

ESTABLECIMIENTO DE UN MECANISMO DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES SOBRE UN SOPORTE GIS EN LA CUENCA DEL RÍO CALAN, HONDURAS

PABLO MARTÍNEZ DE ANGUITA¹, SAMUEL RIVERA², JOSÉ MANUEL BENEITEZ¹ Y
FERNANDO CRUZ²

¹ Universidad Rey Juan Carlos. C/ Tulipán s/n 28933 Móstoles, Madrid.

E-Mail: Pablo.martinezdeanguita@urjc.es

² Escuela Nacional de Ciencias Forestales, ESNACIFOR, Apartado Postal # 2
Siguatepeque, Comayagua. Honduras.

RESUMEN

Se plantea una metodología de pago por servicios ambientales (PSA) basada en un soporte GIS que permite integrar los servicios ambientales a la formulación de planes de desarrollo rural, a la planificación territorial del espacio rural y al abastecimiento de agua potable a ciudades. Se parte de un estudio de caso para mostrar la metodología basado en la situación de la ciudad de Siguatepeque y su territorio rural, en el centro de Honduras. Los bosques montañosos que la rodean desaparecen por el continuo avance de la frontera agrícola. Una forma de preservarlos y contribuir al mismo tiempo a la superación de la pobreza rural local es dar valor de mercado a productos y servicios ambientales que hasta el momento no lo tenían, como la regulación del ciclo hidrológico. Los habitantes de dicha ciudad, ante la falta de agua potable de calidad, están dispuestos a pagar por ella. El sistema PSA propuesto consiste en el pago de una externalidad, la provisión de agua potable cuyos fondos pueden emplearse en la gestión de los bosques y el desarrollo de los habitantes de la cuenca abastecedora. Con ayuda de un SIG se cartografían puntos y áreas críticas, se ordena la cuenca y se estiman los cambios que permitirán que este sistema de financiación de desarrollo rural se perpetúe en el tiempo. La incorporación de un SIG en la definición de un sistema PSA discrimina las diferentes áreas cuyos cambios de usos permiten mantener la calidad del recurso hídrico y constituye la base de su sistema de monitoreo. Esta precisión permite reducir las zonas en las que invertir los fondos obtenidos garantizando la eficiencia del mecanismo.

Palabras clave: SIG, Pagos por Servicios Ambientales, economía ambiental, externalidades, desarrollo rural, recursos hídricos, valoración contingente.

ABSTRACT

The objective of this paper is to provide a Payment for Environmental Services based on a GIS methodology to be used when introducing and integrating environmental services provided by hydrographical basins in rural development plans, rural land planning and drinkable water supply projects. A case study is used to show the methodology based on the situation and problems of the city of Siguatepeque and its surrounding rural areas, in Central Honduras. Due to the forward-moving agricultural frontier in the mountainous areas woods of this municipality are disappearing. A way to preserve these woods and at the same time contribute to overcome rural poverty associated to these areas is the revaluation of their products, more specifically, water. Inhabitants of Siguatepeque, Honduras, in the lack of quality water provision, are willing to pay for clean water. The (PES) mechanism consists on the payment of an external service, in this case, the provision of drinkable water, by those who want to make use of it. These funds are used in the conservation of the woods of the basin, for the organization and management of the hydrographical basin and for the local development of its rural inhabitants. GIS is used as a tool to determine critical areas and to estimate changes in order to perpetuate this situation of mutual profit. GIS analysis is used to identify the critical areas where land use changes will allow for the maintenance of the quality of water; without this precision, PES systems in large areas can become inefficient.

Key words: GIS, Payment for environmental services, environmental economics, externalities, rural development, water resources, contingent valuation.

1. Introducción

La desaparición de los bosques tropicales va acompañada de la aparición de fenómenos como deslizamientos e inundaciones y pérdidas de la cantidad y calidad de las aguas, que impactan negativamente en la población y en los recursos naturales de Centroamérica. El avance de la frontera agrícola en las áreas latinoamericanas está haciendo desaparecer los bosques que correctamente gestionados podrían suponer una enorme fuente de riqueza económica y ecológica para sus habitantes. A esta situación bastante generalizada se le suma el hecho de que la concentración y crecimiento de la población, generalmente implica un mayor deterioro ecológico cuando no va acompañada de una ordenación efectiva del territorio. Una forma de conservar los bosques es la puesta en valor de sus productos, en especial del agua (Brooks *et al.*, 1991; Winpenny, 1991; Huetting *et al.*, 1998; Johnson y Baltodano, 1999; Barrantes y Castro, 1999; Kaimowitz, 2001; Jhonson *et al.*, 2002; Pagiola y Platais, 2002;).

Los sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) constituyen una solución novedosa que permite invertir una situación de desabastecimiento y degradación ambiental mediante la lógica de mercado y transformar zonas de alto valor y riesgo ambiental, a causa de altas presiones demográficas, en áreas en las que se logre un desarrollo sostenible. Por este motivo, los sistemas PSA han recibido la atención de numerosos trabajos de investigación (Stürzinger y Bustamante, 1999; Sage y Sánchez, 2002; Mejías y Bonilla, 2002; Rosa *et al.*, 2003; Wunder, 2005).

El objetivo de un sistema PSA consiste en articular el cobro de una externalidad, en este caso, la regulación del ciclo hidrológico y el suministro de agua potable a quienes desean adquirirla, empleando dichos fondos en la conservación de los bosques productores y en la ordenación y gestión de las cuencas hidrográficas en las que se encuentran (Salgado, 1996; Barzev, 1999 y 2000; Carrillo, 2001; Cordero, 2002). Diversos autores han elaborado propuestas metodológicas (PASOLAC, 2000 y 2002; PASOLAC y CBM, 2002; Wong, 2001; Pérez *et al.*, 2002; Rosa *et al.*, 2003). Otros como Pérez y Bonilla (2001), FAO (2004), o Robertson y Wunder (2005) han recopilado casos de sistemas PSA desarrollados para la fijación de carbono, la protección de cuencas, la belleza paisajística y la protección de la biodiversidad. Este trabajo pretende dar un paso más en dichas metodologías e incluir el uso de los sistemas de información geográfica y la planificación física en la formulación de los sistemas PSA. Se espera con ello lograr propuestas PSA más precisas y eficientes en términos de coste beneficio de modo que puedan ser incorporadas a proyectos de desarrollo rural o de abastecimiento a municipios de agua potable.

La incorporación de los SIG en la definición de sistemas PSA ha comenzado a desarrollarse tímidamente. PASOLAC (2000 y 2002) incluyen en sus metodologías centroamericanas de desarrollo de proyectos PSA en cuencas hidrográficas la cartografía del territorio. Estrada y Quintero (2003) han propuesto una metodología para PSA hidrológicos basada en la extensión de Arcview "Soil and Water Assessment Tool" (SWAT) para contabilizar la cantidad de agua en la cuenca. Rosa *et al.*, (2003) han señalado la importancia de considerar una racionalidad territorial en el uso de las compensaciones a fin de garantizar los servicios ambientales desde una perspectiva de gestión territorial y paisajística. Y Robertson y Wunder (2005) han propuesto "*superponer el 'mapa de costos de oportunidad' sobre el 'mapa de amenazas' y el 'mapa de prioridades'* de modo que asumiendo un presupuesto dado y fijo de PSA, se analice dónde en el paisaje los PSA podrán constituir una diferencia para el suministro de servicios adicionales, y enfocar los contratos de PSA hacia estas 'áreas estratégicas' usando tasas espacialmente diferenciadas en lugar de tasas únicas, es decir ofrecer pagos más altos por las áreas que sean más importantes para el suministro de servicios.

Estos estudios, así como las propuestas más recientes, ponen de manifiesto la absoluta necesidad del uso de los GIS en los sistemas PSA si se desea alcanzar una precisión suficiente que permita tanto incluir el sistema PSA dentro de un plan mayor de ordenación territorial, como lograr una asignación eficiente de los recursos económicos al focalizarse, como proponen Robertson y Wunder (2005), en la conservación de las áreas más importantes en el suministro de los servicios. Este artículo pretende llenar el vacío metodológico existente proponiendo una metodología utilizable a escalas situadas entre 1:10:000 a 1:50.000.

2. Área de estudio

La metodología se aplica a la Cuenca del Río Calan, de vital importancia para el abastecimiento de agua potable a la población de Siguatepeque, Honduras, por ser la fuente de agua de mayor tamaño y potencial en la zona (Figura 1). La Cuenca está políticamente ubicada dentro de los municipios de Siguatepeque y El Rosario del Departamento de Comayagua, y Masaguara en Intibucá, Honduras. Tiene una extensión de 4.896 hectáreas. De acuerdo con el Servicio Nacional

de Acueductos y Alcantarillado (SANAA)¹, el número de abonados a abastecer inicialmente de agua por la cuenca del Río Calan en el casco urbano de Siguatepeque sería inicialmente de 3.345 familias beneficiarias.

3. Consideraciones económicas sobre la implantación de un PSA

3.1 Consideraciones generales

El PSA es un mecanismo flexible y adaptable a diferentes condiciones, que apunta a un pago o compensación directo por el mantenimiento o provisión de un servicio ambiental, por parte de los usuarios del servicio el cual se destina a los proveedores (De Hek 2004). Los PSA en cuencas normalmente se concentran en los servicios hídricos, la disponibilidad y/o calidad del agua, o la reducción de los daños causados por grandes inundaciones, si bien existen otros servicios ambientales que podrían integrarse en sistemas de estas características.

El PSA se financia con una lógica de mercado, a través de cobros a los demandantes de servicios ambientales y pagos de actividades verificables a los productores. Esta lógica es opuesta a las subvenciones y las donaciones (Giger, 1999). Si existe la demanda de un recurso y la oferta capaz de satisfacer de forma adecuada dicha demanda, el mecanismo de un PSA consiste en coordinar los flujos financieros que deben producirse ya sea de modo directo a través de pagos directos o de modo indirecto, es decir a través de un Fondo de Servicios Ambientales creado a tal efecto que organice las transacciones cuando el sistema alcance un grado de complejidad elevado. En esta segunda posibilidad, el Pago por el Servicio Ambiental es recaudado a través de tarifas, impuestos, sistemas de licencias o permisos otorgados por el organismo encargado de gestionar el Fondo al tiempo que garantiza el cumplimiento de los acuerdos, servidumbres o contratos de provisión de bienes y servicios ambientales por parte del oferente garantizando su cumplimiento. Una servidumbre ecológica se puede definir como un acuerdo entre dos o más propietarios donde al menos uno acuerda limitar y ordenar voluntariamente ciertos usos de su propiedad para conservar los recursos naturales que hay en la misma. La cuantía del pago debe ser tal que los demandantes cubran de manera satisfactoria su necesidad a cambio de un precio acorde a la misma y que a su vez este precio sea el suficiente para que el oferente cubra como mínimo los costes de producción del servicio y por otro lado se tomen las medidas para que el recurso se maneje y conserve de manera sostenible (Barzev, 1999).

