of Watershed Services for Sustainable Forest Management: Insights from Mexico. In Martin-Garcia J., Diez-Casero J.J., (Eds.), <i>Sustainable Forest Management - Current Research</i> , pp 259 – 274. InTech Access Publisher. Rijeka, Croatia.

MÉTODOS Y MATERIALES

El estudio se enfocó en la cuenca alta del Río San Pedro Mezquital (RSPM) dado que es un área con características propias y determinadas como estratégicas para la provisión de varios servicios ambientales, por ejemplo agua, bioenergía, control de la erosión, biodiversidad, recreación, etc. El río Mezquital nace en la parte alta del municipio de Durango dentro del eje montañoso de la sierra madre occidental y desemboca en el norte del estado de Nayarit, donde se le conoce como río san pedro, cubriendo una longitud total de 498 kilómetros. En su trayecto, el agua es fuente de riego y consumo para diversos usos como la agricultura, ganadería, industria y otros. La cuenca del Río San Pedro Mezquital (RSPM) se localiza en la parte centro-sur del estado de Durango y tiene una superficie total aproximada de 2.2 millones de hectáreas, lo que representa alrededor del 18% de la superficie total del estado (Figura 1).

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

El tipo de clima dominante en el área de estudio es el templado subhúmedo que ocupa el 56% y se distribuye en las partes altas del área; le sigue el cálido subhúmedo con 18%, este se encuentra en la parte baja de la cuenca y se extiende hacia arriba siguiendo el cauce principal; en menor proporción se encuentra el semiseco templado que ocupa el 9% de territorio y se distribuye en la parte alta de la cuenca. La temperatura promedio de los meses fríos oscila entre los -3 y 17°C, para los meses cálidos va de 10 a 28°C. La precipitación va desde los 500 hasta los 1500 mm, esta se presenta principalmente en verano aunque en las zonas altas se presentan lluvias invernales ligeras.

Figura 1. Localización de la cuenca alta del Río San Pedro-Mezquital en el estado de Durango *[no se incluye para minimizar tamaño del documento]*

Valor de los servicios ambientales

Se identificaron los servicios ambientales más importantes de la cuenca alta del RSPM. Estos fueron: a) los cultivos agrícolas más importantes por su área sembrada: maíz y frijol; b) la ganadería extensiva, referida en este caso al ganado vacuno, seleccionado también por su relevancia económica y c) los recursos forestales, los cuales fueron analizados desde dos perspectivas: su valor directo, proveniente de la venta de recursos maderables y su valor indirecto, proveniente de los beneficios: biodiversidad, agua, control de erosión y ecoturismo.

a) Cultivos agrícolas

Para estimar el valor económico del maíz y frijol se utilizó la información del INIFAP referente a las zonas productivas de estos dos cultivos. Esta información, que eventualmente se usa para PROCAMPO, fue separada en tres niveles de productividad alto, medio y bajo (Cuadro 2). En cada nivel se estimó la superficie sembrada y cuantificó el valor de la producción usando la misma información del INIFAP que describe los costos de producción así como la relación beneficio costo.

Cuadro 2. Clasificación de los niveles de productividad de los cultivos agrícolas en Durango.

Cultivo	Clase	Productividad
---------	-------	---------------

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

Maíz	Baja	<1.5 ton/ha
	Media	2.5 ton/ha
	Alta	>3.5 ton/ha
Frijol	Baja	<500 kg/ha
	Media	700 kg/ha
	Alta	>1000 kg/ha

Fuente: INIFAP (2012)

En el periodo 2005-2011, se sembraron en la entidad 229,495 hectáreas de frijol y se cosecharon 195,373 ha. Se obtuvo un rendimiento promedio de 510 kilos/hectárea y una producción de 106,896 toneladas. Las áreas más importantes para la producción de frijol de temporal en Durango se encuentran en los municipios de Cuencamé, Guadalupe Victoria, Pánuco de Coronado, Peñón Blanco, Poanas, Vicente Guerrero, Canatlán e indé. Las áreas agrícolas para el cultivo de Maíz comprenden las regiones de los Valles (Guadiana, Poanas, Canatlan), los Llanos de Guadalupe Victoria y la Zona Norte, con altitudes que van de 1800 a 2100 msnm (Figura 2). El Clima predominante en la zona agrícola es Semiseco templado (BS1k), con una temperatura media anual de 17 a 22° C y una precipitación anual entre 400 a 600 mm (INIFAP, 2012).

