

# Criterios económicos para diseñar un pago por servicios ambientales basado en el modelo de von Thünen

Lixmania Pitacuar Meneses<sup>2</sup>, Guillermo A. Navarro Monge<sup>1</sup>, Sergio Velásquez Mazariegos<sup>2</sup>; Carlos Murillo Rodríguez<sup>2</sup>, Bastiaan Louman<sup>3</sup>, Bryan Finegan<sup>3</sup>

## Resumen

Mediante el modelo de la renta por localización de von Thünen, se determinó la distribución espacial de los bosques y otros usos del suelo en el Corredor Biológico San Juan La Selva en Costa Rica. Según ese modelo, la ubicación espacial de los usos del suelo está en función de los costos de transporte. A partir de datos socioeconómicos recolectados en el campo y el uso del SIG, se analizó la ubicación y el grado de intensidad de las actividades productivas alrededor de un mercado central. Asimismo, con el método del valor esperado de la tierra se realizó un análisis de inversiones del bosque bajo manejo forestal y de otros usos del suelo que compiten con la actividad forestal, como el cultivo de piña y banano, las plantaciones forestales de *Gmelina arborea* y la ganadería. Posteriormente, se calculó el monto de compensación por el servicio ambiental de protección a la biodiversidad y por renunciar a la actividad alternativa mínima. Se comprobó que, en algunos casos, los montos definidos para el PSA son menores que lo que Fonafifo paga actualmente.

**Palabras clave:** Corredor biológico; bosques; utilización de la tierra; distribución espacial; servicios ambientales; pago; incentivos; modelos; rentabilidad; análisis económico; costos de oportunidad; inversión; conservación de la biodiversidad.

## Abstract

**Economic criteria for designing a PES based on the model of von Thünen.** The von Thünen's model was applied to determine the spatial distribution of forests and other land uses within the San Juan La Selva Biological Corridor in Costa Rica. According to the model, the spatial location of land uses is a function of transportation cost. Using socio-economic data collected in the field and GIS information, the location and intensity of production activities nearby a central market were determined. Also, using the land expected value, an analysis of investment on forest use and competitive alternative uses was carried out. The main competitive uses are pineapple and banana, forest plantations of *Gmelina arborea* and cattle ranching. Additionally, the opportunity cost of both environmental services and abandoning the minimum alternative option were calculated. It was proved that, in some cases, the PES amounts obtained were inferior to those currently paid by Fonafifo.

**Keywords:** Biological corridor; forests; land use; spatial distribution; environmental services; payment; incentives; models; profitability; economic analysis; opportunity costs; investment; biodiversity conservation.

<sup>1</sup> Autor para correspondencia: [gnavarro@catie.ac.cr](mailto:gnavarro@catie.ac.cr)

<sup>2</sup> Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

<sup>3</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica



## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales proporcionan gran cantidad de valiosos bienes y servicios a la sociedad; sin embargo, su proceso de deterioro se ha acelerado a un ritmo alarmante. Se estima que a nivel mundial se pierden unos ocho millones de hectáreas de bosques al año (FAO 2007). En Costa Rica la situación no es muy diferente; de hecho, fue uno de los países latinoamericanos con mayor tasa de deforestación en las décadas de 1950-1970, cuando más de 50 mil hectáreas de bosque se deforestaban anualmente para dar paso a actividades más productivas como la agricultura y la ganadería extensiva (Watson et al. 1998, Minae y ONF 2003, Villate et al. 2008). Al iniciarse el decenio de 1980, el país había perdido más de la mitad de su cubierta forestal (Sáenz 2008).

En 1979, para contrarrestar los efectos de la deforestación, el gobierno inició la primera generación de incentivos dirigidos hacia la reforestación. En los años 1990, se cambió el enfoque hacia el buen manejo de los bosques de producción, y en 1996 se promulgó la nueva Ley Forestal 7575 enfocada en la conservación y en los servicios ambientales. Así se creó el pago por servicios ambientales (PSA), los cuales reconocen cuatro tipos de servicios ambientales: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción); protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico; protección de la biodiversidad para su conservación y uso sostenible, científico y farmacéutico, de investigación y mejoramiento genético; protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos (Minae y ONF 2003, Fonafifo 2004, Mayrand y Paquin 2004).

La Ley Forestal 7575 creó también el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo) con las responsabilidades de captar recursos financieros, pagar por los servicios ambientales que brindan los bosques y plantaciones forestales y desempeñar otras actividades necesarias para fortalecer el desarrollo del sector recursos

naturales (Watson et al. 1998, Ortiz et al. 2003, Ortiz 2003, Fonafifo 2009).

En Costa Rica, el sistema de PSA se basa en criterios biofísicos y sociales, pero no considera criterios económicos. Entre los criterios biofísicos contemplados están las áreas privadas en corredores biológicos y áreas silvestres protegidas; áreas con alto riesgo de degradación de los recursos suelo, agua o biodiversidad; áreas de bosque para la protección de las fuentes de agua -en especial las de consumo humano-. Entre los criterios sociales están el área máxima y mínima para cada modalidad de PSA (Ortiz 2003).

Sin embargo, existe un modelo económico que explica la manera en que los tipos de bosque y uso del suelo se localizan sobre un área dada. Este modelo fue desarrollado por von Thünen en 1826 en Hamburgo, Alemania, a partir de observaciones empíricas. von Thünen establece que la distribución espacial de los usos del suelo está en función de la distancia al mercado y de los costos de transporte. El resultado se esquematiza en una serie de círculos concéntricos que generan rentas más bajas a medida que aumenta la distancia al mercado (Popescu 1963, García 1975, Fujita et al. 2000, Alarcón 2006, Angelsen 2007). Por lo tanto, si existiera algún criterio económico para ordenar el PSA, se debería usar el modelo de von Thünen y la forma monetaria de hacerlo sería el método *"simple betterness"*, el cual permite determinar el monto de compensación de PSA que la sociedad costarricense debiera pagar al dueño del bosque por los servicios ambientales que brinda. El monto se calcula a partir de la rentabilidad del bosque y de otros usos del suelo mediante el método del valor esperado de la tierra (VET).

Este artículo tiene como objetivo determinar, por medio del modelo de von Thünen, cómo la ubicación de los usos de la tierra afecta la provisión de servicios ecosistémicos por los diferentes tipos de bosques. Asimismo, se busca diseñar un mecanismo para la valoración de los servicios ambientales de los bosques y la

determinación de los montos de compensación que garanticen la coexistencia de parches de bosque de gavilán (*Pentaclethra macroloba*)-caobilla (*Carapa guianensis*) y de gavilán-palmas en el Corredor Biológico San Juan La Selva, independientemente de las fuerzas del mercado.

### El área de estudio

El estudio se realizó en el Corredor Biológico San Juan-La Selva (CBSJLS), localizado en la parte norte de las provincias de Heredia y Alajuela, cantones de Sarapiquí y San Carlos respectivamente. El CBSJLS abarca una extensión de 246.608 ha, de las cuales el 56% cuenta con cobertura forestal (Chassot y Monge 2002, Chassot et al. 2005). En esta zona se ubican más de 48 comunidades, en las que residen cerca de 45 mil personas.

