

Formalización de un modelo de pago por servicios ambientales a nivel de cuenca y algunas de sus incidencias sobre la pobreza rural

JEIMAR TAPASCO¹

Recibido: 2009-08-25

Aceptado: 2009 -09- 20

Publicado: 2009-12-31

Resumen

El esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA) se viene promoviendo como un instrumento eficiente para el manejo del recurso hídrico, incluso algunos autores se aventuran a afirmar que este instrumento permitirá igualmente aliviar la pobreza rural. En este trabajo se propone un modelo conceptual que facilita la puesta en práctica del PSA a través de reducir los costos de transacción mediante la incorporación de herramientas desarrolladas por varias disciplinas. Finalmente se rebate la lógica implícita en la literatura sobre PSA acerca de la propiedad de los derechos de los servicios ambientales, y se analizan sus efectos sobre la pobreza rural.

Palabras clave: *derechos de propiedad, costos de transacción, economía del agua, economía de la erosión, externalidades ambientales.*

1 Candidato a Doctor en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá – Colombia. Email: jeimartapasco@hotmail.com

FORMALIZATION OF A PAYMENT MODEL FOR ENVIRONMENTAL SERVICES IN CATCHMENT AREAS AND SOME OF ITS EFFECTS ON RURAL POVERTY

Summary

Payments for environmental services (PES) schemes have been promoted as an efficient instrument in water resource management. Some authors go as far as to affirm that this tool will enable the alleviation of rural poverty. The present paper proposes a conceptual model which facilitates the implementation of PES through reducing transaction costs, using tools developed in other disciplines. Finally, the logic implicit in current literature on PES concerning the property rights of environmental services is refuted, and ensuing effects on rural poverty are analyzed.

Key words: *property rights, transaction costs, water economics, economics of soil erosion, environmental externalities.*

FORMALISATION D'UN MODÈLE DE RÉMUNÉRATION DES SERVICES ENVIRONNEMENTAUX AU NIVEAU DE BASSINS VERSANTS ET DE CERTAINS DE CES EFFETS SUR LA PAUVRETÉ RURALE

Résumé

Le schéma de Paiement pour Services Environnementaux (PSE) a été promu comme un instrument efficace pour la gestion des ressources en eau, certains auteurs ont même osé dire que cet instrument permettra également d'atténuer la pauvreté rurale. Le présent document propose un modèle conceptuel qui facilite la mise en œuvre du PSE par la réduction des coûts de transaction en intégrant les outils développés par différentes disciplines. Enfin, il conteste la logique implicite dans la littérature sur le PSE au sujet des droits de propriété pour les services environnementaux, et analyse leur impact sur la pauvreté rurale.

Mots-clés: *Droits de propriété, coûts de transaction, l'économie de l'eau, l'économie de l'érosion, les externalités environnementales.*

Introducción

.....

El mecanismo de Pago por Servicios Ambientales (PSA) se ha venido promoviendo como un instrumento que permite el mejoramiento de las condiciones ambientales y al mismo tiempo contribuye a reducir la pobreza rural (Programa RUPES; PAGOIOLA, BISHOP y LANDELLMILLS, 2002; ROSA, KANDEL y DIMAS, 2003; SHILLING y OSHA, 2003; WUNDER, 2005; entre otros). A grandes rasgos, el PSA es un mecanismo de compensación mediante el cual los usuarios de los servicios ambientales pagan a los propietarios o guardianes de los recursos que los proveen. De acuerdo con la FAO (2004) los sistemas de PSA permiten transferir recursos a sectores socioeconómicamente vulnerables que ofrecen servicios ambientales: en muchos casos, los proveedores del servicio aguas arriba pertenecen a estratos sociales desfavorecidos, y por lo tanto, una compensación monetaria podría servir para aliviar los bajos niveles de renta. GTZ y CONDESAN (2003) señalan que el pago por la producción de servicios ambientales es uno de los pocos mecanismos a través del cual las zonas de altas pendientes pueden combatir problemas habituales tales como bajos precios, subsidios agrícolas en países desarrollados, altas tasas de desempleo rural, altos niveles de extrema pobreza y degradación de la base de los recursos naturales. Por esta razón algunos países latinoamericanos, como Costa Rica, México, Ecuador, Colombia, han incluido el mecanismo de PSA dentro de sus políticas. No obstante son muchas las discusiones que se derivan de este instrumento frente al tema de derechos de propiedad, y su potencial para mejorar las condiciones ambientales y, especialmente, reducir la pobreza.

El presente trabajo propone la formalización de un modelo de PSA a nivel de cuenca, presentando inicialmente la estructura conceptual de la construcción de la curva de costo marginal sobre el agua y la erosión como servicios ambientales que pueden ser ofrecidos por los sectores de las partes altas de la cuenca. Posteriormente se presentan la estructura conceptual de la construcción de las curvas de beneficio marginal que se generan a partir del uso de dichos servicios por parte de los usuarios de las partes bajas de la cuenca. A partir de este modelo se obtendrán los criterios de una asignación eficiente de estos recursos. No obstante, este trabajo también abordará de manera complementaria algunos aspectos relacionados con la asignación de los derechos de propiedad y sus implicaciones sobre la pobreza rural.