3.2 Consideraciones proyectuales

Este trabajo plantea una metodología para incorporar los sistemas PSA a los proyectos de desarrollo rurales. Todo proyecto tiene en general un desarrollo sucesivo en fases o etapas íntimamente relacionadas, que pueden diferenciarse por sus medios y fines. Los proyectos tienen un principio, que corresponden a la generación de una idea; un crecimiento y desarrollo, relacionados con la formulación del mismo; una madurez, en las fases de ejecución y operación, por último un ocaso, coincidente con su obsolescencia ([figura 2](#)). Tras la generación de la idea suele venir una

fase de estudio de viabilidad y a veces de previabilidad. La formulación propiamente dicha del proyecto concreto se realiza a partir de la alternativa seleccionada de las generadas en el anteproyecto o estudio de viabilidad. Por último, en la ejecución habrá que tener en cuenta qué deberá ser monitorizado según se desarrolla para que no se aleje de sus objetivos, así como ser evaluado al final de su ejecución (Trueba y Marco, 1985). De acuerdo con este autor, los estudios de viabilidad deben incluir los siguientes puntos: análisis de los condicionantes que incidirán sobre el proyecto, localización, tamaño, diseño de la ingeniería a nivel anteproyecto, definición del plan de explotación, selección de alternativas estratégicas, definición concreta de los objetivos del proyecto, identificación y cuantificación de los costos y beneficios del proyecto desde una triple perspectiva (económica, social y ambiental), estimación de los costes de las inversiones con un nivel de aproximación en torno al 25%, posibilidades de mercado y canales de comercialización, propuesta de organización, administración y gestión del proyecto, posibilidades de financiación (comunitaria, nacional, autonómica), estudio a fondo del marco legal, calendario de ejecución y puesta en marcha.

Los estudios de viabilidad en los proyectos de desarrollo rural, como es el caso que nos ocupa, deben partir o al menos coincidir con los estudios previos que se hayan realizado en la ordenación territorial y la formulación del proyecto surgido de ésta. La metodología que aquí se propone afecta a este nivel de viabilidad. La incorporación de un sistema PSA llevará a i) *archivar la posibilidad de establecer un sistema PSA* para una reconsideración futura, ii) *modificarse* en su formulación, iii) raramente a *rechazarse* de forma definitiva, ó iv) pasar a la aprobación final en la fase de *proyecto definitivo*.

En este trabajo se muestra cómo abordar las cuestiones destinadas a resolverse en este nivel de actuación dejando abiertas opciones que deben ser definidas una vez se decida pasar a la fase de definición del proyecto.

3.3 Consideraciones económicas

Para que un sistema PSA tenga éxito es necesario que se cumplan diversas condiciones, unas económicas (cómputo de costes y beneficios), y otras financieras (cobros y pagos). En este trabajo únicamente se desarrolla el primero, si bien se apuntan algunas consideraciones generales que deben tomarse en cuenta cuando se desarrolle el análisis financiero del proyecto.

En el ámbito económico, la metodología básica de un sistema PSA consiste en realizar un análisis coste-beneficio contrastando la valoración económica que tiene el recurso natural para la sociedad – demanda ambiental – el cual históricamente se ha considerado como un bien público que no tiene precio de mercado (PASOLAC 2000), con los costes que representa la dotación del bien o servicio ambiental – oferta ambiental-.

Este trabajo plantea como única condición de viabilidad la autofinanciación anual del proyecto, es decir, que el saldo de proyecto anual sea no negativo. Esta condición económica es una simplificación que no aborda el análisis financiero que todo proyecto que supere su dimensión de anteproyecto debe llevar. Se pretende en este trabajo exclusivamente proponer una metodología básica que pueda ser posteriormente la base, siempre y cuando se cuenten con más datos

financieros, de una ingeniería financiera que permita la existencia de algunos saldos anuales negativos mediante la concesión de créditos, la transferencia de fondos de un año a otro y el posterior pago de las deudas.

Este análisis básico del sistema PSA puede desagregarse en:

3.3.1. Costes anuales:

- A. *Coste anual de oportunidad (CAO)* equivalente a la diferencia de renta percibida por los proveedores del bien o servicio por el hecho de modificar el uso que hacían de dicho recurso a otro acorde a la implantación del sistema PSA. Este coste generalmente depende de la productividad de las tierras (Brooks *et al.*, 1991). Puede incrementarse en un pequeño porcentaje para hacer más atractivo el cambio de usos.
- B. *Coste anual de ejecución (CAE)*. Se refiere a los gastos administrativos y operativos necesarios para la ejecución y funcionamiento del sistema. Las partidas identificadas en este coste son tanto de pago de personal como de oficina y medios.

3.3.2 Costes fijos iniciales:

- A. *De instalación (CI)* que comprende las actividades necesarias, más los gastos de organización y ejecución del sistema, preparación del proyecto, concienciación y motivación para la participación, etc.
- B. *Coste de conservación y mejora ambiental (CC)*, o costes de los programas orientados a la protección, conservación y mejora ambiental a financiar en el primer o primeros años para asegurar la calidad del recurso que se quiere proveer.

3.3.3 Medidas de desarrollo rural (CDL)

Son aquellos que permiten la mejora constante de la calidad de vida de los oferentes, del recurso y de su entorno natural, y que por lo tanto contribuyen a incrementar la sostenibilidad del sistema en el tiempo. Dado que una vez cubiertos los costes fijos iniciales se seguirán recaudando fondos, es previsible que las medidas de desarrollo sostenible local – educación, concienciación, etc. puedan ser las beneficiarias de los fondos que inicialmente fueron destinadas a cubrir los costes fijos iniciales (CC y CI).

La ecuación de viabilidad de un sistema PSA debe ser tal que el precio dispuesto a pagar por los usuarios, o Disposición al Pago (DAP), multiplicado por el número de beneficiarios, arroje la cantidad de dinero disponible para establecer el sistema PSA. Por otra parte hay que considerar dentro de dicha ecuación la posibilidad de que existan otros ingresos (OI) a través de fuentes de financiación externas al sistema. La condición básica anual, sin perjuicio de que un análisis

financiero permita suavizar esta condición algunos años mediante la transferencia de fondos, es la siguiente para todo año m de la vida del proyecto:

$$(DAP_{\text{anual}} * \text{n}^\circ \text{ demandantes})_m + (OI)_m \geq CAO_m + CAE_m + CI_m + CC_m + CDL_m, \quad \forall m \quad (1)$$

Teniendo en cuenta que si b es el número de años necesarios para establecer las mejoras ambientales, pueda cumplirse que para $m > b$, $[CI_m + CC_m] = 0$, y por lo tanto este dinero, es decir la diferencia de dinero entre apartado antes y después de b podrá emplearse si así se desea en desarrollo rural siendo por tanto $CDL_{b+t} \geq CDL_b, \forall t > 0$

Junto con la verificación de la ecuación (1), existen otros factores de tipo social, cultural, político, institucional o ambiental que influyen en el proceso de valoración ambiental y de aplicación del sistema, y que deben ser valorados antes de lanzar un proceso de este tipo. De Hek *et al.* (2004) señalan como factores esenciales a considerar para que el mecanismo PSA tenga éxito la identificación del servicio ambiental, el correcto diseño de la entidad gestora, su transparencia e imparcialidad, y la adecuada información de base.

4. Aplicación metodológica

Las fases para la implantación de un sistema de pagos por servicios ambientales aplicado a los recursos hídricos apoyado en la planificación del recurso a través de un sistema de Información Geográfica (SIG) en este trabajo han sido:

4.1. Identificación de los oferentes y estudio socioeconómico de la cuenca.

Se realizó un levantamiento de información base socioeconómica sobre los oferentes del servicio ambiental, -los campesinos de la cuenca-, futuros responsables de la calidad del recurso hídrico. Se estudiaron sus necesidades, la utilización actual del recurso agua, su número y en general sus condiciones de vida. La información de campo se recogió a partir de instituciones del Gobierno y ONG's. Se recopilaron datos de censos de población, sistemas de abastecimiento de agua, pruebas de calidad de agua, mapas de uso del suelo, hojas cartográficas a escala 1:50.000, estudios existentes en la municipalidad y otras informaciones. Por otra parte, se desarrollaron encuestas en las comunidades reunidas en grupos de acuerdo a los sectores que utilizan la municipalidad en su organización comunal (Rivera *et al.*, 2006).

4.2. Mapificación del medio físico, estudio previo de planificación física y elaboración de un plan de desarrollo rural.

Se elaboró un estudio de medio físico (Rivera *et al.*, 2006) sobre el cual se estableció una ordenación territorial (Picher, 2003) y un plan de desarrollo rural para la Cuenca (León, 2004). Toda la información procedente de vuelos aéreos, cartografía previa y fuentes secundarias se validó en el terreno a través de recorridos de campo con puntos de control. Se georreferenciaron con GPS

todas las viviendas, letrinas y tomas de agua para abastecimiento de comunidades. Toda esta información se procesó, resumió, cartografió en un sistema de información geográfica y relacionó con el municipio del que procedía la información. Se identificaron los aspectos que volvían al agua de la cuenca no apta para el consumo humano.

4.3. Estudio y balance hídrico.

Se realizó un estudio hídrico de pérdidas y ganancias de las microcuencas afectadas por el PSA así como de medidas principales cuyo objetivo fuera disminuir las pérdidas y aumentar las ganancias que incrementasen el caudal y asegurasen el suministro permanente de agua. Para determinar el balance hídrico de la microcuenca, se realizaron aforos de las fuentes de agua, pruebas de infiltración y recolección de datos climatológicos. Se empleó la extensión SWAT para modelizar los cauces. El análisis se resumió en un cuadro de entradas y pérdidas de agua.

4.4. Identificación de los demandantes del recurso hídrico y estudio de la disposición al pago o DAP mediante valoración contingente.

Se cuantificó económicamente mediante valoración contingente el servicio ambiental del agua para los pobladores beneficiarios. A partir del análisis de las encuestas se determinó la Disposición a Pagar (DAP), medida que refleja el deseo de pagar por los bienes y servicios obtenidos si una mejora fuera puesta a disposición de los usuarios del agua. Además se cuantificaron las posibles alternativas de pago no monetario (Brooks *et al.*, 1991; Barry, 1996).

4.5. Planificación física de las áreas de la cuenca con mayor importancia para el mantenimiento del recurso hídrico.

El territorio se zonificó estableciendo un orden de prioridades desarrollándose su correspondiente ordenación teniendo como objetivo prioritario conservar las características que hacían al agua potable en la cuenca. Las zonas de mayor importancia para el mantenimiento de la calidad del recurso hídrico se dividieron a su vez en dos, una "zona prioritaria de actuaciones" y otra de menor importancia que se denominó "zona de actividades en conflicto". Así mismo, se identificaron los puntos críticos de contaminación procedente de núcleos habitados en ambas áreas. En las dos zonas se establecieron medidas para realizar un uso racional basado en el establecimiento de ciertas restricciones en unos casos y cambio a usos no productivos del suelo en otros.

4.6. Valoración del coste de las medidas necesarias para la conservación del recurso hídrico.

Para hacer asumible por parte de los productores dichas restricciones o cambio de uso se calculó el Coste Anual de Oportunidad (CAO) de los pobladores de las zonas productoras de agua, y los costes Anuales de Ejecución (CAE) de medidas orientadas a proteger la calidad y cantidad de agua producida. Al coste de implementación, y de acuerdo a la ecuación (2), se le añadieron los

costes estimados de conservación y mejora ambiental (CC), el de instalación (CI) a fin de contrastarlos con el valor obtenido de la disposición al pago previa. No se consideraron como costes de compensación aquellas actividades que al realizarse, además de mejorar los servicios hidrológicos, también incrementarían los recursos productivos de los oferentes.

