

“Análisis de las condiciones ambientales, sociales y económicas en cuencas de importancia prioritaria para el desarrollo de mecanismos locales de pago por servicios ambientales”
CONAFOR-2010-C02-148403

MC. Eduardo Vargas Pérez. Responsable Técnico del proyecto

RESUMEN EJECUTIVO

Introducción

Los servicios ambientales, entendidos como las condiciones y procesos por los cuales los ecosistemas sostienen el bienestar humano, representan actualmente un tema de gran interés en México. La valoración de los servicios ambientales es la base para desarrollar mecanismos de pago y generar políticas públicas conducentes a su preservación, restauración y manejo.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), con el propósito de apoyar el desarrollo y consolidación de Mecanismos Locales de Pago Servicios Ambientales (PSA), a través de la Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque (GSAB), formuló en 2008 los primeros lineamientos de un esquema de fondos concurrentes, con su primera modificación en 2010, ampliándose a todo tipo de servicios ambientales. La estrategia para el desarrollo de este tipo de PSA corresponde a una visión de cuenca hidrológica.

El presente proyecto de investigación titulado “**Análisis de las condiciones ambientales, sociales y económicas en cuencas de importancia prioritaria para el desarrollo de mecanismos locales de pago por servicios ambientales**” fue financiado por el Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR y tiene como objetivo general analizar las condiciones ambientales, sociales y económicas en cuatro cuencas de México con importancia prioritaria para el desarrollo de mecanismos locales de pago por servicios ambientales que son: a) Subcuenca del Río Ahuehuepan, Taxco, Guerrero, b) Microcuencas del Río Jamapa, Veracruz, c) Microcuencas asociadas a los Ríos Santiago y Tepehuanes, Durango y d) Microcuencas asociadas a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán y Estado de México, mismas que se muestran la Figura 1.

El estudio se realizó con tres objetivos particulares. 1) Obtener conocimiento e información para determinar la calidad del agua, e identificación de puntos de contaminación y una propuesta de mejores prácticas para mejorar la calidad del agua; 2) Generar una propuesta de áreas funcionales (cuenca alta, media y baja) y su relación con los servicios ambientales (capacidad de infiltración, regulación de la erosión hídrica, regulación de eventos extremos, provisión de agua, regulación de la calidad del agua y regulación de la escorrentía); y 3) Analizar los arreglos institucionales necesarios para el establecimiento y operación a mediano plazo de los mecanismos locales de PSA y el monitoreo de impactos.

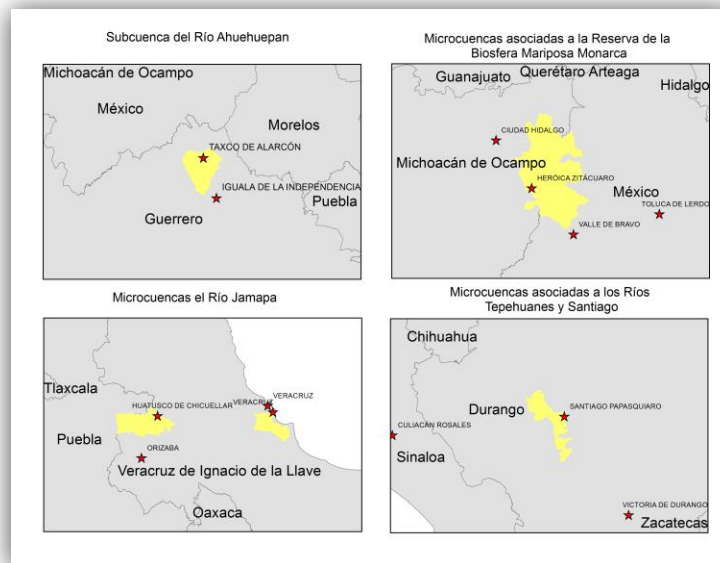


Figura 1. Localización de las cuatro zonas de estudio.

Resultados por objetivo

1. Componente respecto a la calidad del agua

Este objetivo se cubrió al realizar el diagnóstico de calidad del agua, diseñar el sistema de monitoreo y proponer mejores prácticas de manejo en las cuatro zonas de estudio.