1. Modelo conceptual de PSA a nivel de cuenca

La economía ha podido avanzar enormemente en la formulación de modelos para internalizar ciertos tipos de externalidades ambientales (p ej. agua y erosión). Son muchos los avances para entender lo que se denomina “la economía del agua” y la “economía de la erosión” donde se ha intentado reconocer los costos internos y externos que se generan de la explotación del recurso suelo y del recurso hídrico, y también como estos costos pueden ser considerados en los modelos de elección de los productores rurales (TURCHI, 1975; DASGUPTA y MALER, 1994; CAPOZZA y LI, 1994; BARBIER, 1995; TSUR y DINAR, 1995; WU, BABCOCK y LAKSHMINARAYAN, 1996, BOURGEON, EASTER y SMITH, 2008). Sin embargo sigue persistiendo la dificultad de la variabilidad y especificidad de las externalidades ambientales y del precio relativo del recurso de acuerdo al gran número de variables involucradas y a la variabilidad de estas en el espacio y en el tiempo. Por ejemplo, la erosión y la disponibilidad del recurso hídrico dependerán de variables climáticas, del tipo de suelo, del relieve, de la vegetación. Por su parte, el precio relativo de recurso dependerá del los beneficios marginales derivados de su uso, por lo tanto el tipo de cultivo, el grado de tecnología, la calidad de la tierra, la ubicación respecto a los mercados, son variables que determinarán los ingresos marginales. Toda esta variabilidad restringe la generalización de los avances teóricos de la economía del agua y de la erosión, lo que ocasiona que, para la aplicación de los modelos para cada caso particular, se requiera de una gran cantidad de información que hace que los costos de transacción se eleven considerablemente.

Las ciencias agronómicas y ambientales han venido avanzando en herramientas que contribuyan a reducir toda esta variabilidad, logrando aglomerar variables y su variabilidad interna en ciertos grupos de respuesta con características homogéneas. En cuanto a las variables físicas, se ha podido avanzar en modelos computacionales que dividen una cuenca hidrográfica en Unidades de Respuesta Hidrológica (URH), que son unidades territoriales más pequeñas, las cuales se proponen como elementos de planificación por ser módulos con características de relieve, suelos, cobertura y clima homogéneas, por esto, tienen una respuesta hidrológica y un impacto similar sobre la cantidad del agua, y el aporte de sedimentos a un punto específico de la cuenca (QUINTERO, ESTRADA y GARCÍA, 2006). Por su parte, en cuanto a las variables socioeconómicas se ha podido desarrollar la herramienta de tipificación de sistemas agropecuarios, la cual, mediante técnicas de análisis multivariado agrupa a los productores en grupos de acuerdo con sus activos, cultivos y tecnologías, incluso pueden emplearse otras variables de tipo social y cultural (ESCOBAR y BERDEGUÉ, 1990).

Las herramientas de tipificación de productores y de URH únicamente contribuirán a la agrupación de los precios sombra de la curva de costo marginal². Es decir, estas herramientas nos permitirán agrupar a los productores de las partes altas de la cuenca quienes podrían ofertar el agua y la reducción de sedimentos a los usuarios de las partes bajas de la cuenca. Para estos usuarios (parte alta de la cuenca), las curvas de costo marginal están conformadas por los precios sombra del uso del agua y de la generación de erosión. Éste precio sombra se determina básicamente por los ingresos marginales que genera el uso de cada unidad del recurso. Por lo tanto, cualquier variable que afecte el ingreso o la cantidad de agua empleada o de erosión generada afectará directamente al precio sombra. Bajo estas circunstancias, en caso de no realizar ninguna agrupación entonces tendríamos tantos precios sombra como productores y lo que es aún peor, permutado por el número de cultivos, tecnologías, pendientes, precipitación, y en fin por cada una de las variables que influyen en la determinación del precio sombra.

A continuación se presenta un modelo de toma de decisiones de los productores bajo ciertos supuestos. Se presenta también un ejemplo de tipificación que se efectúa con base en las decisiones individuales de los productores. Seguidamente se presenta el modelo de disponibilidad de agua y su uso dentro de la cuenca. Posteriormente se presenta un modelo de las interconexiones que existen dentro de una cuenca. Finalmente se pasa a la construcción de las curvas de costo e ingreso marginal del uso de los recursos (agua y suelo), y a su iteración.

1.1 Decisiones de los productores rurales

Los hogares pobres en los países en desarrollo poseen generalmente como activos sólo tierra y mano de obra no calificada y poca dotación de capital físico y humano. Estos hogares son altamente dependientes de la producción agrícola como su principal fuente de ingresos. La infortunada consecuencia de esta situación es que los hogares pobres presentan una importante restricción en la labor, la tierra y el capital, la cual se refleja necesariamente en baja inversión en el mejoramiento de la tierra (BARBIER *et. al.* 1997)

CLAY, REARDON y KANGASNIEMI (1998) parten de la existencia de dos caminos que son seguidos por los agricultores como respuesta a las restricciones. El

2 Son muchos los criterios adicionales que se pueden emplear para agrupar los precios sombra, como tipo de cultivo, división política, división geográfica, etc. A pesar que su uso puede resultar muy práctico, la verdad es que no refleja adecuadamente la variabilidad entre los precios sombra.

primero denominado intensivo en capital, el cual conlleva a un uso sustancial de variables de insumos que mejoren la capacidad productiva del suelo. El segundo camino es buscar el mejoramiento de la productividad a través de la intensificación del uso de la mano de obra, haciendo poco uso o nada de capital. A este último camino se le denomina intensivo en mano de obra.