4.7. Estudio de figuras legales a utilizar.

Se estudiaron los posibles mecanismos institucionales disponibles para crear una institución capaz de gestionar los fondos de forma participativa, generar los mecanismos de adaptación interna del sistema necesarios a lo largo del tiempo para su autogestión, establecer el sistema de control y seguimiento y minimizar los costos de transacción.

5. Resultados

5.1. Identificación de los oferentes y estudio socioeconómico de la cuenca

La población oferente del servicio se localizó en las siete comunidades que comprenden la Cuenca del río Calan con un total de 2.449 habitantes (PDF, 2001). Éstas presentaban características bastante homogéneas tanto por las actividades económicas que realizan, como por sus patrones culturales. Un 51% de la población estaba compuesta por menores de 15 años. El 73% de la población había llegado a la cuenca procedente de diferentes áreas geográficas del país, el 23% nació en la cuenca. Esta nueva afluencia de población a la cuenca ha ocasionado un incremento de la presión sobre los recursos existentes. La población económicamente activa ascendía a 1,828 personas, un 75% de la población total. La edad de incorporación al mercado laboral era aproximadamente los 12 años. La densidad de la población en la cuenca es de 57 habitantes por km². Debido a la falta de medidas de higiene como hervir o clorar el agua, las enfermedades más frecuentes son la gripe, la diarrea y los parásitos. La población en general ha padecido de diarreas y gripe en un 91% y mareos en un 88%. Muchas enfermedades parasitarias son transmitidas cuando las personas habitan en casas con pisos de tierra. El 74% de las viviendas tienen piso de tierra, el 16% de cemento, 4% de ladrillo y el 6%, pisos mixtos. No existe servicio de alcantarillado en las comunidades. De las 524 viviendas de la Cuenca, el 52% no tienen letrinas, lo que produce contaminación de los afluentes del río con heces fecales procedentes de los alrededores de las casas próximas al río. El 34% de la población arroja los residuos alrededor de las casas, el 32% la quema y sólo el 12% entierra la basura.

Los problemas que tienen los agricultores son variados y complejos y la gravedad de los mismos se ha acentuado aún más después del Huracán Mitch. Entre los principales problemas económicos se destacan la falta de financiamiento con tasas de interés del 36%, la falta de asistencia técnica, la existencia de plagas y enfermedades en cultivos, la inaccesibilidad al mercado y la falta de organización de los propios agricultores.

Los aspectos que hacen que el agua de la cuenca no sea apta para el consumo humano son los coliformes fecales procedentes de las letrinas próximas a los ríos y las viviendas sin letrinas. También se encontró un alto índice de sólidos en suspensión por la erosión y compuestos químicos procedentes de los productos empleados fundamentalmente en el cultivo de café sin cubierta forestal.

5.2. Cartografía del medio físico y estudio previo de planificación física

Se elaboró un mapa de vegetación a partir del tratamiento de fotografías aéreas. El bosque latifoliado tiene una extensión de 413,3 hectáreas y cubre casi el 10% de la superficie de la cuenca. Este ecosistema ha sido considerado por la población como un bosque relativamente improductivo desde el punto de vista económico y convertido en terrenos agrícolas con cultivos anuales, sobre todo granos básicos, en un proceso casi permanente de deforestación. Muchas de las especies que componen estas masas han sido utilizadas principalmente para leña y en construcciones rurales como viviendas y corrales. El bosque de pino tiene una superficie de 1.808,82 hectáreas cubriendo la parte baja y media de la Cuenca. Estas masas están afectadas por los frecuentes incendios forestales y las talas selectivas ilegales.

Se observó que existían problemas de erosión y sedimentación en cauces causados por la deforestación, la agricultura en pendientes pronunciadas y el cultivo de café sin cubierta forestal, y de contaminación por el vertido de agroquímicos en cafetales y cultivos (Rivera *et al.*, 2006). Se definieron las categorías de Ordenación Territorial que representan la situación ideal o deseable del uso de la tierra en base a sus características físicas y legales, comprendidas en el Mapa de Unidades de Ordenación Territorial ([figura 3](#)).

Las Unidades de Ordenación Territorial (UOT) se definieron considerando las características topográficas, cobertura vegetal, características del suelo y el marco legal ([tabla 1](#)). En orden de prioridad fueron las siguientes:

5.2.1. . Zonas de Máxima Protección

- A. *Áreas Protegidas*: Son aquellas áreas declaradas legalmente bajo un régimen específico de protección y sujetas a normas técnicas y reglamentadas, establecidas por la Administración Forestal del Estado (AFE-COHDEFOR), a través del Departamento de Áreas Protegidas, encontrándose en la parte alta de la cuenca 539 hectáreas de la Reserva Biológica de Montecillos.
- B. *Microcuencas Productoras de Agua*: Áreas declaradas de interés forestal por las AFE-COHDEFOR y que deben ser sometidas a un régimen especial de manejo forestal y uso del suelo por su función de producción de agua para comunidades. Están sujetas a las normas técnicas y el reglamento establecido por AFE-COHDEFOR, a través del Departamento de Manejo de Bosques, encontrándose 408,15 hectáreas de microcuencas que abastecen de agua a todas las comunidades presentes en la Cuenca.

C. *Áreas de Protección Hidrológica*: Áreas cubiertas por bosque en los márgenes de los cursos de agua y que desempeñan una función protectora de los cauces y fuentes de agua, sirviendo además de hábitat para una gran diversidad de especies de flora y fauna. Según la ley, estas áreas implican una faja de 150 metros a ambos lados de los cauces permanentes y 250 metros en los nacimientos, encontrándose 950,79 hectáreas dentro de esta categoría.

5.2.2. Zonas de Uso Restringido

A. *Áreas de Protección del Suelo*: Áreas con pendientes fuertes (> 30%) con suelos sensibles a la erosión en las que deben tomarse medidas especiales de conservación de suelos. En la cuenca hay 240,42 hectáreas.

B. *Áreas de Producción Agraria Intensiva*: Áreas agrícolas de producción intensiva en las cuales se emplean altas cantidades de agroquímicos. Estas zonas agrícolas están relacionadas, en la cuenca, fundamentalmente con la producción de café sin cubierta forestal y se extienden en un área de 219,26 ha.

5.2.3. Zonas de Producción Preferente

A. *Áreas de Producción Forestal*: Por su condición de pendiente (entre 15 y 45%) y soporte del suelo, estas áreas pueden ser sujetas a la producción forestal a través de la ejecución de planes de ordenación forestal. En esta categoría hay 1.430,32 hectáreas.

B. *Áreas de Producción Agropecuaria*: Se trata de áreas de vocación agrícola o ganadera con productividad del suelo y pendientes favorables (<12%). En la Cuenca hay 900,14 hectáreas bajo esta condición.

5.2.4. Zonas Urbanas

A. *Poblaciones*: Áreas donde se encuentran las ciudades, zonas industriales, aldeas, y caseríos. Hay 207,53 hectáreas bajo esta condición.

5.3. Estudio y balance hídrico

Para estimar la oferta hídrica se tomó el criterio de que sólo 2/3 del caudal pudiera ser utilizado para propósitos de abastecimiento. Se consideró en 1/3 el caudal ecológico requerido para mantener el medio que necesita la fauna acuática para sobrevivir y realizar sus funciones biológicas. Se consideraron dos zonas fundamentales de recarga, El Achiote y La Porra, coincidentes con las comunidades de dichos nombres si bien la cuenca no agota en dichas áreas su potencial como abastecedor de aguas para la ciudad. Se estimó que la oferta hídrica de la zona de recarga de El

Achiote era de 914.544,0 m³/año y la zona de recarga de La Porra de 1.040.688,0 m³/año, sumando un total de 1.955.232,0 m³/año; lo que representaba un total de 5.356,8 m³/día. Esta oferta hídrica es sólo de la zona de recarga de 911,3 ha. Esta estimación se realizó a partir del caudal promedio anual de llegada a las presas existentes en la cuenca y tomando en cuenta las épocas secas y lluviosas, y sin considerar los demás aportes que son adicionales al cauce del río.

Se estimó un consumo 150 l/día/persona y un promedio de 5 personas por vivienda (de 3.133 familias). Se calculó un consumo doméstico diario de agua para los usuarios de 2.349,8 m³/día que representa el 83.46% de la demanda total. Para uso agrícola sólo existe un sistema de riego para 5,62 ha de hortalizas. Se tomó como proporción un consumo de 1 l/ha/seg, estimándose una demanda de 21.600 l/ha/día. Se promediaron 6 horas diarias de riego a los cultivos, por lo que se estimó una demanda de 121,39 m³/día. En general la mayor parte de los agricultores no riegan sus parcelas, sólo se abastecen con aguas lluvias.

Basándose en consumos establecidos por el SANAA se estimó un consumo de 327,2 m³/día para uso comercial, 8,7 m³/día para uso industrial y 8,2 m³/día para uso de instituciones del gobierno, La demanda total ascendía a 2,815.3 m³/día para los beneficiarios de la cuenca del Río Calan. La [tabla 2](#) muestra el balance en cuanto oferta y demanda hídrica.

5.4. Identificación de los demandantes del recurso hídrico y estudio de la disposición al pago (DAP) mediante valoración contingente.

Se definió un tamaño de muestra del 10% de la población usuaria, basándose en estudios similares (PASOLAC 2002). Se confirmó el tamaño de la muestra comparando con el cuadro propuesto por Mitchell y Carson (1989), para determinar el tamaño de la muestra, tomando un Coeficiente de Variación ($V=\sigma/\mu DP$) de 1.5, un nivel de significancia (α) de 0.10 y una posible desviación como porcentaje (Δ) de la verdadera Disponibilidad de Pago (μDP) de 0,15; donde se sugiere un tamaño de muestra de 286 encuestas, comparado con las 337 encuestas (10%) levantadas. El tamaño de la muestra debía ser grande debido a la gran varianza por la diversidad de opción de una población heterogénea en las respuestas de la disponibilidad al pago. Este tipo de estudio proporciona información muy útil, considerándose segura (Carrillo, 2001).

La encuesta se aplicó *in-situ* utilizando el método de valoración contingente. El formato utilizado fue abierto, el entrevistador simplemente esperó la respuesta a la pregunta formulada (Barzev, 2000).

Sobre la disponibilidad de un pago alternativo al monetario, el 59,3% de los encuestados respondieron afirmativamente, a un incremento de la tarifa actual. La Disposición a Pagar Total se calculó como la suma de la DAP a través de la tarifa de agua ([tabla 3](#)) y la DAP a través del trabajo comunitario ([tabla 4](#)). Los beneficios por concepto de disponibilidad de pago fueron tomados de la disponibilidad al pago monetario que equivalente a 596,012.58 Lps./año² (\$33.130,21/año) y en pago con trabajo comunitario equivalente a 1.189.800,00 Lps./año (\$66.136,74/año), sumando un total de 1.785.812,58 Lps./año (\$99.266,95/año).