Figura 2. Ubicación de las áreas agrícolas para Maíz y Frijol y sus niveles de productividad en la cuenca alta del Río San Pedro Mezquital en Durango, México. En ambos mapas se puede observar que existen áreas de traslape lo que indica que ambos cultivos tienen características comunes en el uso del suelo. *[no se incluye para minimizar tamaño del documento]*

b) Ganadería

El valor de los SA de la ganadería se estimó a través del Coeficiente de Agostadero. Este coeficiente indica la cantidad de forraje en materia seca que se requiere para alimentar una unidad animal (450 kg de peso vivo) durante un año sin perjuicio del pastizal y considerando un consumo diario del 3% de su peso vivo (Pámanes-García, 2011). Dada la dominancia de la ganadería extensiva, se utilizó los datos del ganado vacuno como base de las estimaciones del valor económico de la ganadería. El coeficiente de agostadero depende en gran medida de la humedad en el suelo y de espacios abiertos o semi-abiertos en la vegetación. Áreas con alta precipitación tienen una mayor producción de forraje y por ende una menor superficie se

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

requerirá para alimentar una unidad animal (u.a.) (Herrera-Corral *et al.* 2011). Por esta razón, se utilizó la precipitación y los tipos de vegetación abiertos o semi-abiertos (como pastizales naturales o inducidos, matorrales, arbolados semi-abiertas) para estimar el coeficiente de agostadero y eventualmente su valor económico.

Con base en los trabajos de Diaz-Solis *et al.* (2003) y Herrera-Corral *et al.* (2011) se ajustó un modelo exponencial que relaciona directamente la precipitación (mm) (P) y el coeficiente de agostadero (CA), expresado en hectáreas, en una determinada área. El modelo tuvo la forma siguiente:

$$CA = \beta_0 e^{\beta_1 P} \quad [1]$$

donde β_0 y β_1 son los parámetros de ajuste. El modelo fue significativo y tuvo una r^2 de 0.85 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ajuste del modelo de estimación (Ecuación 1) del Coeficiente de Agostadero en Durango, México.

Parámetro	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	Valor de t	Sig.
	B	Error Std.	Beta		
Precipitación (β_1)	-0.002	0.000	-0.925	-13.335	0.000
Constante (β_0)	25.556	4.468		5.720	0.000

Con los datos de este modelo se construyó un mapa de coeficiente de agostadero en formato ráster en tres niveles de productividad: bajo (>9.68 ha/u.a.), medio (7.1 ha/u.a.) y alto (<3.86 ha/u.a.) (Figura 3). Los niveles significan que a medida que el coeficiente de agostadero es alto, menor será la superficie que se requiere para alimentar una unidad animal (Pámanes-García, 2011). Posteriormente, los datos de coeficiente de agostadero se transformaron a pesos utilizando los precios de venta actuales de ganado vacuno (\$15/kg peso vivo).