Partiendo de estas circunstancias, el modelo propuesto contempla la toma de decisiones a nivel de cuenca por parte de productores de forma individual, quienes están sometidos a restricciones de tierra, capital y mano de obra. Se asume que en el corto plazo el único factor productivo transable es la mano de obra, y que existen cultivos intensivos en mano de obra y otros intensivos en capital, donde el capital genera mayores beneficios marginales. Se asume también que el nivel tecnológico del cultivo depende del nivel de inversión del capital en el cultivo. Por lo tanto, la elección del tipo de cultivo y el grado de tecnificación dependen de las restricciones de los factores productivos.

$$\text{Max } \pi_j(p, q, c)$$

$$\pi_j = \sum_i [p_i q_i - c_i(l, k, t)], \quad i \in (\dot{L}h, \dot{K}h, v)$$

$p_i = \bar{p}_i$ El precio es exógeno

s.a.

$$\sum t_{ij} \leq \bar{T}_j$$

$$\sum l_{ij} + \bar{L} \leq \bar{L}_j + \tilde{L}; \quad \tilde{L} = \frac{K_{\tilde{L}}}{\gamma_{\tilde{L}}}$$

$$\sum k_{ij} + K_{\tilde{L}} \leq \bar{K}_j + K_{\tilde{L}}; \quad K_{\tilde{L}} = \bar{L} * \gamma_{\tilde{L}}; \quad \gamma_{\tilde{L}} < \gamma_{\tilde{L}}; \quad \bar{L} \leq \hat{L}$$

$$\frac{\partial \pi_{\tilde{L}}}{\partial K} > 0; \quad \frac{\partial^2 \pi_{\tilde{L}}}{\partial K^2} < 0; \quad \frac{\partial \pi_{\tilde{L}}}{\partial L} > 0; \quad \frac{\partial^2 \pi_{\tilde{L}}}{\partial L^2} < 0; \quad \frac{\partial \pi_{\tilde{L}}}{\partial K} > \frac{\partial \pi_{\tilde{L}}}{\partial L}; \quad \frac{\partial^2 \pi_{\tilde{L}}}{\partial K^2} > \frac{\partial^2 \pi_{\tilde{L}}}{\partial L^2};$$

$$\frac{\partial \pi_{\dot{K}}}{\partial K} > 0; \quad \frac{\partial^2 \pi_{\dot{K}}}{\partial K^2} < 0; \quad \frac{\partial \pi_{\dot{K}}}{\partial L} > 0; \quad \frac{\partial^2 \pi_{\dot{K}}}{\partial L^2} < 0; \quad \frac{\partial \pi_{\dot{K}}}{\partial K} > \frac{\partial \pi_{\dot{K}}}{\partial L}; \quad \frac{\partial^2 \pi_{\dot{K}}}{\partial K^2} > \frac{\partial^2 \pi_{\dot{K}}}{\partial L^2}; \quad \frac{\partial \pi_{\dot{K}}}{\partial K} > \frac{\partial \pi_{\dot{K}}}{\partial K}$$

Donde:

π_j = Beneficio del productor j

p_i = Precio del producto i; $p_i > 0$

q_i = Cantidad del producto i

- c_i = Función de costos del cultivo i
- l_i = Mano de obra (jornales) dedicadas al cultivo i
- k_i = Capital (\$) dedicado al cultivo i
- t_i = Tierra (ha) dedicadas al cultivo i
- \dot{L} = Cultivo intenso en mano de obra
- \dot{K} = Cultivo intenso en capital
- v = suelo en conservación
- h = nivel tecnológico, función de k y de l
- \bar{T}_j = Dotación de tierra (ha) del individuo j
- \hat{L}_j = Restricción de venta de mano de obra
- \bar{L}_j = Dotación de mano de obra (jornales) del individuo j
- \bar{L} = Contratación de mano de obra (jornales)
- \bar{L} = Venta de mano de obra (jornales)
- $\Upsilon_{\bar{L}}$ = Precio de contratación de mano de obra (\$/jornal)
- $\Upsilon_{\hat{L}}$ = Precio de venta de mano de obra (\$/jornal)
- $K_{\bar{L}}$ = Capital destinado a la compra de mano de obra (\$)
- $K_{\hat{L}}$ = Capital proveniente de la venta de mano de obra (\$)
- \bar{K}_j = Dotación de capital del individuo j
- $\pi_{\dot{L}}$ = Beneficios del cultivo intenso en mano de obra
- $\pi_{\dot{K}}$ = Beneficios del cultivo intenso en capital

1.2 La tipificación de los productores como herramienta de agrupación

Con fines ilustrativos, se presenta un ejemplo de tipificación de los productores de acuerdo con sus activos (K, L y T), donde cerca de 70 mil productores son agrupados en cinco categorías, así:

Tabla 1
Tipificación de los productores rurales de acuerdo a sus activos

	Tipo (t)	K	L	T	Cultivo*
Pobres ↓ No pobres	1	B	B	B	\dot{L} y h baja
	2	B	A		\dot{L} y h media
	3	M	B	M	\dot{L} y h alta K y h baja
	4	M	A	M	\dot{L} y h alta
	5	A	C	A	\dot{K} y h depende del grado de K

Adaptado de Agudelo et al. (2003)

*La tecnificación esta representada por el grado de K invertido
 K: bajo (B) ≤ 5 millones de pesos anuales, medio (M) $> a 5$ millones y $\leq a 30$ millones, alto (A) $> a 30$ millones
 L: bajo (B) una persona laboralmente activa, alta (A) cuatro personas laboralmente activas
 T: bajo (B) ≤ 10 ha, medio (M) >10 y ≤ 50 ha, mayor >50 ha

Bajo esta consideración, podemos hablar de tipos de productores y no de cada productor en particular, lo que ayudará a reducir enormemente el número de precios sombra de los servicios ambientales.