5.5. Planificación física de las áreas de la cuenca con mayor importancia para el mantenimiento del recurso hídrico

De las UOT definidas en el epígrafe b, se consideraron como "áreas prioritarias de actuación" bajo el sistema PSA las siguientes (ver [figura 4](#)):

5.5.1 Zonas de máxima protección: En estas áreas prioritarias se contempló el cambio de uso de las actividades que supusieran mayor riesgo para la conservación de la calidad del agua. Mediante análisis SIG se obtuvo que la superficie a reforestar era de un total de 28,28 ha de parcelas productoras de café y 64,62 ha de zonas de producción agrícola.

5.5.2 Así mismo se definieron como *zonas de actividades en conflicto* a aquellas zonas pertenecientes a terrenos incluidos dentro de las UOT de zonas *B de uso restringido* (B.1. Áreas de protección de suelos y B.2 áreas de producción agrícola) que cumplieran al menos una de estas dos condiciones:

- A. Agricultura en pendientes mayores del 30%, que originase una fuerte erosión en las laderas.
- B. Zonas de cultivo de café sin cobertura forestal, en las cuales y por las características del cultivo, la cantidad elevada de agroquímico constituyera un grave peligro para la calidad del agua.

En estas zonas con actividades en conflicto se deberían desarrollar actuaciones de mejora no prioritarias considerándose los siguientes cambios de usos: En los terrenos de café sin sombra, dada la actual aplicación de altos insumos agroquímicos que ponen en peligro la calidad del agua, se planteó su transformación a café con sombra. En laderas de severa pendiente (>30%) se planteó su reforestación. Esto suponía actuar con medidas de conservación en 190.98 ha productoras de café, y 175,80 ha de producción agrícola ([figura 5](#)).

La [tabla 5](#) resume las cifras de dichas áreas.

5.6. Valoración del coste de las medidas necesarias para la conservación del recurso hídrico

Los costos fueron clasificados en las siguientes categorías:

5.6.1 Coste de oportunidad (CAO): Fue estimado de dos maneras diferentes dependiendo de donde se encontrasen los terrenos a intervenir:

- A Terrenos ubicados dentro de las áreas prioritarias En estos territorios la propuesta suponía un cambio a uso forestal no productivo, por lo que el coste de oportunidad se estimó como el 100% de la producción actual de estos territorios.

- B Fincas de café sin sombra: se propuso un cambio en el sistema de producción. En estos territorios el coste de oportunidad se estimó como el 30% de la producción actual, o descenso estimado de la productividad y rentabilidad de dichos terrenos.
- C. En las fincas de producción agrícola que se sometieran a un cambio de sistema de producción que supusiera un incremento en la producción se estimó que no existía costo alguno de oportunidad.

Se definieron dos alternativas de producción que estiman los costos de oportunidad por hectárea dependiendo del tipo de cultivo:

Alternativa A: Producción agrícola: Se tomó como referencia los costes y rendimientos de la encuesta socioeconómica levantada en la cuenca en el año 2000 por el Plan de Desarrollo Forestal (PDF 2001). Se estimaron los rendimientos y los ingresos brutos que se dejarían de percibir si se dejara de producir en terrenos agrícolas estimando como ciclo productivo la rotación de cultivos anual siguiente:

Hortalizas – Hortalizas – Grano básico – Barbecho.

Para hallar el costo de oportunidad de los mismos se calculó el rendimiento medio productivo por ciclo y a continuación se halló la media anual. Esto se hizo para un total de 33,41 ha de superficie de producción agrícola dentro de las zonas de especial protección, que se proponía reforestar por su importancia estratégica para la conservación del agua.

Alternativa B: Producción de Café: Se estimaron los rendimientos y los ingresos brutos que se dejarían de percibir si se dejara de producir café en el total de 45,1 ha. que se encuentra actualmente de superficie de producción cafetera sin sombra.

La [tabla 6](#) y la [tabla 7](#) muestran los ingresos netos, los costos y los rendimientos estimados en la parte alta de la cuenca para las dos alternativas de producción en la zona, que expresan los costes anuales de oportunidad por actividad productiva y las estimaciones anuales que se dejarían de percibir.

5.6.2 *Coste de conservación y mejora ambiental (CC)*: relacionados en las actuaciones sobre servicios básicos, referentes a la letrinización y construcción de pisos absorbentes en las comunidades de la cuenca. El coste total de implementación por año se presenta en la [tabla 8](#).

- A. *Letrinización en todo el ámbito de la cuenca*: uno de los problemas que afectan con mayor intensidad a la calidad del agua son los coliformes fecales, lo cual tiene una relación directa y evidente con la existencia de letrinas en las viviendas de la cuenca. Aunque no es el único factor que influye sobre estos índices de calidad del agua, la letrinización de las viviendas de la cuenca sin duda influirá de forma determinante ([figura 6](#)). Esta comenzará

a realizarse desde la zona buffer de 150 m a cada lado de los flujos de agua, hacia las zonas más alejadas a dichos flujos.

- B Pisos absorbentes en la totalidad de las viviendas de la cuenca:* Otro de los factores de gran relevancia en la calidad de las aguas de la cuenca, son las aguas grises de origen domestico. Este problema sería abordado mediante la construcción de pisos absorbentes en las viviendas de la cuenca, comenzando esta actuación desde el interior de las viviendas más próximas a los flujos de agua más significativos y continuando progresivamente hacia las más alejadas.

5.6.3 Coste anuales de ejecución (CAE): gastos administrativos y operativos necesarios para la ejecución y funcionamiento del servicio de agua, además incluye los salarios de extensión para la ejecución de los programas de conservación y mejora ambiental. Los costos identificados se detallan en la [tabla 9](#).

Además se estimaron otras medidas de desarrollo rural (CDL) consistentes en el suministro de agua potable a las comunidades de la cuenca (tabla 8). Si se desea conservar del recurso agua, debe considerarse que las personas puedan disponer también de un servicio de agua potable digno, de modo que los habitantes de estos lugares se sientan plenamente identificados con este objetivo.

Los costes de instalación (CI) no se consideraron al haberse realizado ya los estudios conducentes al establecimiento del sistema PSA con otra financiación.

5.7. Estudio de figuras legales a utilizar

Al amparo de la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento de 14 de agosto del 2003 de Honduras, y de acuerdo a su artículo 16, es responsabilidad de las municipalidades la prestación del servicio de agua potable en condiciones de calidad y cantidad. Se puede establecer un modelo de cooperación municipal con la institución del estado encargada del manejo del sistema de agua potable para la mayoría de los pueblos y ciudades del país, así como de algunas municipalidades, y el SANAA. A nivel de comunidades rurales, son las Juntas Administradoras de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Excretas (las Juntas Administradoras son asociaciones de vecinos de las zonas rurales las cuales se encargan de la gestión del sistema de abastecimiento de aguas), los entes encargados de la gestión, administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, de acuerdo con las normas, procedimientos y reglamentaciones del SANAA. Estas Juntas Administradoras están integradas por personas mayores de edad, vecinos de la comunidad, designados a través del voto mayoritario de la Asamblea de Vecinos o Abonados. Se propone por lo tanto establecer entre el SANAA y las Juntas Administradoras un Convenio con el fin de establecer las normas de operación, mantenimiento y administración del sistema.

Dado que no existe un único modelo idóneo para la prestación de los servicios de agua potable, y las prácticas nacionales varían considerablemente, González Alonso *et al.* (2006) estudiaron tres posibilidades de gestión del recurso, gestión pública, semipública y privada

proponiendo un modelo semi-público en el cual el servicio estuviera compartido entre la Municipalidad y una empresa privada.

Esta entidad sería la encargada de establecer los contratos de servidumbres con los oferentes, demarcarlos adecuadamente y realizar un seguimiento y verificación en el territorio de los mismos según los usos delimitados en la planificación física y negociados con el propietario. Una vez establecida cada servidumbre, es conveniente dar a cada propietario con quien se establezca una servidumbre un mapa correctamente georreferenciado en el cual queden adecuadamente delimitadas las zonas sujetas a servidumbre y sus condiciones. Es necesario también negociar con las autoridades de la microcuenca los organismos y sistemas que van a velar y monitorizar el cumplimiento de los acuerdos así como los posibles sistemas de incentivos que mantendrán los usos acordados.

6. Discusión

La [tabla 10](#) muestra el análisis coste beneficio del sistema PSA. El pago propuesto por metro cúbico no cubrirá todos los costos de producción de agua. El valor de producción de agua equivale a unos costes totales que suman 4.800.392,88 Lps./año (\$266.836,73/año), cantidad que dividida entre los 3.345 beneficiarios inicialmente propuestos representaba un coste por consumo de agua de la cuenca del Río Calan de 1.435,09 Lps./año, o 119,59 Lps./mes, comparado con un pago promedio actual de 38,53 Lps./mes. Esta situación presentó tres alternativas: incrementar el número de beneficiarios, disminuir las medidas compensatorias a las áreas prioritarias, buscar financiación adicional de la cooperación internacional para desarrollar un plan de desarrollo rural en la cuenca que incluyera las medidas de conservación que no se llegan a autofinanciar, o solicitar un crédito.

Sin exclusión de la tercera opción, se optó por la primera: Dado que el presupuesto estimado para abordar las acciones más urgentes de protección del recurso agua en la cuenca del río Calan, no se incrementa de manera proporcional al número de beneficiarios, sino que dicho presupuesto aumenta en relación a la amplitud de las medidas de conservación a desarrollar, y considerando los datos aportados en el balance hídrico según el cual la oferta calculada era de 5.356,8 m³/día, mientras que la demanda total considerada es de 2.815,3 m³/día para 3,345 beneficiarios, se concluye que para cubrir el coste completo propuesto para la protección ambiental inicial, sería suficiente con aprovechar el 72,36% de la oferta hídrica, lo que significaría ampliar la red de distribución para que cubra un total de 4,655 beneficiarios. Si se utiliza el 100% de la capacidad hídrica disponible, se cubrirán las necesidades hídricas de 6,364 familias, con una recaudación anual de 6.360.964,14 Lps. (\$353.583,33/año). De este modo no solo existirán los recursos financieros necesarios para llevar a cabo la protección ambiental mínima necesaria, sino que se podrán emprender nuevas acciones dentro de las líneas estratégicas identificadas en el plan de desarrollo rural elaborado para toda la cuenca. En la [tabla 11](#) se observan los diversos porcentajes de incremento de las tarifas de agua, necesarios para cubrir la protección ambiental de la cuenca del río Calan.

La Valoración Contingente mostró que el porcentaje de rechazo más importante para incrementar las tarifas de protección del recurso agua venía dado por el miedo a la corrupción. Por

ello un Sistema de Pago por Servicios ambientales debe ser gestionado de modo participativo y transparente a partir de un amplio rango de sectores implicados. Con esto se conseguiría una mejor aceptación al pago por parte de los consumidores ya que los procesos de transacción financiera serán llevados a cabo por los mismos actores implicados.

7. Conclusiones

Un sistema de pago por servicios ambientales facilita la conservación de los ecosistemas dado que:

- Puede permitir que una alta aglomeración de población urbana se transforme en ocasiones de problema a oportunidad de desarrollo sostenible para su territorio rural circundante.
- La inclusión de un sistema PSA dentro de un programa de desarrollo rural puede permitir que una vez finalizado el horizonte temporal de éste, se asegure la perdurabilidad y viabilidad de las medidas adoptadas. En proyectos de conservación centrados en la adopción de sistemas de conservación de suelos y aguas, los PSA añaden una garantía de sostenibilidad.