Figura 3. Niveles de productividad para el coeficiente de agostadero en la cuenca alta del Rio San Pedro Mezquital en Durango, México. [no se incluye para minimizar tamaño del documento]

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

c) *Forestal*

Se utilizaron los datos del inventario forestal continuo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para estimar el volumen y el incremento medio anual de las áreas forestales en la cuenca. El inventario consta de 4,857 sitios de dimensiones fijas en los que se obtuvieron datos de diámetro, altura, tipo de especie, vigor, edad e incremento en diámetro de las principales especies forestales. Para el cálculo del volumen (VOL) y el incremento medio anual en volumen (IMA_{vol}), se utilizaron las ecuaciones siguientes, respectivamente (Navar, 2013):

$$VOL = \beta_0 H^{\beta_1} D^{\beta_2} f \quad [2]$$

$$IMA_{vol} = \frac{VOL}{\bar{E}} \quad [3]$$

donde H es la altura, D es el diámetro, f es un factor de corrección y β_0 , β_1 y β_2 son los parámetros de ajuste. En la ecuación (3), \bar{E} es la edad promedio del arbolado. Los cálculos de volumen de remoción consideraron una intensidad de corta anual de 30% y un turno promedio de 60 años. La ecuación (2) fue significativa ($p < 0.01$) y tuvo una $r^2 = 0.96$. Los valores de $\beta_0 = 8.24E^{-5}$, $\beta_1 = 0.826$, $\beta_2 = 2.071$ y el valor de $f = 1.022$ (Navar, 2013). Una vez que se ajustaron los modelos anteriores, se cuantificó el volumen en mapas de vegetación de la cuenca utilizando también tres niveles de productividad (Cuadro 4) (Figura 4). En cada nivel de productividad se estimó el precio de venta de los productos maderables de acuerdo al mercado actual (con información del SIPRE-CONAFOR¹ y Uniones de Permisarios Forestales) y se trasladaron a mapas en formato ráster.

Cuadro 4. Niveles de productividad para las variables volumen e incremento medio anual en volumen para la cuenca alta del RSPM en Durango, México.

Variable	Clasificación	Unidad de Medida	Productividad*
Volumen	Bajo	m ³ r/ha/año	<97
	Medio	m ³ r/ha/año	290

¹ La información de costos de producción se encuentra disponible en <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/17/3289Reporte%20de%20Precios%20de%20Productos%20Forestales.pdf>

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

	Alto	m ³ r/ha/año	>400
IMA_{vol}	Bajo	m ³ r/ha/año	<0.42
	Medio	m ³ r/ha/año	0.93
	Alto	m ³ r/ha/año	>1.74

* Se utilizó una intensidad de corta de 30% y un turno de 60 años

Por otro lado, se estimó un valor de los beneficios indirectos que se reciben de los servicios ambientales, tales como la filtración del agua, retención del suelo, biodiversidad, recreación, etc. La información que se basó en los datos estimados para el pago de servicios ambientales en el Estado de México. La razón de utilizar metodologías y resultados de otras partes se debe a la falta de información expresada espacialmente. La transferencia de información de beneficios es una técnica bien documentada y es muy útil en los casos donde aún no se cuenta con los datos locales (Rosenberger and Loomis, 2003). Para el caso de bosques de coníferas se estimó una valor de \$1500/ha, para selvas caducifolias \$1350/ha y vegetación hidrófila \$1600/ha.

Figura 4. Niveles de productividad para el volumen forestal en la cuenca alta del Rio San Pedro Mezquital en Durango, México. *[no se incluye para minimizar tamaño del documento]*

Factores que inciden en la determinación del pago por servicios ambientales

Los factores que inciden en la determinación del pago por servicios ambientales que utiliza la CONAFOR, como órgano rector en el pago por servicios ambientales en México, han venido evolucionado en los últimos años. En el 2005, por ejemplo, la escases del agua fue el factor más importante y después, en el 2007, el índice de marginación paso a ser el criterio con mayor peso en la definición del pago por servicios ambientales (PSA) (Figura 5).

Con el fin de actualizar esos criterios se hizo una consulta a varios integrantes del sector forestal en Durango, incluyendo prestadores de servicios técnicos, representantes del gobierno federal y estatal y productores forestales (Total igual a 31 encuestas). Se utilizó un tipo de muestreo determinístico para recabar información en forma de encuestas. La encuesta utilizó un formato tipo preguntas apareadas similares a las que se usan en el proceso de análisis jerárquico, con preguntas como:

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

Qué criterio creed Usted que tenga más peso en el pago por servicios ambientales?