1.3 Disponibilidad y uso del agua en la cuenca

La disponibilidad de agua para un punto específico de captación en la parte baja de la cuenca dependerá del uso del suelo en la parte alta. El uso del suelo se refiere al tipo de cultivo, que conforme a la URH donde se encuentre determinarán los niveles de agua disponibles en el punto de captación.

1.3.1 Disponibilidad de agua para cada punto de captación (n)

$$Q_n = \sum_{u=1...a} Q_{un}$$

$$Q_u = \phi_u * (R_u * T_u - W_u)$$

$$W_u = \sum_i (W_{iu} * t_{iu})$$

$$W_v < W_i \forall i \neq v$$

Donde

- Q_n = Caudal en el punto de captación “n”(m³)
- Q_{un} = Caudal de la URH “u” que escurre directamente al punto de captación “n” (m³)
- ϕ_u = Factor de escorrentía $\phi \in (0...1)$ para la URH “u”
- R_u = Precipitación en la URH “u” (m³/ha)
- W_u = Uso consuntivo del agua en la URH “u” (m³)
- T_u = Superficie de tierra en la URH “u” (ha)
- W_{iu} = Uso consuntivo del agua del cultivo i en la URH “u” (m³/h ha)
- W_v = Uso consuntivo del agua por cobertura en conservación (m³/h ha)
- a = es el número total de URH dentro de la cuenca y corresponde a un valor fijo conocido
- u = corresponde al número de URH

1.3.2 Disponibilidad de agua para todos los puntos de captación (n)

$$Q_{nb} = \sum_{u=1...a} Q_{unb} + \sum_{b=1}^{b-1} \sum_{u=1...a} (Q_{unb} - WR_{nb})$$

Donde

- Q_{nb} = Caudal en el punto de captación “n” con interconexión “b” (m³)
- WR_{nb} = Cantidad de agua captada para riego en el punto “n” (m³) con interconexión “b”

Cuando $b=1$, quiere decir que no existe interconexión, y por lo tanto el caudal de dicho punto de captación “n” no depende del aporte residual de otro punto de captación “Qn”; mientras que para captaciones interdependientes, $b>1$, donde el caudal “Qnb” depende de los aportes residuales del caudal “Qnb-1”, y a su vez, el caudal “Qb-1” depende del aporte residual del caudal “Qnb-2”, y así sucesivamente.

1.4 Curva de ingreso marginal para el agua de riego (α)

Cuando $Q_n \geq W_{rn}$ entonces $\alpha = 0$

Cuando $Q_n < W_{rn}$ entonces $\alpha > 0$

Los usuarios del agua de la parte baja (hidroeléctricas, riego, consumo humano y uso industrial) tendrán una disponibilidad a pagar igual al beneficio marginal del agua, el cual será:

$$\frac{\partial \pi_{on}}{\partial W_r} = \alpha_{on}$$

π_{on} = beneficio marginal del usuario “o” conectado al punto de capacitación “n”

La curva de ingreso marginal es la integral de la distribución espacial de los beneficios netos como función $f\left\{\frac{\partial \pi_{on}}{\partial W_r}\right\}$ o $f(\alpha_{on})$

$$IMg(\alpha_{on}) = \int_{max}^{min} f(\alpha_{on}) * d\alpha_{on}$$

1.5 Curva de costo marginal del agua en la parte alta de la cuenca

Por su parte, el costo marginal esta representado por el precio sombra de renunciar a cultivar y dedicar la tierra a conservación. La curva de costo marginal será entonces la integral de la distribución espacial del precio sombra del agua:

$$f(\beta_{ixunb}); \beta_{ixunb} = - \frac{\partial \pi_{ixunb}}{\partial W_f} \quad \forall b \in \{b\} \text{ y } \frac{\partial \pi_{ixunb}}{\partial W_f} < 0$$

$$W_f = W_i - W_v \quad \forall i \neq v$$

$$CMg (\beta_{ixunb}) = \int_{min}^{max} f (\beta_{ixunb}) * d \beta_{ixunb}$$

Donde

β_{ixunb} = es el precio sombra de liberar un metro cúbico de agua en el cultivo i, para el tipo de productor x en la URH “u” para el punto n de captación (\$/m³)

$W_{\hat{r}}$ = Cantidad de agua adicional disponible para riesgo (m³)

La solución óptima es donde se cortan los límites superiores de las funciones de las curvas de costo marginal e ingreso marginal, y por lo tanto

$$\lim \sup_{min \rightarrow max} f(\beta_{ixunb}) = \lim \sup_{max \rightarrow min} f(\alpha_{on})$$