De este objetivo se derivan los siguientes productos:

- Diagnóstico de calidad del agua físico-químico, bacteriológico y de sedimentos en los ríos y cuerpos de agua para cada cuenca.
- Estrategia para la realización del monitoreo.
- Documento técnico en el que se establezca la línea de base y el sistema de indicadores para estimar el impacto del programa PSA sobre la calidad del agua (físico-químico, bacteriológico y de sedimentos) para cada cuenca.
- Caracterización y sistema de información geográfica de los usos de suelo que tienen impacto relevante en la calidad del agua disponible en las cuencas.
- Propuesta de usos posibles del suelo y prácticas de manejo recomendables, para conservar y mejorar la calidad del agua de la cuenca, así como, la estimación de los costos para su implementación y mantenimiento.

Para conocer las condiciones de la calidad del agua en las diferentes zonas de estudio se definieron sitios de monitoreo, basados en los usos de suelo y la vegetación presentes: 1) Subcuenca del Río Ahuehuepan 16 sitios, 2) Microcuencas asociadas a la zona núcleo de la

Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 31 sitios, 3) Microcuencas del Río Jamapa 17 sitios y 4) Microcuencas asociadas a los Ríos Tepehuanes y Santiago 16 sitios. En las primeras tres zonas se midieron 22 parámetros: temperatura, color, total de sólidos disueltos, sólidos suspendidos, sólidos totales, turbidez, conductividad, salinidad, pH, alcalinidad, dureza, OD, DQO, NH₄⁺, NO₃, NO₂, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Mn, Fe, Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Para la cuarta zona se midieron únicamente 10 parámetros: temperatura, total de sólidos disueltos (TDS), sólidos sedimentables (SS), turbidez, conductividad, salinidad, potencial de hidrógeno (pH), alcalinidad, dureza total y oxígeno disuelto. En todos los casos se realizaron 4 muestreos a lo largo del año con el fin de evaluar la época de lluvias y de estiaje. La calidad del agua muestra una mejor condición en los sitios ubicados a mayor altitud en todas las microcuencas; donde el uso de suelo es principalmente forestal. También se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF) expresado en una escala de 0 a 100, representando 0 la peor calidad y 100 la mejor calidad, con una clasificación de excelente (91-100), buena (71-90), media (51-70), mala (26-50) y muy mala (0-25). Se obtuvieron 4 valores de ICA por sitio de monitoreo. El sitio más contaminado con ICA 22 fue la Subcuenca del Río Ahuehuepan debido a los efluentes generados en la localidad de Taxco, el sitio más limpio con ICA promedio de 87 se presentó en las microcuencas asociadas a la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca en el municipio de Ocampo, este sitio es un manantial que se encuentra en la zona núcleo dentro de bosques de Pino-Encino. En las microcuencas del Río Jamapa el 54.4% de los sitios presentaron buena calidad (ICA=71-90), 39.7% calidad media (ICA=51-70), 4.4% calidad mala (ICA=26-50) y el resto 1.5% no se calculó el ICA debido a que no presentó agua el sitio. Mientras que la Subcuenca del Río Ahuehuepan el 60 % presentaron buena calidad, el 31.7 % presentaron calidad media, el 5% presentó mala calidad y el 3.3 % muy mala calidad (ICA = 0-25). Finalmente en la zona de la Mariposa Monarca el 44.17 % presentaron buena calidad, el 54.17% resultó con calidad media y el 1.67% con mala calidad.

Con los resultados se generó el diagnóstico mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se determinó que las áreas urbanas afectan significativamente la calidad del agua, seguida de las áreas agrícolas y pecuarias que vierten grandes cantidades de nutrientes a las corrientes superficiales, mientras que las zonas con vegetación natural afectan positivamente la calidad del agua. La línea base, considerando los parámetros básicos necesarios para el monitoreo a largo plazo, contiene los siguientes indicadores: Temperatura, Turbidez, Sólidos suspendidos totales, pH, Alcalinidad, Dureza total, Oxígeno disuelto, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Sulfatos, Coliformes Totales y Fecales.

En el Cuadro 1 se presentan los criterios de calidad del agua (niveles máximo, excepto para oxígeno disuelto), de acuerdo a los indicadores que se han propuesto. Los parámetros consideran la regulación mexicana, con base en las normas y leyes vigentes, así como algunas propuestas derivadas de la revisión bibliográfica. Es importante señalar que según el tipo de uso, varía la importancia de uno u otro parámetro de calidad.