El amplio rango altitudinal permite la presencia de ocho zonas de vida entre las que se destaca, por su extensión territorial, el bosque muy húmedo tropical (151.812 ha), con una precipitación media anual de 3864 mm, temperatura media de 24,5°C y una altitud entre 180 y 345 msnm (Chassot y Monge 2002, Villate et al. 2008).

El corredor enfrenta algunas amenazas que exigen esfuerzos redoblados para su protección. La extracción de madera y la tala ilegal, la pesca, la caza y el tráfico de especies, así como las prácticas agrícolas inadecuadas son algunos de los principales peligros que enfrenta este corredor (Chassot y Monge 2002).

Por medio de la imagen satelital landsat del año 2001 y visitas preliminares al CBSJLS se seleccionó el área de estudio, la cual mostró patrones idóneos que favorecían el análisis mediante el modelo de von Thünen. Los criterios seguidos para la definición del área fueron: el ordenamiento espacial de los usos del suelo, la red de caminos, los ríos y la falta de puentes, la presencia de un poblado principal para el abastecimiento y comercialización de productos.

En el área muestreada se identificaron los principales usos del suelo para la toma de datos

en campo. Los usos más importantes encontrados fueron la ganadería de carne y doble propósito, el cultivo de banano y piña, las plantaciones forestales de melina (*Gmelina arborea*) y el manejo forestal de los parches de bosque gavilán-palmas (bosque tipo 1) y gavilán-caobilla (bosque tipo 3), identificados por Ramos (2004).

### Trabajo de campo

A partir de formularios elaborados previamente para cada uso del suelo, se aplicaron entrevistas semi-estructuradas a los propietarios de las fincas identificadas. Para cada uso se recolectó información técnica y de costos (mano de obra, servicios e insumos) e ingresos (producción, precio del producto, costos por producto), niveles de liquidez y acceso a crédito. Para completar la información de campo, se entrevistó a funcionarios de instituciones locales y nacionales, subastas ganaderas, transportistas y madereros de la zona de Puerto Viejo de Sarapiquí.

Las primeras entrevistas se aplicaron a propietarios privados de bosque natural que recibían asistencia técnica de Fundecor (Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central)<sup>1</sup>. Las segundas entrevistas se efectuaron bajo el método de muestreo no aleatorio conocido como 'bola de nieve'.

### Trabajo de laboratorio

Con el fin de obtener una imagen actualizada de los usos del suelo en el CBSJLS, mediante sistemas de información geográfica (SIG) se procedió a la segmentación de imágenes por medio del *software Spring Inpe*. Una vez hecha la segmentación se realizó la asignación visual por atributo; como base se utilizó la imagen satelital landsat TM del 2007. Para identificar posibles áreas que no eran visibles en la imagen base se usaron las imágenes landsat TM de enero y febrero del 2008. Con la imagen actualizada se definió el área de análisis de los anillos concéntricos de von Thünen, tomando como base principal la red de caminos, por un

<sup>1</sup> Fundecor es una organización líder en la promoción del uso sostenible de la tierra en la zona de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.

lado, y el límite del río Sarapiquí, por el otro. Por medio del *software* ArcView 3.3 se hizo un análisis de accesibilidad que contempló factores como ríos, caminos, uso del suelo y poblados. Para cada factor se simularon velocidades reales de desplazamiento que muestran la distancia de viaje en minutos desde Puerto Viejo de Sarapiquí (poblado principal) hacia cada uno de los usos de la tierra en la zona en estudio.

### **Análisis microeconómico de inversiones**

Para determinar si la rentabilidad de las actividades productivas influye en la ubicación de los usos del suelo en el paisaje (según el modelo de localización de von Thünen), se hizo un análisis de inversión en el manejo del bosque gavilán-palmas y de gavilán-caobilla y de usos alternativos (piña, banano, ganadería y plantaciones forestales) que compiten con el bosque. Para el análisis se utilizó el método de valor esperado de la tierra (VET), también conocido como la fórmula de Faustmann (Calish et al. 1978). Esta fórmula calcula el valor presente de un sistema productivo contra un criterio de evaluación de la inversión que es el precio de la tierra limpia (Navarro y Bermúdez 2006). Se considera que la inversión es aceptable si el VET calculado es superior al precio de mercado de la tierra (Klemperer 1996). El VET utiliza la tasa mínima aceptable de descuento (TMA) sobre el capital invertido que caracteriza las preferencias y condiciones particulares de cada inversionista. Para el análisis se usó la tasa de interés básica del mercado de capitales del Banco Central de Costa Rica del año 2009. Se corrigieron las tasas de interés nominal por inflación; para este estudio se usó una tasa de descuento real del 3,51%.

Con la información económica recolectada en las entrevistas de campo se definió una estructura de costos e ingresos del horizonte financiero para cada uso del suelo. A partir de esa estructura se construyó un flujo de caja que consideraba los **costos** de cada actividad por hectárea: establecimiento, insumos (semillas, fertilizantes, fungicidas, etc.), mano de obra, transporte de insumos/productos, comercialización, servicios

profesionales y trámites. Se consideraron también los **ingresos** provenientes de la venta de cada uno de los productos, tomando en cuenta la producción y el precio del producto en el mercado para el año 2009. El estudio utilizó como moneda el colón costarricense (₡). Como referencia, los resultados se pueden convertir a dólares de los Estados Unidos (US\$) constantes del 2009 con una relación de conversión de ₡570/\$.

### **Análisis de sensibilidad**

Se empleó la condición *ceteris paribus*, la cual permite que se modifique una variable a la vez mientras que las demás permanecen constantes. Se buscó determinar el efecto de factores exógenos como la tasa de descuento, el precio implícito de la madera o producto y el PSA- en el comportamiento del inversionista forestal. Para el análisis se evaluó la variación de la TMA para tres tipos de inversionistas: el prestamista nacional (impaciente) con una tasa real de 3,51% (caso base), el prestamista internacional (paciente) con una tasa de 1,44% y el inversionista deudor con una tasa real de 9,31%. El precio implícito de la madera en pie (PIMP) se calcula a partir del precio de la madera en troza puesta en el patio de aserradero, menos los costos de aprovechamiento y transporte (Hyde 1980). Con el fin de evaluar el modelo de von Thünen y determinar el PIMP se consideró la variación del costo de transporte de la madera a diferentes puntos de venta. Como situación base se estableció una distancia de 35 km a Puerto Viejo de Sarapiquí; como mercados alternos se consideraron Ciudad Quesada (90 km) y San José (115 km). El precio de la madera se relacionó con la distancia al mercado de venta (gavilán ₡180/pmt<sup>2</sup> y caobilla ₡250/pmt); se mantuvieron constantes los costos de aprovechamiento. Por último, se asumió una variación en el PSA bajo tres supuestos: el propietario de bosque bajo manejo no recibe PSA; recibe un PSA por contrato de cinco años; recibe un pago continuo por 15 años.