1.6 Curva de ingreso marginal en la parte baja de la cuenca por la reducción de la erosión en la parte alta

El costo de la erosión aguas abajo está representado por los costos asociados a mantenimiento de infraestructura, costos de tratamiento de agua, y pérdida de la vida útil de los reservorios de agua.

$$\frac{\partial X_n}{\partial E} > 0, \quad \frac{\partial^2 X_n}{\partial E^2} > 0, \quad \frac{\partial Y_n}{\partial E} > 0, \quad \frac{\partial^2 Y_n}{\partial E^2} > 0, \quad \frac{\partial Z_n}{\partial E} > 0, \quad \frac{\partial^2 Z_n}{\partial E^2} > 0$$

Donde:

X: costo de mantenimiento de infraestructura asociada al punto n de captación

Y: costo de tratamiento del agua captada en el punto n

Z: costo por pérdida de vida útil de reservorios alimentados por el punto n

E: es la erosión (ton)

De esta forma el precio sombra de la erosión (ε) son los costos evitados al reducir la erosión. Así, la curva de ingreso marginal se construye a partir de la integral de la distribución espacial de la función de los costos evitados por la reducción de la erosión:

$$f(\epsilon_n) \circ f \left\{ \frac{\partial Y_n}{\partial E}, \frac{\partial Y_n}{\partial E}, \frac{\partial Y_n}{\partial E} \right\}$$

$$IMg = \int_{max}^{min} f(\epsilon_n) * d\epsilon_n$$

1.7 Curva de costo marginal de la reducción de la erosión en la parte alta de la cuenca

Por su parte, la curva de costo marginal estará conformada por la integral de la distribución espacial de las pérdidas en que incurre un tipo de productor al dejar de producir erosión, o sea, al renunciar a un área cultivada, y dedicarla a conservación, así:

$$\delta_{ixunb} = \frac{\partial \pi_{ixunb}}{\partial E} \quad \forall b \in \{b\} \text{ y } \frac{\partial \pi_{ixunb}}{\partial E} > 0$$

$$CMg(\delta_{ixunb}) = \int_{\min}^{\max} (f \delta_{ixunb}) * d\delta_{ixunb}$$

La solución óptima es donde se cortan los límites superiores de las curvas de costo marginal e ingreso marginal, y por lo tanto

$$\lim \sup_{\min \rightarrow \max} f(\delta_{ixunb}) = \lim \sup_{\max \rightarrow \min} f(\varepsilon_n)$$

1.8 Interacción entre la cantidad de agua y la reducción de la erosión

El precio sombra de la calidad del agua para riego es α_{jn} expresado en \$/m³, mientras que los costos evitados de prevenir la erosión es ε_n expresado en \$/ton. Sin embargo, existe una interrelación positiva entre los dos fenómenos, ya que en la medida que se dedique tierra a la conservación, se logrará aumentar el agua disponible y disminuir la erosión. Si queremos internalizar estas dos externalidades de una forma práctica y tener en cuenta la interacción positiva que presentan, entonces, debemos construir nuevas curvas de ingreso y costo marginal que unifiquen los precios sombra, para lo cual, debemos calcular el precio sombra superficie conservada (tv).

El primer paso es la construcción de una curva de costo marginal por superficie conservada (μ_{tv}) para lo cual es necesario que se contemple el cambio de las utilidades por cultivo y por nivel tecnológico, pero también el grado de erosión generado y del uso consuntivo del agua. Para esto se recurrirá a unos niveles estándares de erosión y de uso consuntivo del agua por hectárea que permitan estandarizar los costos marginales y los ingresos marginales, así:

$$\mu_{tvnb} = \frac{\pi_{ixunb}}{I_{ix}} * \frac{1}{1 + \left(\frac{W\hat{r}_i}{W\hat{r}} - 1 \right) + \left(\frac{E_i}{E_i} - 1 \right)}$$

$$CMg(\mu_{tynb}) = \int_{min}^{max} (\mu_{tynb}) * d\mu_{tynb}$$

Donde:

μ_{tynb} : Precio sombra por hectárea ponderada (\$/ha)

$W\hat{r}_i$ = Cantidad de agua adicional para riego (m³/ha) por renunciar a una hectárea del cultivo *i*

$\overline{W\hat{r}}$ = Cantidad de agua adicional para riego (m³/ha) estándar

E_i = Erosión generada por el cultivo *i* (ton/ha)

\overline{E}_i = Erosión generada (ton/ha) estándar

El segundo paso es la construcción de una curva de ingreso marginal a partir de las curvas de agua y erosión. Asumiremos que los costos generados por la erosión son independientes de la cantidad de agua empleada para riego. Entonces, debemos llevar el precio sombra del agua de riego y de los costos evitados de la erosión a un precio sombra por hectárea estándar, o sea, al precio sombra de una hectárea que permite una cantidad de agua adicional para riego estándar y una hectárea que permite disminuir la erosión generada en el valor estándar establecido. De esta forma tendremos ingresos marginales por hectárea tanto para agua como para erosión, que a partir de la integral de la distribución espacial de los beneficios marginales por hectárea conservada conforman la curva de ingreso marginal.

$$\begin{aligned} \varphi_{jn} &= \alpha_{jn} * \overline{W\hat{r}} \\ \varphi_n &= \varepsilon_n * \overline{E}_i \\ & f(\varphi_{jn}, \varphi_n) \\ IMg &= \int_{max}^{min} f(\varphi) * d\varphi \end{aligned}$$

La solución óptima es donde se cortan los límites superiores de las curvas de costo marginal e ingreso marginal, y por lo tanto

$$\lim \sup_{min \rightarrow max} f(\mu_{tynb}) = \lim \sup_{max \rightarrow min} f(\varphi)$$

2. Asignación de derechos de propiedad e implicaciones sobre la pobreza rural

El debate sobre la asignación de derechos de propiedad es la principal barrera para la constitución de mercados de servicios ambientales. La mayoría de los autores que escriben sobre el tema de PSA implícitamente parten del supuesto

de que los propietarios de las tierras donde se generan los servicios ambientales son los propietarios de los derechos. No obstante sobre este tema aún existe mucho que discutir.