Escases de agua o índice de marginación? (Seleccionar opción y calificar su grado de importancia en escala del 1 al 7).

Figura 5. Criterios usados por la CONAFOR para el pago por servicios ambientales en el periodo 2005-2007. [no se incluye para minimizar tamaño del documento]

El proceso de análisis jerárquico (AHP, por sus siglas en Inglés) es una técnica que fue desarrollada por Thomas Saaty en 1980. Esta técnica analiza factores involucrados en el proceso de decisión sin requerir que se encuentren en una escala común, lo que la vuelve una técnica comúnmente utilizada en la toma de decisiones en problemas socioeconómicos o de decisión, ya que incorpora factores sociales, culturales y otras no económicas (Saaty, 1980). La técnica utiliza una escala de comparación apareada en la que los criterios se comparan entre si formando una matriz de decisión. La escala toma valores de 1 (igual importancia) a 9 (absoluta importancia de un criterio sobre otro).

En virtud de que esta metodología involucra juicios o calificaciones personales, Saaty (1980) desarrolló un mecanismo para identificar inconsistencias. Se creó un índice de consistencia (IC) que se calcula con la siguiente expresión:

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad [4]$$

donde λ_{\max} es el vector de eigen más grande de dicha matriz y n es el número de criterios. Si las comparaciones apareadas de una matriz $n \times n$ no tiene inconsistencias, entonces $\lambda_{\max} = n$ (Saaty 1980). En la medida de que $\lambda_{\max} = n$, la matriz será más consistente. La coherencia de las comparaciones se mide a través del coeficiente de confiabilidad definido por:

$$CC = 100 (CI / ACI) \quad [5]$$

donde ACI es el valor promedio de una muestra de comparaciones generadas al azar que depende de n . En este caso, $ACI = 0.001$ para $n= 2$, $ACI = 0.58$ para $n=3$, $ACI = 0.90$ para $n=$

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

4, y $ACI = 1.24$ para $n = 6$. El valor de CC debe ser igual o menor a 0.10 para ser aceptable (Saaty 1980).

RESULTADOS

Con los datos de área, productividad y precios de venta se estimó el valor de los servicios ambientales para la cuenca alta de RSPM. Los resultados indican que los servicios ambientales que provee la cuenca varían entre 4,500 y 4,800 millones de pesos por año, dependiendo del cultivo agrícola. En virtud de que muchas de las tierras agrícolas pueden ser sembradas con maíz o frijol (ver Figura 2), la cantidad menor se refiere a si todo el área agrícola es sembrada con maíz y la mayor se refiere a si toda el área agrícola es sembrada con frijol. A pesar de tener la menor superficie susceptible de cultivo, la agricultura aporta más valor que cualquiera de los otros servicios ambientales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valor anual de los servicios ambientales en la cuenca alta del RSPM en Durango, México

S.A.	Clasificación	Unidades	Area (ha)	Valor total (\$)
Maíz	Bajo	ton /ha	63580	381,480,000
	Medio	ton /ha	170779	1,707,790,000
	Alto	ton /ha	726	10,164,000
	<i>Subtotal</i>		<i>235085</i>	<i>2,099,434,000</i>
Frijol	Bajo	Kg /ha	58609	307,697,250
	Medio	Kg /ha	144679	1,063,390,650
	Alto	Kg /ha	102613	1,077,436,500
	<i>Subtotal</i>		<i>305901</i>	<i>2,448,524,400</i>
Pecuario	Bajo	ha /u.a.	597213	416,445,015
	Medio	ha /u.a.	165798	157,624,859
	Alto	ha /u.a.	35271	61,678,562
	<i>Subtotal</i>		<i>798282</i>	<i>635,748,437</i>
Forestal Directo	Bajo	m ³ r/ha	631872	281,941,286
	Medio	m ³ r/ha	71456	111,792,912
	Alto	m ³ r/ha	5952	18,519,648
	<i>Subtotal</i>		<i>709280</i>	<i>412,253,846</i>
Forestal Indirecto	Coníferas	ha	176769	265,153,500
	Coníferas y latifoliadas	ha	535536	776,527,200