Para el análisis de sensibilidad de la ganadería y cultivos de piña y banano se tomaron

<sup>2</sup> La pmt (pulgada maderera tica) se refiere a una pieza de madera de 1"x1"x4 varas (~ pie tablar) (1m<sup>3</sup> = 362 pmt).

en cuenta las siguientes variaciones: de la TMA para los tres tipos de inversionistas (3,51%, 1,44%, 9,31%); del precio implícito del producto en la finca calculado a partir del precio del producto menos el costo de transporte; del precio de la mano de obra, que varió en  $\pm 20\%$  con respecto al caso base.

### **Análisis multifuncional del bosque natural**

Los ecosistemas forestales cumplen múltiples funciones pues no son solo un recurso para impulsar la producción de bienes privados, sino que también son bienes con funciones ambientales, tanto a nivel local como global. Para analizar este valor de multifuncionalidad del bosque frente a otros usos alternativos de la tierra se utilizó el método de la mejoría simple (*simple betterness*) descrito por Rickard et al. (1967). Este método permite valorar una misma actividad productiva de dos maneras: por medio de la valoración no monetaria de un bien público, como los servicios ambientales de biodiversidad, o desde el punto de vista privado con un índice monetario (rentabilidad  $\text{C}/\text{ha}$ ); gráficamente, ambos mecanismos se representan en dos cuadrantes.

Para evaluar la parte monetaria se utilizaron los valores de rentabilidad del bosque, de plantaciones forestales de melina, de la ganadería (carne y doble propósito) y de los

cultivos de banano y piña, obtenidos mediante el VET. El servicio ambiental de protección de la biodiversidad se estimó por medio de un índice por uso del suelo, elaborado por el proyecto *Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas* (Murgueitio et al. 2003, Pagiola et al. 2004). Los puntajes asignados a cada uso fueron definidos por un panel de expertos, tomando en consideración factores como el número de especies (plantas, aves, mamíferos pequeños e insectos), arreglo espacial, estratificación y un análisis multicriterio. A cada uso del suelo se le asignó un puntaje que va de 0 a 1, según su capacidad de sostener o promover la biodiversidad. El puntaje máximo se le asignó al bosque (gavilán-palmas y gavilán-caobilla), pues es el uso del suelo con la mayor capacidad de mantener la biodiversidad original de la región y de proveer el mayor volumen de servicios ambientales (Cuadro 1).

Una vez definidos los índices de biodiversidad y el VET de cada uso productivo, se determinó la diferencia de rentabilidad del VET proveniente del bosque frente al VET de la ganadería (uso alternativo mínimo). Posteriormente, se calculó la renta anual con base en una TMA de 3,51% (tasa base con la que se evaluó la rentabilidad de cada uso del suelo).

**Cuadro 1.** Índice de biodiversidad por uso del suelo según su potencial de conservar la biodiversidad

Usos del suelo	Descripción	Índice de biodiversidad
Pastos con baja densidad de árboles dispersos y cercas vivas de poró ( <i>Erythrina</i> sp.)	Ganadería de doble propósito	0,5
Pastos con escasos árboles dispersos y cercas vivas de poró ( <i>Erythrina</i> sp.)	Ganadería de carne	0,3
Cultivos agrícolas de ciclo corto	Piña	0
	Banano	0
Plantaciones maderables en monocultivo	Plantación de melina	0,4-0,7
Bosque primario con cobertura continua e intervenciones moderadas en los últimos diez años	Bosque gavilán-palmas	1
	Bosque gavilán-caobilla	1



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### El paisaje y los propietarios de fincas

El área de estudio comprendió una extensión de 30.147 ha, la cual se encuentra dentro del área de influencia de Fundecor. El paisaje posee una matriz bastante heterogénea, conformada principalmente por bosques primarios, pastizales con fragmentos de bosque remanente y cercas vivas de poró; así como plantaciones forestales de melina y áreas de cultivo de banano y piña. Ambos cultivos están en proceso de expansión e intensificación de los sistemas agrícolas debido a las buenas condiciones agroecológicas y de accesibilidad y la dinámica socioeconómica de frontera agrícola.

El acceso a la zona se da a través de un único camino principal; los primeros 9 km están pavimentados y el resto del camino es una mezcla de lastre y tierra. A lo largo del camino pavimentado se cultiva banano y piña, en tanto que en la sección de lastre y tierra se encuentran actividades ganaderas, plantaciones forestales y bosques naturales. Para la producción agropecuaria, los productores se abastecen de mano de obra de las comunidades aledañas: Los Arbolitos, La Gata, Media Vuelta, Las Marías, Los Lirios, Santa Delia y Horquetas. La compra de insumos y la comercialización de los productos se hacen principalmente en Puerto Viejo de Sarapiquí, el mayor centro urbano del área de estudio.

En cuanto a los propietarios de fincas, se entrevistaron 46 personas; el 28% no viven en el sitio sino que lo visitan ocasionalmente. El tamaño de las fincas fluctúa en un rango bastante amplio, desde 25 ha hasta 687 ha. El 17% de los entrevistados no mantienen ningún área de bosque en sus fincas. El 83% restante posee bosques asociados con otra actividad productiva; de estos, el 52% reciben asistencia técnica de Fundecor.

La mayoría de los entrevistados manifestaron su interés por conservar el bosque y reconocen que es parte esencial de la propiedad para asegurar el futuro de las nuevas generaciones.

En palabras de uno de los propietarios: *“El bosque sin nosotros vive, pero nosotros sin el bosque no vivimos”*. El 33% de los propietarios entrevistados no han recibido PSA por los beneficios que ofrecen sus bosques a la sociedad, aunque manifestaron interés por formar parte del sistema. El 66% ha recibido PSA en la modalidad de conservación de bosque y reforestación; señalan, sin embargo, que el monto que reciben anualmente es insignificante. El 2% de los entrevistados manifestó su intención de convertir el bosque a otros usos, principalmente a la actividad ganadera, debido a que los montos de PSA no son suficientes para mantener el bosque natural en su finca.

El 76% de los entrevistados consideran que el manejo del bosque no es una actividad rentable frente a otros usos, como la ganadería -actividad a la que se dedican el 75% de los dueños de fincas-. Igualmente, creen que las plantaciones forestales de melina y el cultivo de piña y banano son actividades más rentables. Las principales razones por las que consideran que la actividad forestal no es rentable son las regulaciones y costos para acceder a los permisos de aprovechamiento forestal, los intermediarios quienes tramitan el permiso y el aprovechamiento forestal hasta la venta del producto procedente del bosque y los precios de la madera. Ninguno de los entrevistados reconoció importancia al manejo del bosque en la economía familiar. La actividad forestal es vista como un uso complementario; la mayor parte de sus ingresos provienen de otros usos productivos.