Cuadro 1. Criterios de calidad del agua para indicadores propuestos.

| Uso del agua | Temperatura (°C) | Turbidez (NTU) | pH | Alcalinidad (CaCO ₃ mg L ⁻¹) | Dureza total (CaCO ₃ mg L ⁻¹) | OD (mg L ⁻¹) | DBO5 | Nitratos (NO ₃ mg L ⁻¹) | Fosfatos (PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹) | Sulfatos (SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹) | Solidos suspendidos totales (mg L ⁻¹) | Colif. fecales (NMP /100ml) | Colif. totales (NMP /100 ml) |
|---|------------------|----------------|----------|---|--|--------------------------|------|--|--|--|---|-----------------------------|------------------------------|
| Vida acuática agua dulce | CN+1.5 | - | 6.5- 8.5 | (i) | - | >5 | - | - | - | - | 30 | 1000 | - |
| Uso y consumo humano | - | 5 | 6.5- 8.5 | - | 500 | - | - | 10 | - | 400 | - | No detectable | No detectable |
| Abastecimiento uso público urbano | CN+2.5 | 10 (iii) | 6.0- 9.0 | 400 | - | >4 (ii) | - | 5 | - | 250 | 50 | 1000 | - |
| Uso recreativo de contacto primario (iv) | - | - | 5.0- 9.0 | - | - | >5 | 20 | - | - | - | - | 200 (c) | 1000 |
| Uso recreativo de contacto secundario (v) | - | - | 5.0- 9.0 | - | - | >2 | 30 | - | - | - | - | 200 | 5000 |
| Pecuario | - | - | 6.0-9.0 | - | - | - | - | 100 | - | - | - | - | 1000 |
| Riego agrícola (vii) | - | - | 6.0- 9.0 | - | - | - | 30 | - | - | 250 | 50 | 1000 | - |
| Usos del agua para procesos industriales (vi) | <38 | - | 6.0- 8.5 | - | 120 | - | - | 10 | - | - | - | - | - |
| Uso estético | - | - | - | - | - | >2 | 30 | - | - | - | - | - | - |

C.N. Condiciones naturales del sitio donde se vea vertida la descarga de aguas residuales.

- En la fuente no se menciona el parámetro.

(i) La alcalinidad natural no debe reducirse en menos del 25%, ni cuando ésta sea igual o menor a 20mg L⁻¹.

(ii) También puede ser expresado como porcentaje de saturación y debe ser mayor de 50 %.

(iii) Equivalencia en JTU: Agua para uso público urbano <0.5 JTU (Finney y Lawton, 2001).

(iv) La recreación con contacto primario o sin restricciones consiste en aquellas actividades en las cuales existe contacto prolongado y hay posibilidades de ingerir agua. En ríos, lagos, embalses (se exceptúan piscinas), incluye actividades como natación y buceo.

(v) La recreación como contacto limitado incluye las actividades relativas al agua, en las cuales el contacto con el agua es accidental y la probabilidad de ingerir cantidades.

(vi) La calidad del agua requerida por la industria depende del producto que se va a elaborar, sin embargo se presentan los criterios recomendados que debe tener un agua.

(vii) En México la ley establece un límite de coliformes fecales de 1000 NMP/100 ml, sin embargo algunos autores sugieren que para agua de riego de vegetales destinados al consumo humano debe ser de: coliformes totales 1000 NMP/100 ml y coliformes fecales 100 NMP/100 ml (Guzmán *et al.*, 2011).

La propuesta técnica de monitoreo con énfasis en los indicadores a seguir para estimar el impacto del programa de PSA sobre la calidad del agua se basa en el protocolo de la Global Water Watch (GWW), quienes han desarrollado su experiencia en sitios de monitoreo comunitario considerando los parámetros mencionados, se propone un muestreo mensual, efectuados por técnicos comunitarios y 4 validaciones al año a realizar por laboratorios certificados.

Las posibles alternativas de mejores prácticas de manejo identificadas en base a la información disponible fueron las siguientes: *franjas de protección de ríos, humedales artificiales, reforestación, tinas ciegas, canales de desviación de escurrimiento en caminos, presas de retención de azolves, terrazas de formación sucesiva y surcado al contorno*. En el siguiente cuadro se muestran las superficies y obras para cada zona de estudio.