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

Latifoliadas, mezquital	ha	153684	199,789,200
Vegetación Hidrófila	ha	117	187,200
Selvas caducifolias	ha	86391	125,266,950
<i>Subtotal</i>		<i>952497</i>	<i>1,366,924,050</i>
Total (Frijol)			4,863,450,733
Total (Maíz)			4,514,360,333

Evidentemente, se observa una diferencia entre si se decide cultivar maíz y frijol; sin embargo el frijol muestra una mayor superficie cultivable y un mayor valor económico. Por tanto, la idea de favorecer el frijol sobre el maíz u otros cultivos es muy recomendable, sin considerar otros detalles en el proceso de producción (por ejemplo, factores culturales, climáticos, comerciales, etc.). El valor de los servicios ambientales de los bosques de manera directa (esto es comercialización de la madera) fue de alrededor de \$412 millones por año, inferior al valor que se obtiene por la protección y conservación de sus recursos asociados como la filtración del agua, control de erosión, biodiversidad y recreación, entre otros que fue de \$1367 millones por año. El detalle del valor económico de los servicios ambientales puede observarse en la Figura 6.

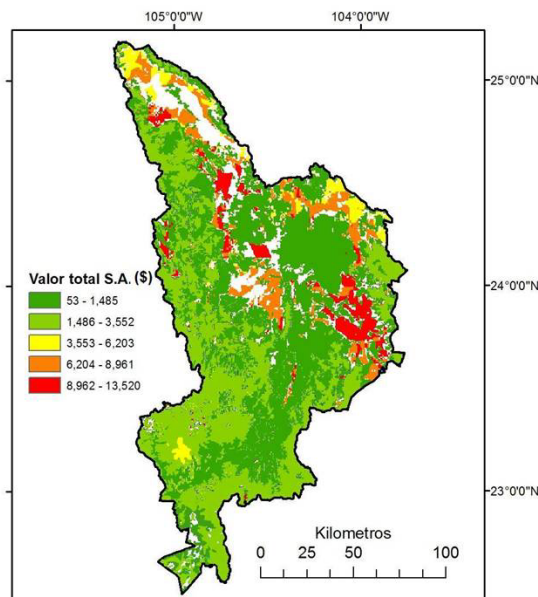


Figura 6. Mapa de servicios ambientales para agricultura (frijol), ganadería y forestal en la cuenca alta del Rio San Pedro Mezquital, Durango.

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

Entre los criterios más importantes que se consideraron para determinar el pago por servicios ambientales, de acuerdo a las encuestas recabadas y al proceso de análisis jerárquico, fue el riesgo de deforestación (22%), seguido por la disponibilidad de agua (20%) y la conservación de especies y cantidad de biomasa (16%, ambos) (Figura 7). La matriz de decisión para determinar estos factores tuvo un índice de consistencia de 0.097 y un coeficiente de confiabilidad de 0.078 (por debajo del 0.10 que Saaty recomienda). En otras palabras, el resultado de esta matriz se considera aceptable.

Figura 7. Factores más importantes que influyen en la determinación del pago por servicios ambientales en Durango, México (IC de la matriz $6 \times 6 = 0.097$, $CC=0.078$).
[no se incluye para minimizar tamaño del documento]

El nivel de importancia dado al *riesgo de deforestación* es relativamente nuevo de acuerdo a los criterios que la CONAFOR había estado utilizando con anterioridad. Estos resultados sugieren que la inclusión de este criterio junto con la *disponibilidad de agua* podrían ser los factores más importantes en futuros programas de pagos por servicios ambientales en la entidad. Desde luego, se recomienda más información y una muestra más generalizada para tener criterios de carácter nacional.