### Los usos del suelo

Las fincas se caracterizaron por tener diferentes tipos de cobertura arbórea que van desde zonas boscosas ricas en biodiversidad, como los bosques tipo 1 (gavilán-palmas) y tipo 2 (gavilán-caobilla), hasta zonas dominadas por actividades agrícolas y pecuarias, en donde muchos hábitats naturales ya han desaparecido. La mayor parte de la cobertura del suelo son potreros dedicados a la ganadería bovina extensiva. El 27,4% de las fincas se dedican al ganado de engorde (carne) y el 20,4%

tienen un sistema doble propósito (carne y leche). La ganadería de doble propósito mantiene un hato de ordeño para la producción de queso para la venta y crianza de terneros para la venta en pie en la subasta local. Por su parte, quienes se dedican a la ganadería de carne, compran terneros destetados de 180 a 200 kg y los engordan hasta que alcanzan un peso de 500 a 550 kg en un año. La mayoría de las fincas ganaderas utilizan cercas vivas en sus potreros, principalmente de poró, aunque también retienen árboles dispersos (menos de diez árboles por hectárea) que provienen de remanentes de bosque, para dar sombra al ganado.

Los cultivos de banano y piña se desarrollan de manera extensiva con fines de exportación al mercado de EE.UU. y Europa. La actividad bananera es la segunda fuente de divisas para la economía nacional. El área bananera de la zona cubre 5538 ha. El ciclo de producción del cultivo es de diez meses, con renovaciones cada diez años. El cultivo de piña tiene gran potencial en el mercado internacional por su alta rentabilidad en la zona. El área cultivada de piña se ha extendido considerablemente en los últimos años; en la actualidad, hay unas 50 mil hectáreas de cultivo en el territorio nacional, de las cuales 382 ha se desarrollan en el área de estudio. La piña requiere una fuerte inversión monetaria para el establecimiento y mantenimiento del cultivo

y obtener cosechas económicamente rentables. Su producción se lleva a cabo en 12 meses (una cosecha).

El 8% de los finqueros mantienen una pequeña superficie de plantaciones forestales, principalmente de melina, para la venta en aserraderos locales. La empresa Plywood Costarricense ha establecido cerca de 100 ha de melina para la elaboración de contrachapados. El ciclo de rotación de la especie es de ocho años. Los propietarios reciben PSA por el establecimiento de la plantación.

*Organización de los usos del suelo*

Mediante el uso de SIG, se delimitó el área de análisis para aplicar la teoría de localización y el análisis de accesibilidad. Los resultados obtenidos son isolíneas equidistantes de igual tiempo de viaje (Cuadro 2). Cada isolínea representa la distancia recorrida en 20 minutos desde cualquier lugar de las fincas hasta Puerto Viejo de Sarapiquí (definido como el mercado principal). Las isolíneas muestran una gradiente de ubicación de los usos del suelo del corredor biológico. Las isolíneas se inician en el centro urbano principal (Puerto Viejo de Sarapiquí) y se extienden hacia donde se desarrollan actividades intensivas (cultivo de banano y piña), para luego pasar a actividades extensivas (plantaciones forestales y ganadería de doble propósito). Los usos están sujetos a aspectos

**Cuadro 2.** Isolíneas de igual tiempo de viaje que muestran la distribución porcentual de los bosques y usos alternativos que se desarrollan en el CBSJLS, Costa Rica

Isolíneas (minutos)	Agua	Bosque gavilán caobilla	Bosque gavilán palmas	Ganado doble propósito	Plantación de melina	Ganado de carne	Cultivo de banano	Cultivo de piña	Centro urbano
0-42	62	-	36	-	14	57	85	99	100
42-80	14	0,4	23	21	39	-	15	1	-
80-140	5	77	22	14	47	-	-	-	-
>140	19	23	19	8	-	-	-	-	-

socioeconómicos, como la disponibilidad de mano de obra y tecnología; condiciones agroecológicas (calidad de suelos, temperatura, luminosidad); accesibilidad (vías de comunicación, proximidad a los mercados) y políticas institucionales. Asimismo, la abundancia de los bosques en el paisaje está sujeta a las decisiones económicas de los productores, quienes deciden mantener o eliminar estos ecosistemas para dedicar las tierras a la producción agrícola o pecuaria.

*Determinación de los anillos de von Thünen*

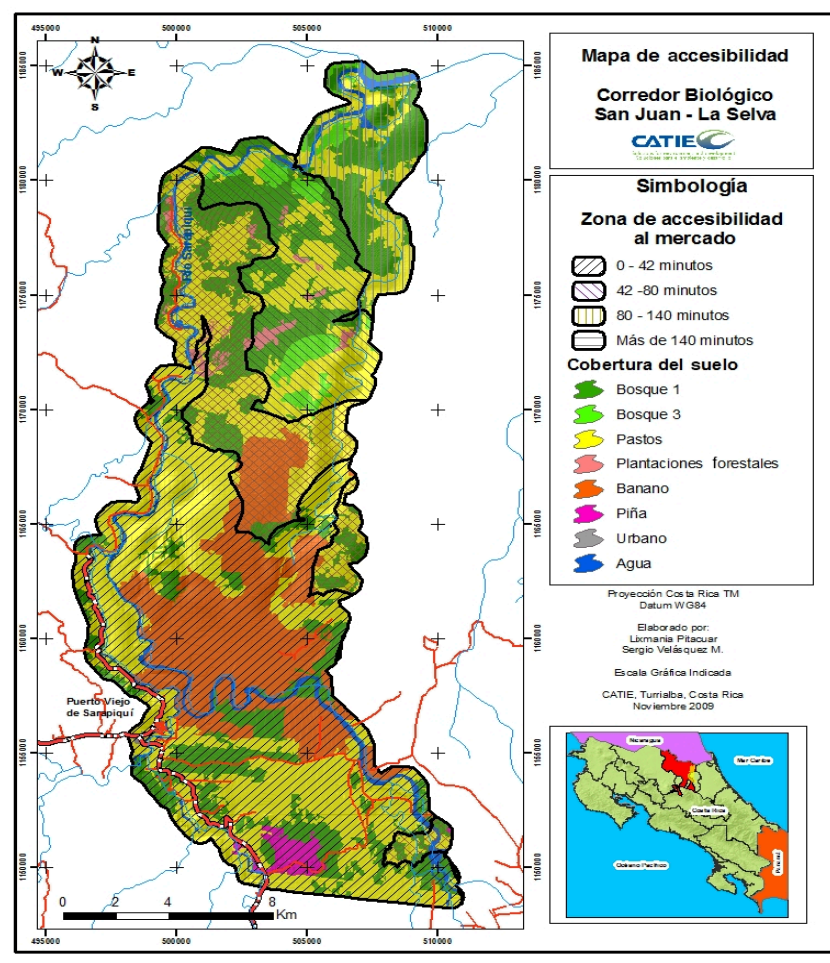
Apartir del análisis de accesibilidad se determinaron los cuatro anillos de von Thünen (Figura 1), los cuales muestran un patrón irregular de organización de los usos del suelo en relación con

el mercado debido a las características irregulares de los terrenos y al diseño de los caminos. Cada anillo abarca varios usos agrícolas, pecuarios y forestales debido al concepto de diversificación de fincas que manejan los propietarios. Esto demuestra que el modelo de localización de von Thünen se aplica en la realidad, y no de forma idealizada en círculos perfectos.