Cuadro 2. Mejores prácticas de manejo por zona de estudio.

| Actividad | Cantidad por zona de estudio | | | | Unidad | Total |
|---|---|--|---|---------------------------------------|--------|----------|
| | Subcuenca del Río Ahuehuepan, Taxco, Guerrero | Microcuencas asociadas a los Ríos Santiago y Tepehuanes, Durango | Microcuencas asociadas a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán y Estado de México | Microcuencas del Río Jamapa, Veracruz | | |
| Reforestación directa | 869.2 | 1,240.3 | 21,747.8 | 199.6 | ha | 24,057.0 |
| Reforestación directa en ríos intermitentes (franjas de protección) | 286.7 | 634.2 | 3,483.3 | 546.5 | | 4,950.7 |
| Reforestación directa en ríos perennes (franjas de protección) | 222.9 | - | 4,214.5 | 802.9 | | 5,240.3 |
| Surcado en contorno | 39.3 | 2,119.2 | 28,874.0 | 1683.0 | | 32,715.5 |
| Surcos rectos | 91.8 | 2,204.8 | 13,357.7 | 9213.7 | | 24,868.0 |
| Terrazas de base angosta | 491.3 | 1,259.3 | 6,810.3 | 4599.9 | | 13,160.9 |
| Tinas ciegas con reforestación directa | 1,745.0 | 5,973.3 | 1,201.0 | 7647.3 | | 16,566.6 |
| Cercado de ríos | 267.7 | 16.5 | 368.5 | 172.9 | Km | 825.6 |
| Presas de retención de azolves | 11,384 | 62,722 | 38,633 | 16764 | Obras | 129,503 |
| Humedales | 27 | 12 | 243 | 139 | | 421 |
| Canales de desviación | 13,333 | 1,988 | 7,789 | 16,763 | | 39,873 |

2. Componente respecto al funcionamiento geohidrológico y de la hidrología superficial

Este objetivo se cubrió al elaborar una prospección general sobre el funcionamiento geohidrológico y de la hidrología superficial y relacionar la provisión de servicios ambientales hidrológicos con las áreas funcionales de cada zona de estudio.

De este objetivo se derivan los siguientes productos:

- Análisis del funcionamiento general de la cuenca superficial y subterránea.
- Caracterización y sistema de información geográfica de las áreas funcionales de la cuenca.
- Análisis desde el punto de vista de la provisión de servicios ambientales hidrológicos de las áreas funcionales y el balance hídrico de la cuenca.

El balance hídrico se realizó con la metodología de Thornthwaite versión III, incluye: interceptación de la lluvia, evapotranspiración (potencial y actual), almacenaje de agua en el suelo y demás, escurrimientos y percolación, esta última variable se consideró como recarga potencial. Para cada zona de estudio, se generaron mapas donde se muestran los valores de cada una de las variables que componen el balance hídrico. El siguiente cuadro muestra los resultados generales del volumen anual por variable, para cada zona de estudio.

Cuadro 3. Variables del balance hidrológico por zona de estudio.

| Zona de estudio | VMm3pp | VMm3INT | VMm3ETA | VMm3ESC | VMm3RP | % respecto a la precipitación | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|-------------------------------|-----|-----|----|
| | | | | | | INT | ETA | ESC | RP |
| Microcuencas asociadas a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán y Estado de México | 1694.53 | 196.79 | 1326.87 | 133.20 | 37.64 | 12 | 78 | 8 | 2 |
| Subcuenca del Río Ahuehuepan, Taxco, Guerrero | 418.84 | 45.03 | 337.07 | 21.66 | 15.10 | 11 | 80 | 5 | 4 |
| Microcuencas del Río Jamapa, Veracruz | 1565.79 | 168.92 | 927.90 | 306.96 | 161.84 | 11 | 59 | 20 | 10 |
| Microcuencas asociadas a los Ríos Santiago y Tepehuanes, Durango | 912.77 | 144.96 | 354.20 | 309.39 | 104.35 | 16 | 39 | 34 | 11 |
| VMm3 = Volumen en millones de metros cúbicos Pp = precipitación INT = interceptación ETA = evapotranspiración actual ESC = escurrimiento RP = recarga potencial de acuíferos | | | | | | | | | |

Para el estudio del funcionamiento general subterráneo se realizó la revisión de las formaciones geológicas, las características hidrogeológicas de los acuíferos y los aprovechamientos de agua superficiales y subterráneos.