Esta posibilidad puede verse limitada por los altos costes de oportunidad que pueden presentar los cambios de uso. La cuenca del río Calan tiene 4.896 hectáreas. Si el sistema de Pago por Servicios Ambientales se desarrolla a través de una metodología que incluya el uso de un SIG sobre el cual establecer una ordenación territorial, la superficie en la cual actuar se reduce a un 9,2%, siendo tan sólo el 1,6% de la superficie de la cuenca la que requiere aplicar directamente los fondos del PSA en transformaciones de cultivos a bosques. Sin el uso de un SIG, un sistema PSA puede quedar difusamente definido, sin que se pueda establecer un sistema de vigilancia que permita monitorear los pequeños cambios de uso identificados en el territorio que harán que el agua de la cuenca mejore su calidad. Estas áreas concretas pueden ser objeto de un contrato eficaz con reducidos costes de transacción de nuevo gracias a la definición precisa de las zonas objeto de servidumbre mediante el uso de un SIG.

El uso de un SIG como componente de un sistema PSA permite asignar eficientemente los escasos recursos que se captan a partir de los beneficiarios del servicio ambiental. En países en desarrollo esta eficiencia puede llegar a ser crucial para lograr la viabilidad del sistema. Por ello, el establecimiento de una metodología para la inclusión de un soporte SIG dentro de los sistemas PSA debe ser considerado como el elemento crítico que permite reducir costes mediante la especialización de los servicios ambientales encontrados en un territorio.

La metodología propuesta muestra cómo en una cuenca es relativamente fácil identificar productores y consumidores del recurso. Esto ofrece la posibilidad de internalizar este activo en la factura a los beneficiarios de la misma, a cambio de garantizarles la optimización del servicio de agua potable mediante el mantenimiento de la oferta hídrica y el aumento de su calidad. La correcta planificación de usos del territorio a lo largo del tiempo es la garantía de dicha oferta y permite reducir el coste total de implementación del sistema al definir claramente los terrenos cuyo uso debe ser modificado.

El éxito de un sistema PSA parte de considerar los servicios ambientales como una fuente de financiación permanente del desarrollo rural. Un SIG aporta la precisión que necesita el sistema PSA para que a escalas comarcales su puesta en práctica beneficie directamente a los habitantes de las cuencas y bosques, de modo que puedan ser receptores de los Pagos en concepto de Servicio Ambiental por sus nuevas prácticas de conservación, al tiempo que los habitantes de las ciudades y pueblos vean abastecida su ciudad por agua de calidad. La metodología propuesta permite incluir de manera sencilla un sistema PSA en los estudios de viabilidad de planes y proyectos de desarrollo entre otros tipos de proyectos. Este trabajo muestra cómo un sistema PSA se convierte en catalizador de la ordenación territorial de la cuenca y cómo esta ordenación territorial se percibe como un elemento propio necesario en proyectos y planes de desarrollo que facilita y mejora el diseño posterior de las actuaciones concretas del proyecto. Por último, el monitoreo basado en el SIG facilita que éste se perpetúe en el tiempo manteniendo esta situación de mutuo beneficio y generando un desarrollo sostenible endógeno.

Referencias Bibliográficas

- Barrantes, G. y Castro, E. (1999): *Generación de ingresos mediante el uso sostenible de los servicios ambientales de la biodiversidad en Costa Rica*. SEED. INBIO. Costa Rica.
- Barry, C. F. (1996): *Economía y Medio Ambiente*. McGraw-Hill. 310 p.
- Barzev, R. (2000): *Estudio de valoración económica de la demanda hídrica del bosque en que nace la Fuente del Río Chiquito (Finca El Cacao, Achuapa) para determinar la factibilidad de mantener el bosque en vista de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico*. PASOLAC Achuapa, Nicaragua. p. 3-42.
- Barzev, R. (1999): *Valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales*. Universidad Centramericana (UCA). 100p. Managua. Nicaragua.
- Brooks, K. N., Folliott, P. F., Gregersen, H. M., y Thames, J. (1991): *Hydrology and the Management of Watersheds: The Economics of Watershed Practices and Management*. 6ta. Ed. Iowa, United States Of. America, Iowa State University Press. p. 240-260.
- Carrillo, M. S. A. (2001): *Valoración Económica del Suministro de Agua en la Microcuenca del Río El Gualabo, Morazán: Pago por Servicios Ambientales en la Microcuenca del Río El Gualabo, Morazán*. CODECA-UCA/MAGMA-DGRNR/MAG-PASOLAC. San Salvador, El Salvador. 34 p.
- Cordero Camacho, D. (2002): "Pago por Servicio Ambiental Hídrico en la Provincia de Heredia, Costa Rica". II Congreso Forestal Latinoamericano: Bienes y Servicios del Bosque Fuente de Desarrollo Sostenible. Ciudad de Guatemala, Guatemala. p. 603-611.
- DeHek, S., Kiersch, B. y Mañón, A. (2004): *Aplicación de pagos por servicios ambientales en manejo de cuencas hidrográficas: lecciones de experiencias recientes en América Latina*. Comunicación presentada al Taller en Pago por Servicios Ambientales. Barcelona, Septiembre.
- Estrada, R. D. y Quintero, M. Q. 2003. "Methodological tools and biophysical aspects for PES systems. The CONDESAN watershed analysis methodology: an alternative to correct deficiencies in the implementation of payment for environmental services in Andean countries", In FAO (2004): *Payment schemes for environmental services in watersheds*, Land and Water Discussion Paper 3. Roma.

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

- FAO (2004): *Payment schemes for environmental services in watersheds*. Land and water Discussion paper 3. FAO. Arequipa, Perú. 95 p.
- González Alonso, S.; León, M. y Martínez de Anguita, P. (2006); "Mecanismos legales para un sistema de Pago Por Servicios Ambientales en la Cuenca del Río Calan", en Martínez de Anguita, P.: *Desarrollo rural sostenible*. McGraw Hill. Madrid.
- Giger, M. (1999): *Avoiding the Shortcut: Moving Beyond the Use of Direct Incentives*. Centre for Development and Environment. Univ. of Berne. 61p.
- Huetting R., De Boer, L. B., Jan, L. y Huib, J. (1998): "The Concept of Environmental Function and its Valuation". *Ecological Economics*. 25(1) 31-35.
- Johnson, N. y Baltodano, M. (1999): *Valoración del mejoramiento de la calidad del agua en el municipio de San Dionisio, Subcuenca del Río Calico, Matgalpa*. Revista Centroamericana Laderas 2(7): 13-16.
- Johnson, N., White, A. y Perrot-Mâitre, D. (2002): *Developing markets for water services from forests: Issues and lessons for innovators*. Forest Trends, World Resources Institute and The Katoomba Group, Washington DC. USA 19 p.
- Kaimowitz, D. (2001): "Pago por servicios Ambientales", *Experiencias replicables en América Central*. II Foro regional de Pago por servicios Ambientales (Perez, C. y Bonilla, J ed). 5 al 27 de abril de 2001 en Montelimar, Nicaragua.
- León, M. (2004): *Plan de manejo y gestión sostenible de las microcuencas de los ríos Calan, Guaratoro y Chamalucuará*. Tesis. Master en Desarrollo Rural Local Internacional 1ª ed. Instituto de Economía y Geografía. CSIC. Madrid.
- Mejías Esquivel, R. y Segura Bonilla, O. (2002): *Situación actual del pago de Servicios Ambientales*. Documentos de Trabajo 007-2002. CINPE. , Heredia, Costa Rica. CR.
- Mitchell, R. C. y Carson, R. T. (1989): "Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method", *Resources for the Future*. Washington, D. C. 113 p.
- Pagiola, S. y Platais, G. (2002): *Payment for environmental services*. Environment Strategy notes n° 3. The World Bank Environment Department, Washington Dc, USA:
- Pérez, C, Barzev, R., Aburto, E., Rojas, L. y Rodríguez, R. (2002): *Pagos por Servicios Ambientales. Conceptos, principios y su realización a nivel municipal*. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central, Corredor Biológico Mesoamericano. Managua. Nicaragua.
- Perez, C. y Bonilla, J. (2001): *Memoria de Experiencias replicables en América Central*. II Foro regional de Pago por servicios Ambientales. 5-27 de abril, Montelimar, Nicaragua.
- Picher, A. (2003): *Ordenación territorial de la Cuenca del Río Calan*. Tesis. Master en Desarrollo Rural Local Internacional 1ª ed. Instituto de Economía y Geografía. CSIC. Madrid.
- PASOLAC (Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central). (2000): *Pago por Servicios Ambientales: Conceptos y Principios*. Editado por: Carlos J. Pérez, Radoslav Barzev, Patrick Herlant. 1ª ed. Managua, Nicaragua. 36 p.
- PASOLAC (Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central). (2002): *Valoración Económica del Suministro de Agua Río Cumes, Jesús de Otoro, e Intibucá*. Tegucigalpa, Honduras. pp. 7-42.
- PASOLAC (Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central) y CBM (corredor biológico mesoamericano) (2002): *Pagos por Servicios Ambientales: Conceptos, Principios y su Implementación a Nivel Municipal*. 2ª ed. Autores Carlos J. Pérez, Radoslav

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

- Barzev, Patrick Herlant, Lorenzo Rojas, Eddy Aburto y Róger Rodríguez. Documento No. 259, Serie Técnica 1/2000. 56 p.
- Proyecto de Desarrollo Forestal (PDF). (2001): *Diagnóstico Biofísico y Socioeconómico Calan, Componente de Áreas Demostrativas*. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras.
- Rivera, S., Perez, N., León, M. y León, J. (2006): "Metodología utilizada en la elaboración del diagnóstico participativo de la cuenca del Calan, Siguatepeque, Honduras", en Martínez de Anguita, P.: *Desarrollo rural sostenible*. McGraw- Hill. Madrid.
- Robertson, N. y Wunder, S. (2005): *Huellas frescas en el bosque: Evaluación de iniciativas incipientes de pago por servicios ambientales en Bolivia*. CIFOR. Indonesia. 150p.
- Rosa, H., Kandel, S. y Dimas, L. (2003): *Compensation for Environmental Services and Rural Communities*. PRISMA, San Salvador. El Salvador. 78 p.
- Sage, L. y Sánchez, O. (2002): "Evolución Esperada para el Mercado de Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica", *Revista Forestal CentroAmericana* 37: 72-73.
- Salgado, L. J. (1996): *Valoración Económica del Agua para Uso Doméstico, Proveniente del Parque Nacional "La Tigra", Tegucigalpa, Honduras*. Tesis de Maestría. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Stürzinger, U. y Bustamante, B. (1999): "Pago por Servicios Ambientales: Participación Equitativa a Favor del Medio Ambiente", *Revista Centroamericana Laderas* 2(5): 24-27.
- Trueba I, y Marco, J. L. (1985): *Proyectos agrarios y de desarrollo rural. (Formulación)*. Madrid, Servicio de Publicaciones de la E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Winpeny, J. (1991): *Values for the Environment. A guide to Economic Appraisal*. Overseas Development Institute. London, England. 277 p.
- Wong Reyes, J. I. (2001): *Metodologías para la valuación de las servidumbres ecológicas*. Manual de capacitación n° 5. The Nature Conservancy. Arlington. USA.
- Wunder, S. (2005): *Payments for environmental services: Some nuts and bolts*, CIFOR Occasional Paper #42. CIFOR. Bogor. Indonesia.