Según la teoría de localización, a mayor distancia de viaje, menor la probabilidad de encontrar un cultivo agrícola o pecuario, ya que estos tienden a concentrarse en los anillos más cercanos al mercado. Esto se debe a que son usos muy intensivos y sensibles al costo de transporte de mano de obra, de insumos y de productos. Se

también depende de la calidad de los suelos y la disponibilidad de infraestructura. Las áreas de bosque remanente tipo 1 (gavilán-palmas) y tipo 3 (gavilán-caobilla) se concentran en el último anillo debido a que los bosques se usan con baja intensidad (una vez cada 15 años), puesto que no son fuentes principales de madera para uso industrial ni doméstico, ni para la construcción, donde preferiblemente se usan sustitutos de la madera.

Las áreas boscosas evaluadas se mantienen inmersas en otros usos alternativos debido a razones como las siguientes: factores legales que prohíben el cambio de uso del suelo (Art. 19 de la Ley Forestal 7575), problemas de acceso a las fincas (falta de infraestructura vial), presencia de zonas de protección, terrenos poco fértiles, cambios en la



**Figura 1.** Anillos irregulares de von Thünen que muestran la distribución espacial de los bosques y usos alternativos del suelo con respecto al mercado central de Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica



debe reconocer, sin embargo, que su ubicación percepción del propietario (mayor conciencia ambiental hacia la conservación de áreas boscosas), un limitado nicho de mercado para las empresas exportadoras que no les permite expandirse.

Según García (1975), los anillos más próximos al mercado corresponden a actividades intensivas y los anillos más alejados a actividades más extensivas. Nuestro estudio corrobora tal apreciación pues los usos intensivos en el CBSJLS, el cultivo de piña y banano, se ubican en los anillos más cercanos al mercado; estos usos son los de mayores costos de transporte, de mano de obra, insumos y productos. A medida que aumenta la lejanía al centro de consumo, el uso del suelo y la producción es menor. En esos sitios prevalece la ganadería extensiva y se concentran los remanentes de bosque tipo 1 (gavilán-palmas) y tipo 3 (gavilán-caobilla). El uso bosque es de baja intensidad y se percibe como de baja rentabilidad. También se encontraron bosques en otros puntos del paisaje -terrenos irregulares que no permiten el desarrollo de actividades agrícolas-. Esto se contradice con el modelo de localización de von Thünen, según el cual el bosque natural se concentra en el segundo anillo, por tratarse de productos pesados de primera necesidad para los sectores construcción y energía (Popescu 1963, García 1975, Barsky 2005). Nuestro estudio encontró que en cada anillo aparecen varios usos agrícolas, pecuarios y forestales que cubren el área total de las fincas; esto también difiere de von Thünen, quien asigna un único uso a cada anillo (García 1972). A pesar de las diferencias señaladas, la organización de los usos productivos de la tierra según su intensidad es una prueba de que la teoría de localización aun es aplicable hoy en día.

### **Análisis de inversiones del bosque natural y usos alternativos del suelo**

Los resultados del cálculo del VET muestran que las actividades agrícolas y pecuarias son más rentables que el manejo del bosque natural; de

hecho, este no es un uso competitivo de la tierra, en comparación con el valor de usos alternativos (Cuadro 3). Los valores del VET para el bosque gavilán-palmas con un ciclo de corta (CC) de 15 años (C260.970/ha) y del bosque gavilán-caobilla con un CC de 11 años (C111.464/ha) revelan una pérdida de valor del bosque, ya que tales valores están por debajo del precio de mercado de terrenos con bosque (C2.000.000/ha). Según el criterio de aceptación de la fórmula de Faustmann, el aprovechamiento forestal no es una inversión rentable en ninguno de los anillos.

En cuanto a las plantaciones forestales de melina, el VET máximo (C5.040.494/ha), con un CC de 8 años, sin pago por servicios ambientales y una TMA de 3,51%, muestra que el productor no puede dedicarse a la reforestación en los anillos 1 y 2. El anillo 3 es el único en donde la inversión es rentable y supera el precio de la tierra (C3.000.000/ha). Por otro lado, los valores de VET de ganadería de carne (C842.591/ha) y ganadería de doble propósito (C1.037.711/ha) indican que la actividad no es rentable como uso competitivo de la tierra en ninguno de los casos. Sin embargo, los finqueros manifiestan que los ingresos que obtienen les permiten satisfacer sus necesidades básicas. Una razón primordial es que la ganadería es la actividad productiva tradicional en la zona, arraigada en las tradiciones culturales desde mucho tiempo.

Los resultados del VET para el inversionista bananero (C7.377.342/ha) y para el productor piñero (C9.869.000/ha) muestran que estas actividades agrícolas son altamente rentables pues superan el precio de mercado de la tierra (Cuadro 3).

### **Análisis de sensibilidad del bosque natural**

En el Cuadro 4 se muestra el efecto de las variaciones de la tasa de descuento, del precio implícito de la madera y del pago por servicios ambientales, en el comportamiento del inversionista forestal. La tasa de descuento influye de manera significativa en la rentabilidad del manejo de los bosques gavilán-palmas y gavilán-

caobilla para los tres tipos de inversionistas. Aun con la tasa de descuento más baja (1,44%), el valor del bosque gavián-palmas (C809.977/ha) sigue estando por debajo del precio de la tierra con bosque (C2.000.000/ha). Sin embargo, el inversionista internacional recibe una mayor rentabilidad que el inversionista nacional (3,51% caso base) y el inversionista deudor (9,31%). Si se aumenta la TMA de 3,51% a 9,31% y se pasa de un CC de 15 años a 14 años, la situación no varía significativamente. De igual manera, los valores de manejo del bosque gavián-caobilla mostraron que la actividad no es rentable a ninguna TMA para los tres tipos de inversionistas. Asimismo, el CC no se ve afectado al aumentar o disminuir la TMA. Es evidente, entonces, que la inversión en manejo de bosque debe rechazarse desde el punto de vista económico, para los tres tipos de inversionistas.

Según el precio implícito de la madera en pie y un aumento de la distancia al punto de venta de la madera hacen que se incremente el costo de transporte -principio de la ubicación espacial de von Thünen-. Para el bosque gavián-palmas se determinó una mayor rentabilidad cuando se vende la madera en Puerto Viejo de Sarapiquí (C260.970/ha), que cuando se vende en Ciudad Quesada (C182.599/ha) o en San José (C130.352/ha); o sea que con respecto al caso base, la rentabilidad se reduce en C78.371/ha y C130.618/ha, respectivamente. A pesar de que las distancias de comercialización de la madera en el contexto de Costa Rica son cortas, la rentabilidad de la actividad forestal no es aceptable.