Asignar los derechos de propiedad es la primera medida para permitir la transacción de dichos servicios. En principio se busca analizar las implicaciones de la solución planteada por COASE (1960). Teóricamente, los usuarios aguas arriba y aguas abajo llegarán a través de la transacción de los derechos a la solución óptima. No obstante, y recordando que *“la asignación inicial de derechos de propiedad no cambiará el resultado eficiente esperado, solamente influirá en quien paga a quien en el acuerdo final”*, la asignación de derechos de propiedad jugará un papel crucial en la redistribución de la riqueza.

El supuesto bajo el cual trabaja la lógica de los PSA es que los productores de la parte de baja de la cuenca reciben servicios ambientales provenientes de la parte alta, los cuales no están siendo compensados. No obstante, existen varias interpretaciones que se hacen sobre los servicios ambientales que deberían ser compensados. La primera interpretación es basada en el hecho que algunos de los productores de las partes altas poseen áreas dedicadas a la conservación y por lo tanto, los servicios ambientales generados exclusivamente de allí deben ser vistos como una externalidad positiva. La segunda interpretación parte del hecho que aunque los productores de las partes altas estén realizando actividades productivas en sus parcelas, persisten algunos servicios ambientales que son aprovechados por los usuarios de las partes bajas. Por ejemplo, a pesar que un productor siembre un cultivo existirá cierta cantidad de agua que escurre de ella hacia las partes bajas, y por lo tanto, desde esta óptica, esta agua que escurre debe ser contemplada como un servicio ambiental. Una tercera interpretación del supuesto es que los productores de la parte alta que realizan actividades productivas dentro de su parcela, podrían renunciar a dichas actividades o implementar tecnologías más sostenibles que aumenten el flujo de servicios ambientales hacia la parte baja de la cuenca. Bajo estas tres aproximaciones, la premisa es que el productor de la parte alta ofrece un servicio ambiental a los productores de la parte baja, y por lo tanto el productor de la parte alta de la cuenca debe ser compensado por el productor de la parte baja de la cuenca.

El instrumento de PSA considera el hecho de que los pobladores de las partes altas de la cuencas, considerados en la mayoría de los casos como uno de los sectores más pobres de la sociedad, reciban una retribución por los servicios ambientales que son generados por sus actividades o de sus propiedades. A su vez, los sectores de las partes bajas de la cuenca, considerados

como un grupo de la sociedad en mejores condiciones económicas que los anteriores, paguen por el uso de dichos servicios. En principio la propuesta parece razonable, sin embargo, este problema podría ser visto de otra forma, tal y como lo expone COASE (1960) en *“The problem of social cost”* con su argumento de la reciprocidad.

El productor ubicado en la parte baja de la cuenca puede ser quien tenga el derecho a disfrutar de la oferta natural de los servicios ambientales. Bajo esta óptica, cualquier actividad que realicen los productores de las partes altas de la cuenca y que afecten dicha oferta natural, estarían afectando la función de producción de los productores ubicados en las parte baja de la cuenca. Por ejemplo, si un productor de la parte alta de la cuenca posee cierta área de su predio en bosque natural, dicha oferta de agua y niveles de erosión son precisamente los valores a los cuales tiene derecho a disfrutar el usuario de la parte baja. En la medida que el productor de la parte alta decida cortar el bosque natural y establecer cultivos entonces, el daño que ocasione en la oferta de agua y en los niveles de erosión a los usuarios de las partes bajas deberá ser cubierto o compensado con el fin de eliminar la externalidad (en este caso negativa). Desde este punto de vista se parte de la premisa “el que contamina paga”.

A pesar de la relevancia e importancia del tema (asignación de los derechos de propiedad) aún no se ha dado una discusión respecto a los argumentos de quien debe tener los derechos. Aunque la mayoría de los países han optado por declarar los recursos hídricos como bienes públicos, la verdad es que en algún momento tendrán que desarrollar criterios de asignación de su uso, y por lo tanto el problema será esencialmente el mismo.

2.1 Asignación de derechos de propiedad o de uso

Una alternativa sería otorgar los derechos a los usuarios aguas abajo. Por lo tanto, geográficamente, entre más abajo en la cuenca se encuentre el usuario menores costos debe asumir por el uso de dicho recurso, y viceversa. Igualmente, entre más poblada se encuentre la cuenca, o entre un mayor uso del agua se realice, y a mayor ingresos marginales del agua, mayores serán los costos de los usuarios aguas arriba. Los productores aguas arriba sólo podrían persistir en la medida que tengan los ingresos necesarios para compensar los costos de oportunidad del agua a los usuarios en las partes bajas de la cuenca.