Las cuencas hidrográficas se pueden dividir en unidades espaciales a partir de la función hidrológica específica que desempeñan. Se reconocen tres diferentes zonas funcionales en una cuenca: a) el área de colecta o captación, donde las aguas que se precipitan son captadas, infiltradas y posteriormente, concentradas transformándose en escorrentía, b) el área de almacenamiento hídrico, cuya capacidad variará en cantidad y duración dentro del sistema; esta zona es un área de funciones mixtas pues además de almacenar, también desaloja agua cuenca abajo. Finalmente, c) la zona de descarga, de salida o de emisión hídrica de la cuenca, que típicamente se presentará en forma de escorrentía.

Para Durango y Estado de México-Michoacán se definieron tres áreas funcionales, mientras que en el caso de Taxco y Veracruz solo se presentan parte alta y media; y alta y baja respectivamente. Una vez delimitadas las áreas funcionales se procedió a caracterizarlas y describirlas con información geográfica. Además a partir de recorridos de campo se obtuvo información geomorfológica de las cuencas e información socioeconómica.

El análisis de la provisión de servicios ambientales en la recarga de acuíferos se hizo mediante la evaluación multicriterio de las variables: edafológicas, geológicas, uso de suelo, precipitación y pendiente. Procesada para la obtención de capas de criterios y sus correspondientes pesos en el proceso de infiltración. Los resultados indicaron que las zonas forestales con diferentes tipos de vegetación reducen los escurrimientos comparadas con los suelos desnudos, zonas agrícolas y pastizales. De acuerdo a los escenarios planteados para la evaluación de los servicios ambientales, las zonas de bosque en cada una de las zonas de estudio reducen los escurrimientos de eventos extremos que pudieran presentarse (se utilizaron periodos de retorno de 50 y 100 años) con valores que van desde 6.9 a 74.8% de reducción con respecto al escenario actual. De la misma forma la erosión en zonas forestales bien conservadas se ve reducida hasta en un 94% con respecto a los escenarios actuales en las cuencas. En cuanto a la infiltración profunda las áreas funcionales altas presentaron mayor cantidad de recarga.

3. Componente respecto al análisis de los arreglos institucionales

Este objetivo se cubrió al analizar las condiciones en las que operan los actores involucrados en los mecanismos locales de pago por servicios ambientales hidrológicos para favorecer el establecimiento de arreglos institucionales. Además de diseñar una estrategia de monitoreo de impactos del programa en las condiciones socioeconómicas y de calidad de vida de los proveedores de los servicios ambientales que son apoyados en la cuencas prioritarias.

De aquí se derivan los siguientes productos

- Análisis DAFO acerca de las condiciones actuales sobre las que se han establecido los convenios de Mecanismos locales de pago por servicios ambientales.
- Diagnóstico de las instituciones y los actores involucrados en el establecimiento de convenios de Mecanismos locales de pago por servicios ambientales (fortaleza organizativa, capacidad de gestión y capacidad de cumplir acuerdos).
- Propuesta de arreglos institucionales necesarios para asegurar el establecimiento y operación en el mediano plazo del monitoreo de impactos respecto a la provisión de servicios ambientales de Mecanismos locales de PSA implementados.
- Reporte respecto a la línea de base y propuesta de indicadores para estimar el impacto de los mecanismos locales de PSA en las condiciones socioeconómicas y de calidad de vida de los proveedores de los servicios ambientales que son apoyados en las cuencas prioritarias.
- Plan estratégico para la implementación del monitoreo de impactos sobre la provisión de servicios hidrológicos de los Mecanismos locales de pago por servicios ambientales en las cuencas prioritarias.

Se generó una matriz DAFO a partir de datos obtenidos mediante encuestas, entrevistas y visitas en campo, complementadas por las observaciones *in situ* sobre puntos particulares que fueron de interés. Dentro de esta matriz se analizaron las condiciones en las que se llevan a cabo las actividades relacionadas con el mecanismo tomando en cuenta las siguientes temáticas generales: impacto social, impacto ambiental, impacto económico, organización y negociación. Así mismo se generó una matriz de estrategias en donde se organizó de mayor a menor (en grado de importancia) la información, de acuerdo a las principales estrategias que debieran ser seguidas por los actores del PSA. De esta manera, se exponen las observaciones encontradas. Esta matriz se orienta a definir los puntos de gran interés para los agentes involucrados en el programa, de manera que estos definan las soluciones óptimas desde sus posiciones y con los recursos que tienen a su disponibilidad.