NOTAS

¹ El SANAA es el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Fundado según el Decreto No. 91 del 26 de Abril de 1961, es el responsable de la administración de 33 acueductos urbanos y gestor en más de 2.000 canalizaciones rurales localizados en los 18 departamentos del país (CEAH 2000)

² En el momento de realizar los cálculos 17.79 lempiras equivalían a 1 US\$.

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Superficies de las distintas unidades de ordenación territorial (UOT)

<i>Unidad de ordenación territorial (UOT)</i>		<i>Superficie total</i>	<i>% del total</i>
A.	Zonas de Máxima Protección	1.897,94 ha	38,8
	a.1. Áreas Protegidas	539 ha	11,0
	a.2. Microcuencas Productoras de Agua	408,15 ha	8,3
	a.3. Áreas de Protección Hidrológica	950,79 ha	19,4
B.	Zonas de Uso Restringido	459,58 ha	9,4
	b.1. Áreas de Protección del Suelo	240,42 ha	4,9
	b.2. Áreas de Producción Agraria Intensiva	219,16 ha	4,5
	C. Zonas de Producción Preferente	2.330,46 ha	47,6
	c.1. Áreas de Producción Forestal	1.430,32 ha	29,2
	c.2. Áreas de Producción Agropecuaria	900,14 ha	18,4
D.	Zonas Urbanas	207,53 ha	4,2
	d.1. Poblaciones	207,53 ha	4,2
TOTAL		4.895,91 ha	100

Tabla 2. Balance Hídrico en base a oferta de la zona de recarga y demanda de los beneficiarios en la cuenca del Río Calan, Siguatepeque.

Oferta/Demanda	N°	Volumen (m³/día)	Volumen (m³/año)	Porcentaje (%)
Oferta Hídrica de la cuenca		5.356,8	1.955.232,0	
Demanda hídrica (según uso)				
Uso doméstico	3.133	2.349,8	857.677,0	83,46
Uso agrícola		121,4	44.311,0	4,31
Uso Comercial	204	327,2	119.428,0	11,62
Uso industrial	5	8,7	3.175,5	0,31
Uso Instituciones del Gobierno	3	8,2	2.993,0	0,30
Demanda Total	3.345	2.815,3	1.027.584,5	100,00
<i>Balance Hídrico</i>		<i>2.541,5</i>	<i>927.647,5</i>	

Fuente: SANAA 2002.

Tabla 3. Disponibilidad de pago mensual de los usuarios de instituciones administradoras del agua, cuenca del Río Calan.

N° usuarios	Categoría	Pago actual	DP Máxima	DP Mínima
	SANAA			
2646	Doméstico	35,50	20,46	10,57
204	Comercial	146,75	18,18	11,18
5	Industrial	165,50	10,00	5,00
3	Institución del Gobierno	165,00	15,00	12,50
	<i>Sub-promedio</i>		<i>20,12</i>	<i>10,57</i>
	Juntas de agua			
487	Doméstico	7,50	5,55	3,70
	<i>Sub-promedio</i>		<i>5,55</i>	<i>3,70</i>
	Promedio total		17,22	9,20

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

Tabla 4. DAP total incluido el pago en trabajo comunitario.

Descripción	DAP total (Lps. mensuales)	
	Máxima	Mínima
DAP en efectivo:		
Doméstica (dentro de la cuenca, 487 familias)	2.702,85	1.801,90
Doméstica (fuera de la cuenca, 2858 familias)	58.474,68	30.209,06
Comercial (204 usuarios)	3.708,72	2.280,72
Industrial (5 usuarios)	50,00	25,00
Instituciones del Gobierno (3 usuarios)	45,00	37,50
DAP en especies (1,983 usuarios, [59.3%])	99.150,00	99.150,00
<i>Total mensual.</i>	<i>164.131,25</i>	<i>133.504,18</i>

Tabla 5. Planificación física de las áreas de la cuenca con mayor importancia para el recurso hídrico.

Áreas objeto del sistema PSA	Superficie total	% en relación al total de la cuenca
Actuaciones en zonas de máxima protección	92,9	1,6
Áreas de café a reforestar	28,28 ha	0,6
Áreas agrícolas a reforestar	64,62 ha	1,3
Zonas de actividades en conflicto	366,78	7,5
Recoversión áreas café	190,98 ha	3,9
Medidas de conservación zonas agrícolas	175,80 ha	3,6
TOTAL	449,78	9,2

Tabla 6. Costos de oportunidad de las actividades productivas en las zonas prioritarias.

Actividad	Precio Lps./unidad	Rendimiento/ha	Ingresos Brutos Lps./ha	Ingresos Brutos \$/ha	Coste de produc. Lps./ha	Ingresos netos Lps./ha	Ingresos netos o coste oportunidad \$/ha.
Hortalizas	44,88	1.464,28 cajas	65.717,14	3.694,05	5.138,23	60.578,91	3.405,22
Maíz	104,40	41,43 qq/ha	4.325,14	243,12	2.097,94	2.227,2	125,19
Frijol	313,10	42,86 qq/ha	13.418,57	754,27	5.200,86	8.217,71	461,93
Ciclo productivo	-	-	18.647,25	1.048,19	2.196,91	16.450,41	998,09
Café	730,62	48,57 qq/ha	35.487,26	1.994,77	1.670	33.817,26	1.900,91
Total	-	-	118.948,11	6.686,23	14.107,03	104.841,08	5.893,26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Estimaciones del coste anual de oportunidad total al transformar cultivos peligrosos en compatibles con la conservación de la cuenca del río Calan.

Actividad	Superficie cubierta (ha)	Ingresos netos Lps/ha	Ingresos netos Lp/año,	Ingresos netos \$/año
Agrícola,	33,41	16.450,41	549.608,2	30.894,22
Café (reforestación)	45,1	33.817,25	1.525.157,97	85.731,19
Café (cambio uso)	219,23	10.145,17	2.224.126,71	125.021,17
<i>Total</i>		<i>94.396,16</i>	<i>5.773.226,06</i>	<i>241.646,58</i>

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

Tabla 8. Costes de desarrollo local (CDL) y de conservación y mejora ambiental (CC).

Costes de conservación y mejora ambiental (CC)		Lempiras/año
Construcción de letrinas en viviendas de la cuenca.		
Capacitación sobre saneamientos básicos.		6.000
Dotación de materiales.		100.000
Construcción de letrinas.		2.000
Supervisión del proyecto.		1.000
Análisis de aguas.		2.000
Capacitación a Juntas de Agua.		10.000
<i>Subtotal</i>		<i>121.000</i>
Pisos absorbentes en viviendas de la cuenca.		
Construcción anual de 100 pisos absorbentes para el control de aguas grises de origen doméstico.		15.000
Elaborar reglamento sobre aguas grises.		2.000
<i>Subtotal.</i>		<i>17.000</i>
Costes de desarrollo local (CDL)		
Agua potable suministrada en el 100% de las viviendas de la cuenca.		Lempiras/año
Realización de encuestas de hogares sin acceso a agua potable.		5.000
Instalar tuberías de suministro de agua anualmente a 20 viviendas.		10.000
Obra física de captación de agua y sus respectivas redes de distribución.		10.000
Capacitación de Juntas de Agua.		2.000
Estudios de la demanda y oferta del recurso agua.		20.000
<i>Subtotal.</i>		<i>47.000</i>
Total		185.000

Fuente: Elaboración propia basados en datos PDF (2001).

Tabla 9. Costes Anuales de Ejecución.

Concepto	Coste anual Lps,	Coste anual \$
Personal Administrativo,	108.000	6.101,7
Extensionistas	200.000	11.299,43
Análisis aguas	4.500	252,95
Análisis suelos	4.000	224,85
<i>Total</i>	<i>316.500</i>	<i>17.878,93</i>

Fuente: Basados en León (2004).

Pago de personal administrativo: gastos ocasionados por concepto de pago de salarios a personal permanente o temporal en labores administrativas. Pago de extensión agraria: estos gastos son referentes al pago de personal dedicado a extensión agrícola y forestal y a los gastos que supondrán los análisis de aguas y suelos. Materiales fungibles: papelería, implementos del equipo de oficina o de archivo, aseo de la oficina, carburantes etc.

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

Tabla 10. Análisis Beneficio Costo desde la perspectiva ambiental para la zona de recarga de la cuenca del Río Calan, Siguatepeque en Lempiras/año.

Detalle	Situación	
	Sin DAP	Con DAP
1. Beneficios ambientales por el uso del agua.		
- Disponibilidad de pago en efectivo.		
- Disponibilidad de pago en trabajo comunitario.		596.012,58
- Pago por servicio.		1.189.800,00
- Pago por instalaciones.	1.174.144,85	1.174.144,85
- Sanciones o multas.		
- Intereses por depósitos en el banco.		
- Donaciones.		
<i>Beneficios Totales.</i>	<i>1.174.144,85</i>	<i>2.959.957,43</i>
2. Costos ambientales de Producción del agua del bosque.		
- Costos de Oportunidad (reforestación).	2.074.766,17	2.074.766,17
- Costos de Oportunidad (cambio uso).	2.224.126,71	2.224.126,71
- Costos de Operación	316.500,00	316.500,00
- Costos de Saneamiento	185.000,00	185.000,00
<i>Costos Totales.</i>	<i>4.800.392,88</i>	<i>4.800.392,88</i>
Diferencia entre beneficio-costos.	-3.626.248,03	-1.840.435,45

Tabla 11. Aumento de la tarifa de los usuarios.