Los derechos se podrían otorgar igualmente a los usuarios de las partes altas. Los usuarios de la parte alta tendrían el derecho a contaminar y hacer un uso libre del recurso. Bajo estas circunstancias, los usuarios aguas abajo

tendrían que ofrecer a los usuarios aguas arriba pagos que les permita acceder a dicho recurso. Así, los usuarios aguas arriba podrían mantener o incluso incrementar sus niveles actuales de ingresos económicos, bajo el supuesto de costos de transacción muy bajos. Esta es la lógica inmersa en la propuesta de pago de servicios ambientales.

Otra opción, es fijar unos derechos limitados sobre el recurso tanto a los usuarios aguas abajo como aguas arriba, y por lo tanto, en este sentido, los usuarios aguas arriba que estén por arriba del nivel fijado deberán disminuir el uso del recurso, o en su defecto pagar por el uso de este. Igualmente los usuarios aguas abajo, si quieren disponer de una mayor cantidad del recurso de la asignada, deben transar los derechos con los usuarios aguas arriba.

Otra forma de intervenir puede ser a través de la implementación de impuestos pigouvianos. En este caso, sería necesario gravar a todos los usuarios del agua que estén ocasionando un costo externo por su uso. En este sentido los usuarios aguas arriba pagarían por los daños ocasionados a los usuarios aguas abajo. El valor correcto del impuesto (TW) debería ser igual al valor de la solución óptima (donde se cortan los límites superiores de las curvas de costo marginal e ingreso marginal). Bajo estas circunstancias, todos los usuarios aguas arriba, cuyos precios sombra se encuentren por debajo de TW deberían renunciar a sus actividades productivas, ya que sus ingresos no alcanzarían a cubrir el valor del impuesto. A su vez, esta medida permitiría que los usuarios aguas abajo puedan beneficiarse del recurso, y generar un excedente mucho mayor a las pérdidas de los usuarios aguas arriba.

No obstante, los impuestos pigouvianos son de doble vía, así que puede tratarse de compensaciones si se trata de externalidades positivas. Aquí vuelve a tomar relevancia el concepto de reciprocidad, ya que un productor que implemente prácticas sostenibles puede ser visto como un productor de esta generando una externalidad positiva, o por el contrario, alguien que esta reduciendo la externalidad negativa que estaba ocasionando.

2.2 Efectos de las medidas sobre la reducción de la pobreza

Si se asignan los derechos a los usuarios de las partes bajas de la cuenca esto ocasionaría incremento en la brecha de la desigualdad entre los productores de las partes altas y bajas de la cuenca³, ya que una gran parte de los

3 Bajo el supuesto que los sectores más pobres se ubican en la parte alta y los más ricos se ubican en las mejores tierras que se encuentran en los valles, o sea, en la parte baja de la cuenca.

productores de las partes altas se verían obligados a renunciar a sus actividades productivas, y los que persisten deben transferir parte de sus excedentes a los pobladores de las partes baja.

En el caso de asignar los derechos a los usuarios de las partes altas de las cuencas, es necesario definir claramente el alcance de los derechos. Si se trata de un derecho a todo el recurso o servicio que se genere desde su parcela, o el derecho al uso actual del recurso. Si el derecho es sobre todo el recurso entonces, el instrumento de PSA podría tener un gran potencial para que los productores de las partes altas incrementen sus ingresos, siempre y cuando la demanda de agua en la parte baja sea alta y, al mismo tiempo, el agua tenga una productividad marginal alta. Si el derecho es sobre el uso actual, entonces los ingresos de los productores de las partes altas por la oferta de servicios ambientales esta sujeta a los cambios que incorporen los productores sobre sus sistema productivos con el fin de incrementar dicha oferta. Además, como la curva de costo marginal está sujeta a los precios sombra, y estos a su vez, están contruidos sobre la base del ingreso actual⁴, entonces el potencial del mejoramiento de los ingresos de estos productores será altamente dependiente entre la diferencia entre la curva de costos marginal y el nivel del precio establecido por el servicio (excedente del productor), esto sin contar con los costos de transacción. En este sentido, el excedente del productor deberá ser mayor a los costos de transacción para poder que el mercado de servicios ambientales sea económicamente viable.

La asignación de derechos de propiedad a los usuarios de la parte alta de la cuenca sería una especie de “trade off” entre deterioro ambiental y pobreza rural, ya que claramente se estaría premiando a los usuarios que deterioran los recursos, y al mismo tiempo a los que realizan un uso menos eficiente de dichos recursos. En este sentido, la sociedad debe tener claro el subsidio implícito a la reducción de la pobreza.

3. Conclusiones

- El modelo propuesto permite realizar una agrupación adecuada de los precios sombra ya que minimiza la variabilidad al interior de los grupos y maximiza la variabilidad entre grupos, además opera sobre la base de bajos costos de transacción.

4 Aquí se podría comparar la situación a la planteada por Azqueta y Sotelsek (1999) respecto a la ventaja comparativa: los países pobres están dispuestos a soportar una mayor contaminación ambiental a un menor precio.