El PSA presentó variaciones significativas en la rentabilidad de los dos tipos de bosque (Cuadro 4). Las mayores diferencias en el bosque gavián-palmas se dieron entre el caso base (C260.970/

**Cuadro 3.** Rentabilidad del manejo de bosques y de usos alternativos del suelo por anillo en el CBSJLS, Costa Rica

Anillos	Usos del suelo	VET (C/ha)	PT (C/ha)
<b>Anillo 1</b>	Piña	9.869.000 A	
	Banano	7.377.342 A	
	Plantación de melina	5.040.494 R	8.000.000
	Ganado de carne	842.591 R	
	Bosque gavián palmas	260.970 R	
<b>Anillo 2</b>	Piña	9.869.000 A	
	Banano	7.377.342 A	
	Plantación de melina	5.040.494 R	6.000.000
	Ganado doble propósito	1.037.711 R	
	Bosque gavián palmas	260.970 R	
<b>Anillo 3</b>	Bosque gavián caobilla	111.464 R	
	Plantación de melina	5.040.494 A	
	Ganado doble propósito	1.037.711 R	3.000.000
	Bosque gavián palmas	260.970 R	
<b>Anillo 4</b>	Bosque gavián caobilla	111.464 R	
	Ganado doble propósito	1.037.711 R	2.000.000
	Bosque gavián palmas	260.970 R	
	Bosque gavián caobilla	111.464 R	

VET: valor esperado de la tierra. Criterio de aceptación: A se acepta la inversión; R se rechaza la inversión

PT: precio de la tierra

ha/año) y el PSA continuo (C1.176.829/ha/año). Para el bosque gavilán-caobilla, el PSA continuo aumenta de C111.464/ha/año (caso base) a C1.027.324/ha/año, mientras que el PSA por cinco años aumenta a C540.330/ha/año, lo que significa una pérdida de rentabilidad de C486.994/ha/año con referencia al PSA continuo.

Los resultados muestran que existe un mayor beneficio en la rentabilidad de los dos tipos de bosque al realizar un PSA continuo que un pago cada cinco años, o no realizar ningún pago. Sin embargo, la inversión no es rentable aun recibiendo un PSA continuo; con estos escenarios el productor no puede dedicarse al aprovechamiento forestal. Sería necesario un pago mucho más alto para que la inversión sea aceptable y pueda competir con otros usos alternativos.

#### **Análisis de sensibilidad de usos alternativos del suelo**

Las plantaciones forestales, la ganadería y los cultivos de banano y piña son también actividades muy sensibles a las variaciones en la tasa de descuento. Un aumento en la TMA (9,31%) provoca una disminución de la rentabilidad y,

de igual manera, una disminución de la TMA (1,44%) aumenta el valor estimado de la tierra con respecto a la situación base.

Si, por otro lado, aumenta la distancia al mercado, aumenta también el costo del transporte y disminuye la rentabilidad. Esto concuerda con lo expresado por von Thünen, quien manifiesta que los productos con altos costos de transporte tienden a ser producidos más cerca del lugar de procesamiento. Por lo tanto, las inversiones solo serán rentables en lugares cercanos a los centros de procesamiento, ya que cuanto más lejos esté el productor del mercado, mayores serán los gastos en transporte y menor la rentabilidad (Guerra 1992).

Nuestros resultados se confirman con estudios realizados por Meza (2008) y Corella (2009) en la región Norte y Atlántica de Costa Rica. Ambos estudios encontraron que al aumentar la distancia hasta el sitio en donde se procesa el producto, disminuye la rentabilidad; en cambio, si la distancia de procesamiento disminuye, la rentabilidad aumenta. Flores (2006) afirma que la distancia a los mercados influye en el tipo de actividad productiva que se desarrolle.

Lo mismo ocurre con la mano de obra: un

**Cuadro 4.** Análisis de sensibilidad *ceteris paribus* del valor del bosque según cambios en la tasa de descuento, precio implícito de la madera y PSA para el bosque gavilán-palmas y gavilán-caobilla

Escenario del análisis	VB gavilán-palmas (C/ha)	VB gavilán-caobilla (C/ha)
Base (3,51%, C25/pmt, sin PSA)	260.970	111.464
Tasa de descuento (1,44%)	809.977	350.964
Tasa de descuento (9,31%)	38.562	12.831
PSA por 5 años (años 3 a 7)	652.087*	540.330
PSA continuo	1.176.829	1.027.324
Costo de transporte a Ciudad Quesada (90 km) C40/pmt	182.599	47.853
Costo de transporte a San José (115 km) C50/pmt	130.352	5.445

VB: valor del bosque

CC gavilán-palmas: 15 años; CC gavilán-caobilla: 11 años

\*El CC se reduce a ocho años.

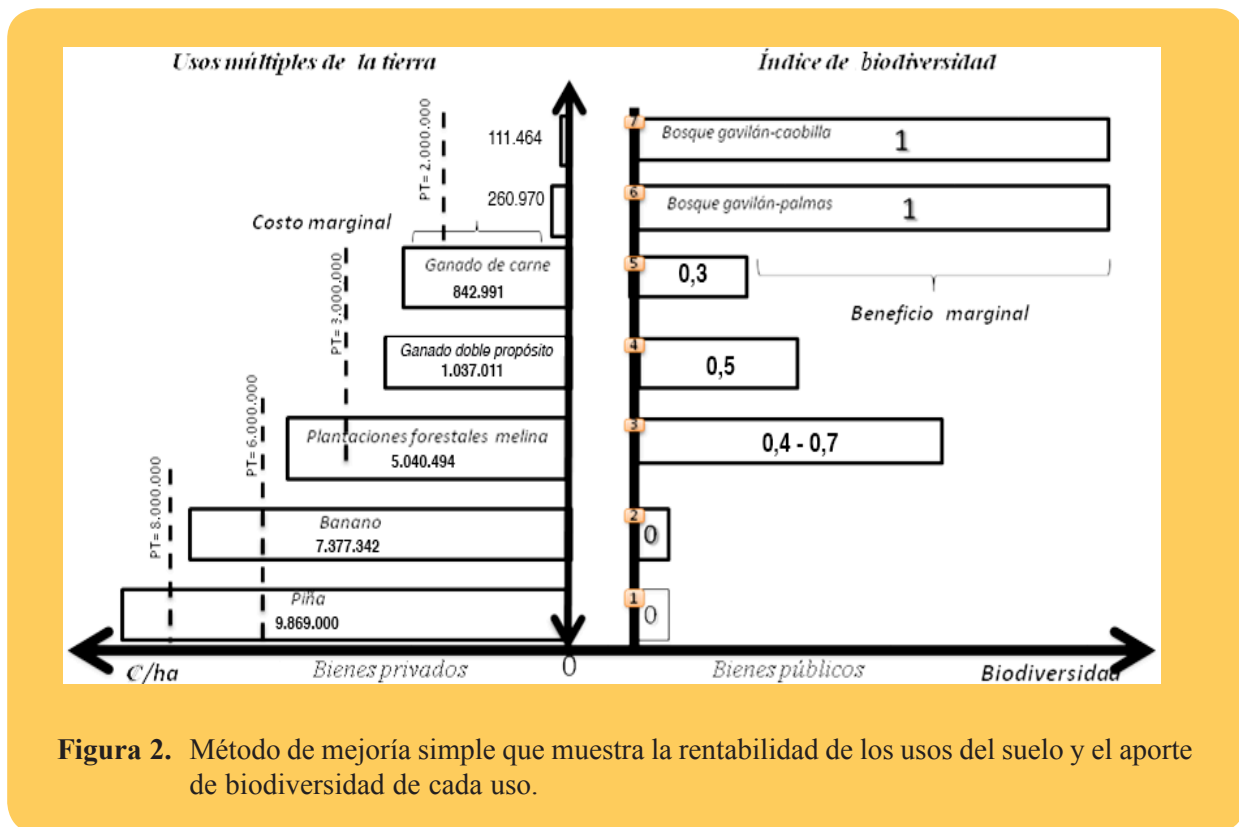
aumento en el costo de la mano de obra hace que el VET disminuya considerablemente. La mano de obra es el principal insumo de producción del banano y la piña; por lo tanto, una variación en su precio tiene un efecto importante en la producción de estos cultivos. Veamos un ejemplo a partir de los valores de rentabilidad que se detallan en la Figura 2. Si en el cultivo del banano se da un aumento del 20% en el costo de la mano de obra (considerando el costo de transporte diario de los trabajadores), el VET se reduce a C\$4.617.675/ha; en el cultivo de la piña el efecto de la variación es tan fuerte que el valor se vuelve negativo (C\$-7.691.484/ha). En cambio, si disminuye el costo de la mano de obra, aumenta el VET a C\$10.137.009/ha para el banano y a C\$27.429.485/ha para piña. La inversión en mano de obra representa un 20% de los costos totales incurridos en la producción de estos cultivos, razón por la cual estos cultivos de exportación se ubican en áreas cercanas al mercado.