Para realizar el diagnóstico de las instituciones y los actores involucrados en el establecimiento de convenios de Mecanismos locales de PSA se decidió elaborar una metodología híbrida, que permitiera establecer la identificación de los actores principales del PSA y su desempeño dentro del contexto operacional del programa. Para evaluar el nivel de cumplimiento se utilizó una base binaria (0 para respuestas negativas y 1 para positivas). Se identificaron los siguientes actores: CONAFOR, Contraparte, Beneficiarios directos e indirectos, donantes y técnicos forestales. Con esta metodología se obtuvo que todos los actores se encuentran en la mejor disposición de

desarrollar el programa, incluso aquellos que pueden ser considerados completamente externos. La sociedad civil y la iniciativa privada tienen un amplio interés en este programa, ya que sus beneficios son ampliamente tangibles y el costo que se asocia a su patrocinio es razonablemente menor a las consecuencias de su inexistencia.

La estrategia para la implementación del monitoreo consiste en que este sea comunitario participativo para monitorear la calidad del agua en las cuencas, necesario para conocer el estado de las corrientes y cuerpos de agua, en particular por las propias personas de la localidad. Para esto se definieron los actores involucrados en este proceso identificando 5 grandes grupos: 1) Organismos Públicos (CONAGUA, SEMARNAT, CONAFOR, CONANP, gobiernos estatales y municipales), 2) instituciones de investigación (universidades, centros de investigación especializados), 3) Sector privado (Empresas, Consejos comerciales, Laboratorios), 4) Sociedad civil (Organizaciones de la sociedad civil), y 5) Comunidades y voluntarios (Ejidos, Comunidades, ciudadanos independientes). Todos estos agentes representan en lo general a la sociedad, y pueden aportar desde su nivel de trabajo, acciones positivas para la implementación y ejecución del MCP. Para poder llevar a cabo el monitoreo comunitario se proponen tres arreglos institucionales que darán certeza y seguridad a su puesta en marcha, estos son: documento rector, carta de intención y un reglamento interno.

En cuanto a los indicadores para estimar el impacto se tomaron en cuenta 4 grandes dimensiones: a) Perfil socioeconómico del beneficiario, b) Conocimiento del programa, c) Efectos en las condiciones socioeconómicas del proveedor y d) Modificación de prácticas socioeconómicas en el manejo del sistema ambiental. Cada una de estas dimensiones se despliega en un número de indicadores que permitirán su medición concreta. La batería de indicadores está integrada por 20 indicadores, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- A.1 Género
- A.2 Edad
- A.3 Etnicidad
- A.4 Alfabetismo
- A.5 Grado de estudios
- A.6 Ingreso medio mensual familiar
- A.7 Actividad económica
- A.8 Dependientes económicos
- A.9 Servicios básicos y tipo de vivienda
- A.10 Apoyos de otros programas de gobierno
- B.1 Conocimiento del pago
- B.2 Sistema de decisión sobre la distribución del pago
- B.3 Cumplimiento de la asistencia técnica
- B.4 Conocimiento de obligaciones
- C.1 Uso de los recursos asignados
- C.2 Contribución en la calidad de vida
- C.3 Utilidad del programa
- D.1 Impacto ambiental del programa
- D.2 Escenario contrafáctico
- D.3 Escenario futuro post-PSA

En este estudio se percibe una paulatina transformación en la percepción social y prácticas económicas de los beneficiarios con relación al manejo de los recursos forestales. Los beneficiarios han comenzado a valorar la importancia de las tareas de conservación y reconocen las ventajas de ingresar a un mercado de servicios ambientales. Los representantes de los núcleos agrarios comentaron que este tipo de programas es benéfico para que comuneros y ejidatarios aprecien que la reforestación y el saneamiento representan un ingreso económico y la posibilidad de que los beneficios de los recursos forestales se protejan para el beneficio de las próximas generaciones. Por lo tanto, la generación de empleo temporal gracias a este programa coadyuva a la creación de una nueva cultura ambiental proclive a la conservación y la sustentabilidad.