- El modelo muestra que el esquema de PSA si se constituye en un instrumento adecuado para la asignación eficiente del recurso hídrico. Los mecanismos de agrupación de variables biofísicas y socioeconómicas son una buena estrategia para superar las dificultades prácticas de los esquemas de PSA.
- Sin embargo, no es claro como un esquema de PSA puede ayudar a reducir la pobreza rural. La forma más directa y clara para hacerlo es asignar todos los derechos de propiedad sobre los recursos a los usuarios de las partes altas. De esta forma, toda el agua en cantidad y calidad pertenece a los usuarios de la parte alta, y por lo tanto los usuarios de la parte baja tendrían que pagar por el uso actual que hacen de dichos recursos. A pesar que con toda seguridad ayudaría a incrementar los ingresos de los productores más pobres, seguramente encontrará más de un opositor. El punto más controversial sería ¿cuál es el criterio empleado para la asignación de dichos derechos? ¿La posición geográfica?, ¿la posesión de la tierra? o ¿el hecho de ser pobres?
- Si el PSA se restringe a que los usuarios de las partes altas tengan el derecho a recibir una compensación por los servicios ambientales adicionales que puedan suministrar con relación a la situación actual, entonces el incremento de los ingresos estará restringido al excedente del productor (diferencia entre la curva de costo marginal y el precio del servicio). En este caso, seguramente también se escucharán voces en contra de este mecanismo, ya que obviamente premia a los que mayor deterioro han ocasionado y castiga a los que mejor han cuidado el medio ambiente.
- Los otros criterios de asignación de derechos de propiedad o de uso difícilmente lograrán reducir la pobreza rural, por el contrario, seguramente la incrementarán. En el caso de asignar los derechos de propiedad a los usuarios de las partes bajas, es indudable el efecto negativo sobre los ingresos de los usuarios de las partes altas, ya que muchos seguramente tendrían que abandonar las actividades productivas. Es muy difícil que los niveles actuales de ingreso los productores de las partes altas puedan cubrir los costos ocasionados a los usuarios de las partes bajas. Además, si este tipo de asignación de derechos no se hace de manera generalizada, es muy difícil que el productor pueda transferir dicho costo vía precios al usuario final.

Bibliografía

- AGUDELO, C., RIVERA, B., TAPASCO, J., y ESTRADA R (2003). Diseñando políticas para reducir pobreza rural y deterioro ambiental en una zona de ladera de la región andina en Colombia. En: G. Escobar (Ed.). *Pobreza rural y Deterioro Ambiental en América Latina* (pp. 217-229), Santiago de Chile: Rimisp.
- BARBIER, B. (1995, November). The economics of soil erosion: Theory, methodology and examples. Paper based on a presentation to the Fifth Biannual Workshop on Economy and Environment in Southeast Asia, Singapore.
- BARBIER, B., SANCHEZ, P., THOMAS, R., y WAGNER, A. (1997). The economic determinants of land degradation in developing countries. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 352(1356), 891-899.
- BOURGEON, J; EASTER, W., y SMITH, R. (2008). Water markets and third-party effects. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(4), 902-917.
- CAPOZZA, D y LI, Y. (1994). The intensity and timing of investment: The case of land. *The American Economic Review*, 84(4), 889-904.
- CLAY, D., REARDON, T., y KANGASNIEMI, J. (1998). Sustainable intensification in the highland tropics: Rwandan farmers' investments in land conservation and soil fertility. *Economic Development and Cultural Change*, 46(2), 351-377.
- COASE, R. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.
- DASGUPTA, P y MALER, K. (1994). Poverty, institutions, and environmental resource base. Washington: World Bank, 65p.
- ESCOBAR, G. y BERDEGUÉ, J. (Eds.). (1990). *Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola*. Santiago de Chile: RIMISP.
- FAO. (2004). *Payment for environmental services in watersheds*. Rome: FAO, 74p.
- GTZ y CONDESAN. (2003). *Payment for environmental services as a mechanism for promoting rural development in the upper watersheds of the tropics*, 68p.
- PAGIOLA, S, BISHOP, J. y LANDELLMILLS, N. (2002). *Selling forest environmental services: Market based mechanisms for conservation and development*. London: Earthscan Publications.

- Programa RUPES. (2009). About RUPES. Recuperado el 21 de julio de 2009, de <http://www.worldagroforestry.org/sea/networks/RUPES/index.asp>
- QUINTERO, M; ESTRADA R. D. y GARCÍA, J. (2006). Modelo de optimización para evaluación ex ante de alternativas productivas y cuantificación de externalidades ambientales en cuencas andinas. Perú: CIP, 76p.
- ROSA, H., KANDEL, S., y DIMAS, L. (2003). Compensation for environmental services and rural communities. San Salvador: PRISMA, 31p.
- SHILLING, J., y OSHA, J. (2003). Paying for environmental stewardship. Washington: WWF Macroeconomics for Sustainable Development Program Office, 32p.
- TSUR, Y., y DINAR, A. (1995). Efficiency and equity considerations in pricing and allocating irrigation water. Washington: World Bank, 40p.
- TURCHI, B. (1975). Microeconomic theories of fertility: A critique. *Social Forces*, 54(1), 107-125.
- WU, J; BABCOCK, B y LAKSHMINARAYAN, P.G. (1996). The choice of tillage rotation, and soil testing practices: economic and environmental implications. Ames: Center for Agricultural and Rural Development, 26p.
- WUNDER, S. (2005). Payment for environmental services. Some nuts and bolts. Jakarta: CIFOR, 24p.