Beneficiarios	Caudal Utilizado	Incremento de la tarifa por encima de la DAP.	Incremento por encima de la tarifa actual.	Protección ambiental propuesta.
3.345 (actualidad)	52%	113,70%	210,38%	100%
4.655 (necesario)	72,36%	0%	33,1%	100%
6.364 (ideal)	100%	0%	33,1%	122.6%

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

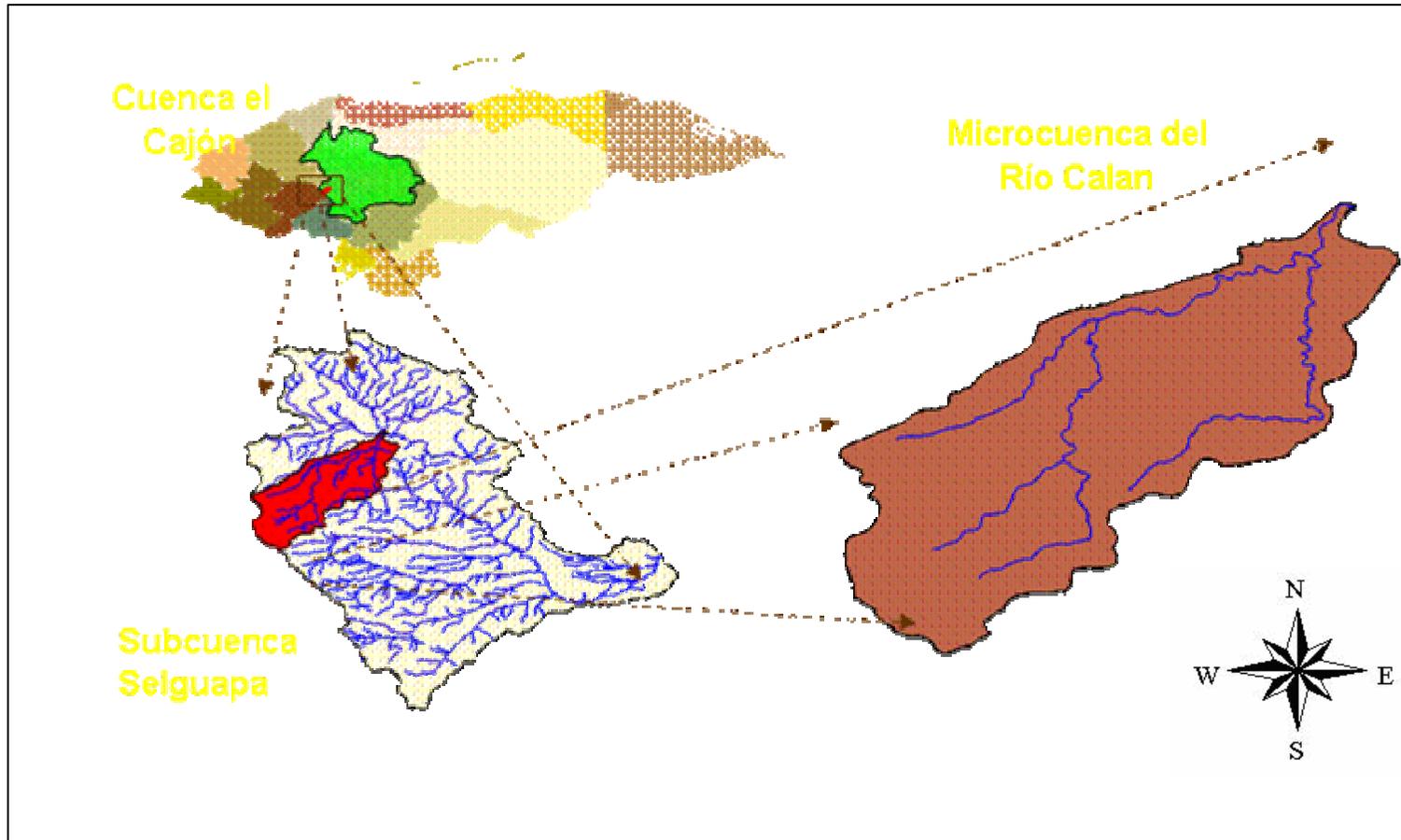


Figura 1. Ubicación de la Cuenca del Río Calan en Honduras.

CICLO DEL PROYECTO

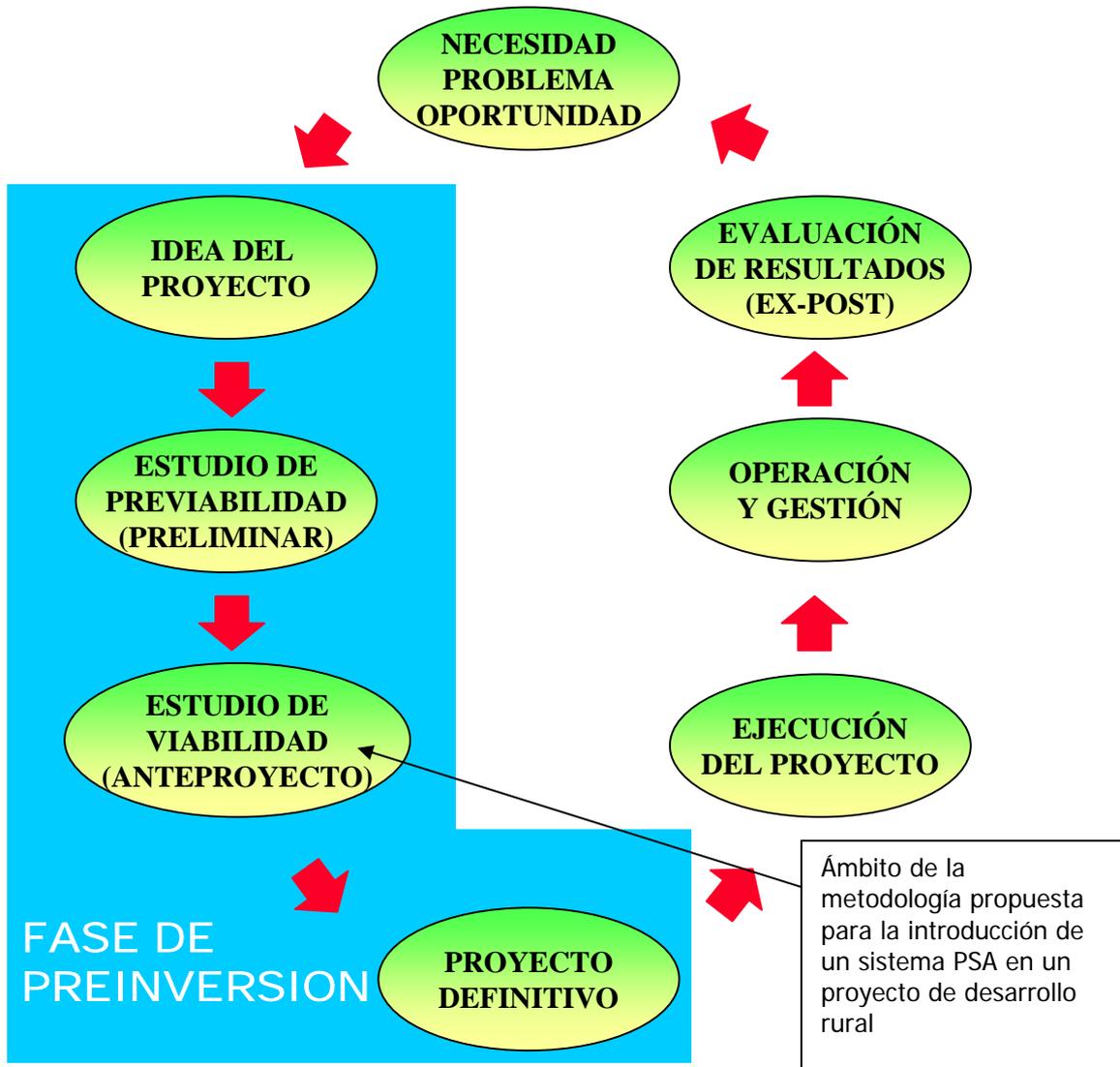


Figura 2. Esquema del ciclo de proyecto y ubicación del estudio de viabilidad de un sistema PSA dentro de él.

Adaptado de Trueba y Marco, 1985.

Martínez de Anguita, P., Rivera, S., Beneitez, J.M. y Cruz, F.: "Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calan, Honduras", *GeoFocus (Artículos)*, n° 7, p. 152-181, ISSN: 1578-5157

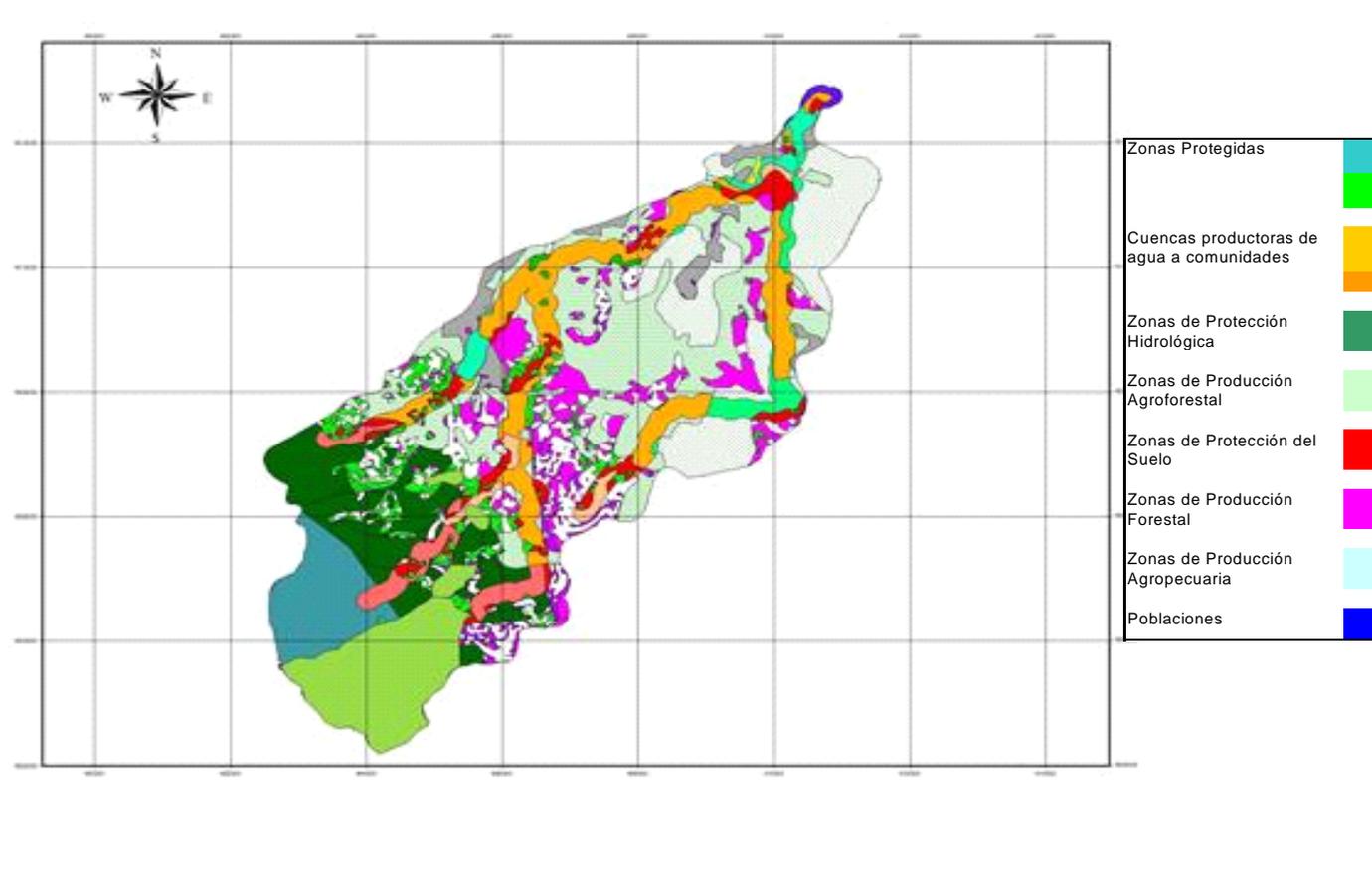


Figura 3. Mapa de Unidades de Ordenamiento Territorial.
Elaboración propia.