**Determinación del monto de compensación de**

**PSA para los dueños de bosques**

En la Figura 2 se evidencia que los usos gavilán-palmas y gavilán-caobilla tuvieron la peor condición de rentabilidad en relación con los demás usos productivos; sin embargo, son los que más contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad. En este contexto, si se quiere que los ecosistemas boscosos se mantengan en un paisaje ordenado por el mercado, la sociedad tendría que compensar a los dueños de bosques por el costo de oportunidad que significa dejar el suelo bajo cobertura forestal *versus* el uso alternativo que genera la menor ganancia (la ganadería). Si bien este arreglo representa un costo marginal y una pérdida del valor presente para el productor, genera a su vez un beneficio marginal para la sociedad en términos de servicios ambientales.

A continuación se describen los cuatro anillos de von Thünen (Figura 3) que muestran la ubicación espacial de los usos del suelo en el paisaje con respecto al mercado local y los montos de compensación de PSA por anillo:



**Figura 2.** Método de mejoría simple que muestra la rentabilidad de los usos del suelo y el aporte de biodiversidad de cada uso.



**Anillo 1 (0-42 min):** el 86% del área de este anillo se dedica a la producción de banano y piña (cultivos de agroexportación), plantaciones de melina y pastos para la ganadería de carne. El área restante está ocupada por parches de bosque gavián-palmas. Estos bosques podrían ser usados para el desarrollo de actividades productivas alternativas, dada su alta rentabilidad. No obstante, si se intensificaran las exigencias en cuanto a tierras para la producción, probablemente aumentaría la presión sobre estos bosques.

El bosque gavián-palmas tiene como uso alternativo mínimo la ganadería de carne, con una diferencia de rentabilidad entre ambos usos productivos de C\$581.621/ha (Figura 2). Ese valor representa un costo marginal para quien decide abandonar la ganadería de carne para dedicar sus tierras a la regeneración natural, pues está perdiendo un valor presente. En términos del índice de biodiversidad, al abandonar la producción de ganado de carne (índice 0,3) y pasar a bosque gavián-palmas (índice 1) se obtiene un beneficio marginal de 0,7 que representa el aporte de biodiversidad de los bosques a la sociedad. Entonces, según el *principio precautorio* establecido en la Ley Forestal 7575, el cual prohíbe el cambio de uso de la tierra, la persona que protege el bosque gavián-palmas debería recibir un PSA que compense ese 0,7; en términos monetarios esto representa C\$581.621/ha. Por lo tanto, el monto a compensar al dueño del bosque gavián-palmas por no dedicar sus tierras a la ganadería de carne sería de C\$20.415/ha/año (US\$36/ha/año), según el principio compensatorio de la ley.

**Anillo 2 (42-80 min):** es muy similar al anterior, con la diferencia de que en este anillo se encuentran los dos tipos de bosque: el 30% del área es remanente de bosque gavián-palmas y el 0,5% de bosque gavián-caobilla. El uso alternativo mínimo es la ganadería de doble propósito. El costo marginal de mantener el bosque gavián-palmas y no dedicar la tierra a pastos para ganado de doble propósito es de C\$776.741/ha, y de C\$926.247/ha para el bosque gavián-caobilla.

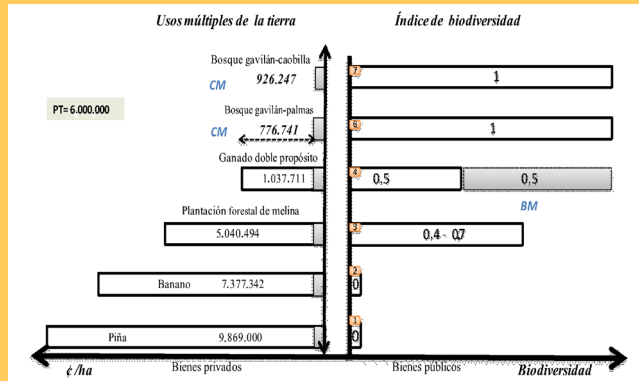
El beneficio marginal de cambiar la producción ganadera por ecosistemas boscosos que brindan servicios ambientales es de 0,5, lo que equivale a una compensación anual de C\$27.264/ha/año (US\$48/ha/año) para los dueños de bosque gavián-palmas y C\$32.511/ha/año (US\$57/ha/año) para el bosque gavián-caobilla.

**Anillo 3 (80-140 min):** a medida que aumenta la distancia al mercado, las actividades productivas se vuelven menos intensivas (38%) y aumenta el área bajo bosque (62%). En este anillo, gavián-palmas y gavián-caobilla tienen como costo de oportunidad a la ganadería de doble propósito y las plantaciones de melina. No obstante, las plantaciones forestales no son una opción viable pues no se va a talar el bosque para establecer plantaciones de madera.

**Anillo 4 (>140):** el 84% del área de este anillo se encuentra bajo bosque natural, del cual el 46% corresponde al bosque gavián-palmas y el 38% al bosque gavián-caobilla. El único uso alternativo es la ganadería de doble propósito, que cubre el 16% del anillo. La producción ganadera se desarrolla con fines de subsistencia más que comercial, dadas las difíciles condiciones de los caminos. Además, pocos dueños de estas fincas viven en la zona.