CONCLUSIONES E IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue desarrollada con datos del Instituto Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria (INIFAP), del Inventario Forestal y de Suelos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y con datos extraídos mediante entrevistas, recorridos de campo e información de investigadores del CIIDIR – IPN Durango. La finalidad fue el hacer una evaluación de los principales servicios ambientales directos e indirectos de la cuenca alta del Río San Pedro-Mezquital y su evaluación espacial mediante sistemas de información geográfica. Se espera que contribuya a un mejor entendimiento en el valor económico de dichos servicios y a una mejor definición de los mecanismos de compensación que la CONAFOR define en sus programas de apoyo, especialmente a los productores forestales. Los resultados indican que la cuenca alta del Río San Pedro Mezquital provee servicios ambientales para la agricultura, ganadería y recursos

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

forestales. El valor total de los servicios ambientales varía entre \$4500 y 4800 millones anualmente.

Los resultados sugieren que es necesario seguir fortaleciendo los programas compensatorios para el pago de servicios ambientales en la parte alta de la cuenca. La fragilidad de este tipo de ecosistemas hace necesario la participación no solo del gobierno sino de toda la sociedad incluyendo el sector privado. Los servicios ambientales en la parte alta de la cuenca incluyen agua, biodiversidad, bioenergía, control de la erosión y producción maderable y no maderable. El valor que se estimó de los recursos forestales en general fue de \$1780 millones por año (38% del valor total de todos los servicios). Asimismo, se identificaron los factores más importantes que pueden considerarse en el pago por servicios ambientales en la entidad. Estos fueron riesgo de deforestación y disponibilidad de agua.

Es importante señalar que los resultados de este proyecto se utilizaran en un análisis integral que se hará de los servicios ambientales para esta cuenca en particular. En Marzo del 2013, se participará en un curso sobre simulación de SA para evaluar el flujo de los SA hacia los usuarios. En el curso, se pretende utilizar un software especial que visualizará espacialmente la oferta y demanda y los principales factores que pudieran afectar ese flujo de SA. Detalles de esos resultados serán dados a conocer en los medios apropiados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aviles-Polanco, G., Huato-Soberanis, L., Troyo-Dieguez, E., Murillo-Amador, B., Garcia-Hernandez, J.L, Beltran-Morales, L.F. (2010). Valoración Económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz, B.C.S.: Una valoración contingente del uso de agua municipal. *Frontera Norte* 22 (43), 103-128
- Brauman, K.A., Gretchen, C., Duarte, T. K., Mooney, H.M. (2007). The nature and value of ecosystem services: An overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environmental and Resources*, 32:67–98.
- Coase, R.H. (1960). The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, 3(1): 1–44.
- Costanza R., d'Arge R., deGroot R.D., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill RV., Paruelo J., Raskin R.G, Suttonk P., Belt V.D. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630): 253–260.
- Daily, G.C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press: Washington, DC.

INFORME FINAL PROYECTO SIP # 20121179
METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN ESPACIAL DEL VALOR
ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES EN DURANGO

- Diaz-Solis H, Kothmann MM, Hamilton WT, Grant WE. 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semiarid grazing lands. *Agricultural Systems*, 76:655-680.
- Feen, R.H. (1996). Keeping the balance: ancient Greek philosophical concerns with population and environment. *Population and Environment*, 17(6): 447–458.
- Haro Martinez AA, Taddei-Bringas C. 2010. Valoración ambiental: aportaciones, alcances y limitaciones. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 41(160):209-221.
- Herrera-Corral J, Herrera-Arrieta Y, Carrete-Carreón FO, Almaraz-Abarca N, Naranjo-Jiménez N, Gonzalez-Gonzalez FJ. 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia*, 36(4): 300-305
- Holmes TP, Bergstrom JC, Huszar E, Kask SB, Orr IF. 2004. Contingent valuation, net marginal benefits, and the scale of riparian ecosystem restoration. *Ecological Economics*, 49(1): 19-30

[mas bibliografía, no se incluye para minimizar espacio y tamaño del manuscrito]