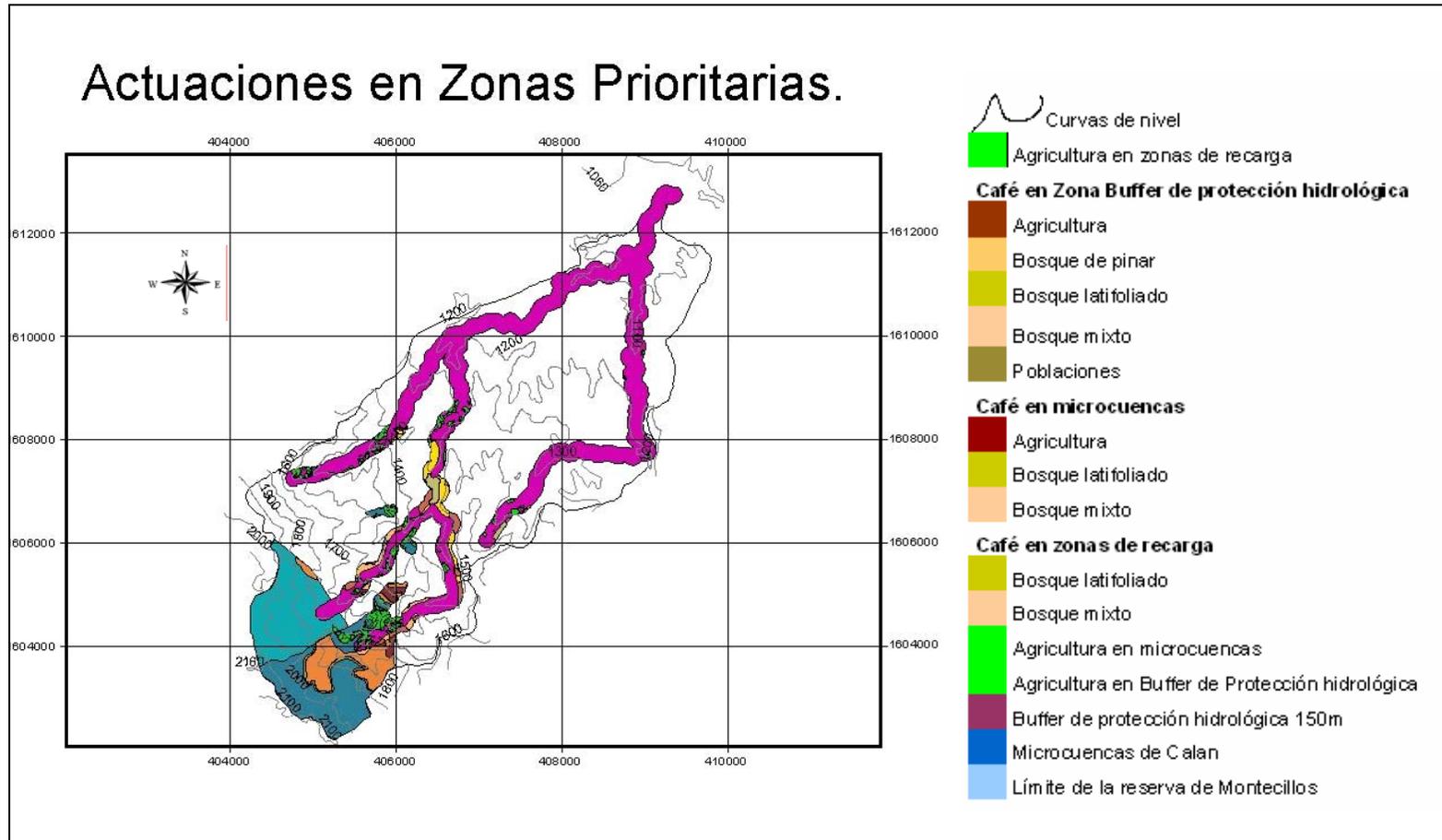


Figura 4. Zonas prioritarias de actuación para mantener la calidad y cantidad del agua.

Elaboración propia a partir de análisis SIG.

Zonas de Actuación en Actividades de Conflicto

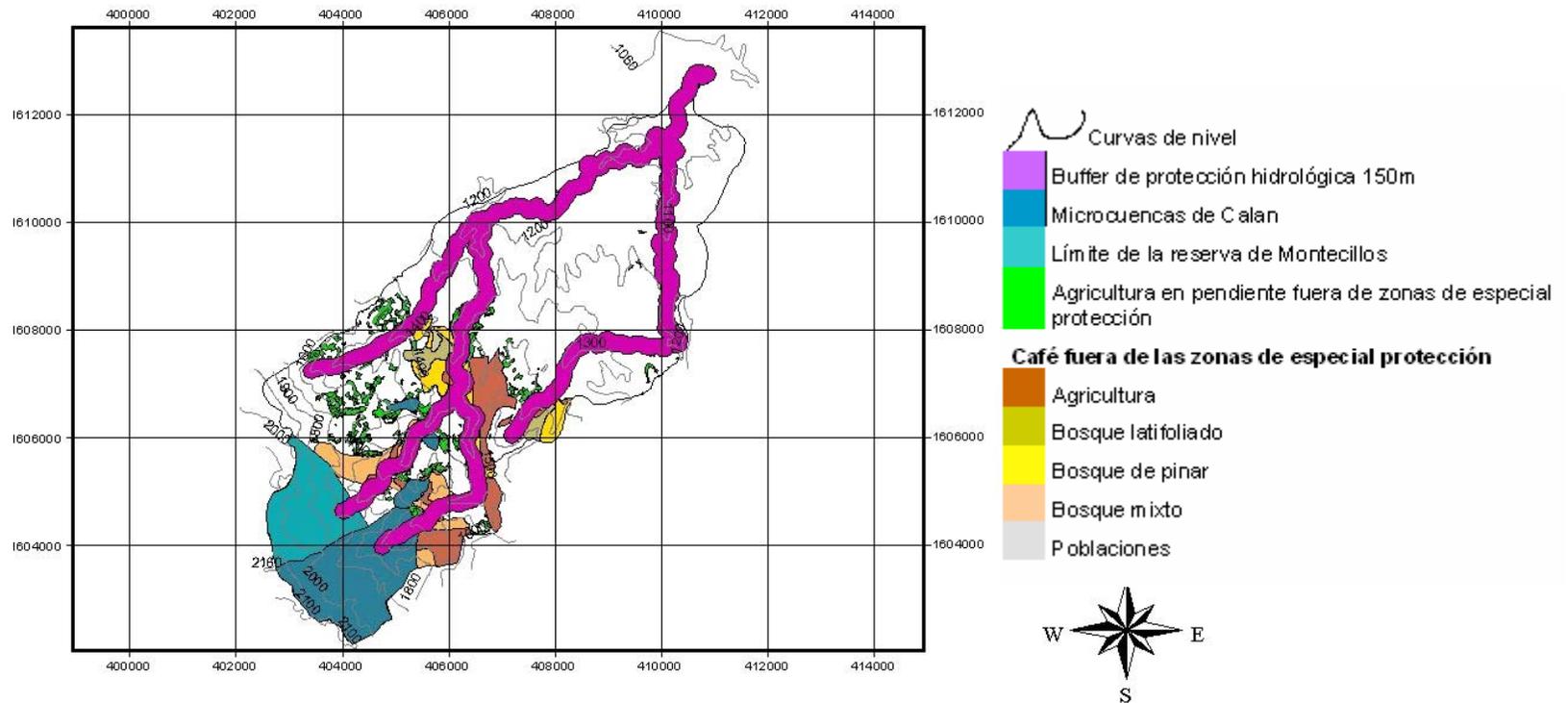


Figura 5. Zonas de actuación en zonas de actividades en conflicto.
Elaboración propia

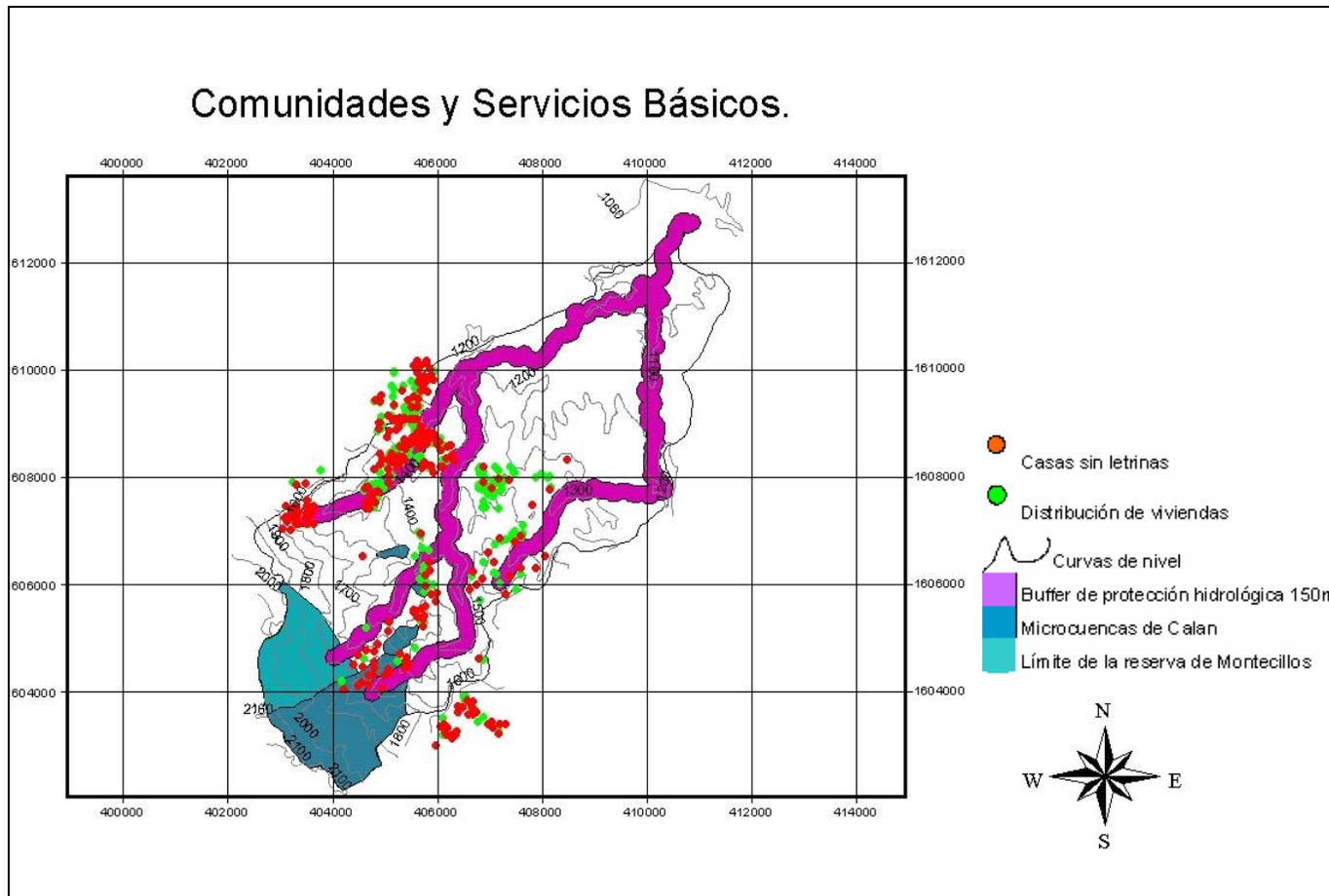


Figura 6. Situación de viviendas sin servicio de letrización.
Elaboración propia a partir de análisis SIG con datos georreferenciados con GPS.