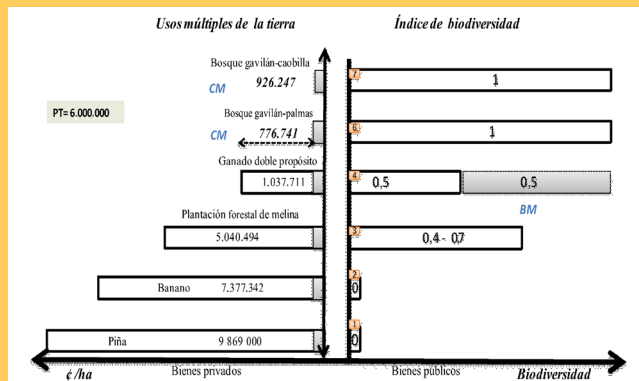
Los anillos 2, 3 y 4 tienen como uso alternativo mínimo a la ganadería de doble propósito; o sea que los montos anuales de compensación para los dueños de bosque son los mismos en los tres casos. Nótese que la anualidad para el dueño de bosque gavián-caobilla es mayor debido a que se trata del bosque menos rentable (como se muestra en el análisis de inversiones) y más escaso dentro del CBSJLS.

El análisis de la eficiencia económica de las actividades productivas que crean presión sobre el bosque determinó que el manejo de bosque no es una actividad rentable con respecto a otros usos del suelo, como el cultivo de piña y banano, o las plantaciones forestales. En buena medida, la rentabilidad es afectada por factores como las regulaciones y costos de acceso a permisos de aprovechamiento forestal, la intervención de

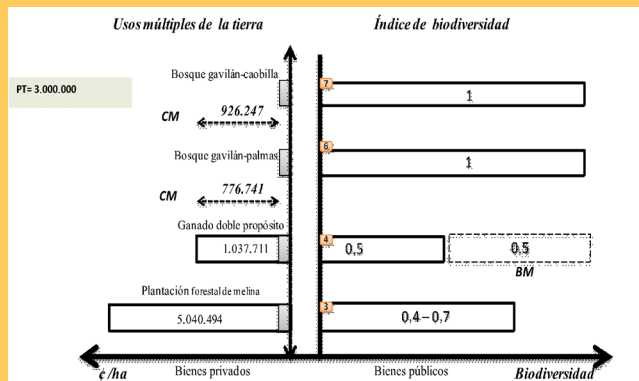


Más cerca del mercado

Anillo 1- Isolínea 0-42 min.

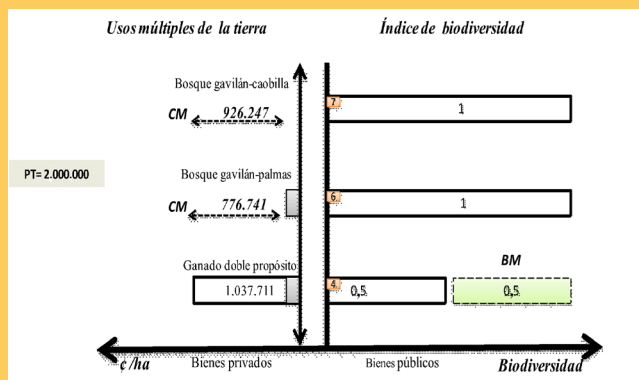


Anillo 2- Isolínea 42-80 min.



Más lejos del mercado

Anillo 3- Isolínea 80- 140 min.



Anillo 4- Isolínea >140 min.

Figura 3. Ubicación espacial de los usos del suelo más cercanos y más lejanos al mercado, según el modelo de von Thünen

PT: precio de la tierra

CM: costo marginal

BM: beneficio marginal

intermediarios y los precios de la madera.

Esto ha hecho que algunos dueños de bosque opten por convertirlos a actividades agropecuarias más rentables, a pesar de que el cambio de uso está prohibido por la Ley Forestal 7575. En un estudio desarrollado sobre la evaluación de los costos de acceso a la legalidad en Costa Rica, Navarro y Bermúdez (2006) encontraron que las regulaciones y restricciones, los trámites y la intermediación ocasionan que la rentabilidad del manejo de bosque disminuya considerablemente.

Otros estudios sobre la rentabilidad del manejo del bosque natural y su competitividad respecto a otros usos de la tierra confirman que el manejo de bosque no es económicamente competitivo con otros usos de la tierra y que los propietarios de bosques prefieren convertir sus bosques a potreros o plantaciones forestales (Kishor y Constantino 1993, Navarro y Bermúdez 2006). Nieuwenhuysea et al. (2000) señalan que las plantaciones de teca y melina son atractivas opciones de uso de la tierra, pero que los bosques naturales manejados no lo son. Según los autores, los ingresos obtenidos con los bosques naturales debieran aumentar un 440% para que la actividad forestal sea económicamente más atractiva que otras opciones de uso del suelo. Keipi (2000) afirma que, en la medida que el manejo de los bosques sea factible y rentable, la promoción de dicha práctica puede aumentar el ingreso y, al mismo tiempo, permitir el mantenimiento de grandes aéreas boscosas que compitan económicamente con otros usos alternativos, tanto agrícolas como pecuarios. Por su parte, Wunder y Verbist (2003) mencionan que la mayor rentabilidad de la agricultura es el principal factor económico subyacente de la conversión de tierras forestales a otros usos. Por lo tanto, el bosque se protegerá cuando el valor de sus servicios ambientales se equipare con el costo de oportunidad de los demás usos del suelo (Keipi 2000, Barrantes 2006).

### **Montos mínimos de PSA para lograr la rentabilidad del manejo de bosque**

La pérdida de competitividad del manejo forestal sostenible debe ser compensada mediante un reconocimiento por la provisión de los servicios ambientales que se generan en estos bosques. Para lograr que el manejo forestal sea una actividad rentable y que el pago por servicios ambientales sea competitivo frente a otros usos -principalmente la ganadería, el uso alternativo inmediato- es necesario implementar un sistema de PSA. Según los contratos a cinco años que maneja Fonafifo, el valor mínimo de PSA que se debiera pagar a los dueños de bosques para que al menos se iguale el precio de mercado de la tierra debería ser de ₡125.534/ha/año (US\$220/ha/año) para el bosque gavilán-palmas y de ₡128.387/ha/año (US\$225/ha/año) para el bosque gavilán-caobilla. Si se tratara de pagos permanentes, la compensación al dueño de bosque gavilán-palmas debería ser de ₡71.326/ha/año (US\$125/ha/año) y ₡77.032/ha/año (US\$135/ha/año) para el bosque gavilán-caobilla.

Los valores consignados son mínimos para tener un impacto en el corredor biológico y que los dueños de bosque se inclinen por el manejo forestal sostenible y la conservación de los servicios ambientales. Por lo tanto, el monto de compensación para que los dos tipos de bosque puedan competir con la ganadería debería ser cuatro veces mayor al monto de PSA que Fonafifo paga por contratos a cinco años y dos veces mayor si fuesen pagos a perpetuidad.

En este contexto, para conservar los bosques y la producción de beneficios ambientales públicos, los pagos deberían ser en forma permanente, y no esporádicos cada cinco años, dado que estos ecosistemas forestales brindan un flujo continuo y permanente de bienes y servicios ambientales. Este mecanismo de pago no garantiza la sostenibilidad de la protección de los bosques en el tiempo, ni que los dueños no cambien sus bosques por alternativas más rentables -sobre todo si se consideran las presiones existentes por usos alternativos de la tierra-. Como resultado, todo lo que el Estado habría invertido en la protección de los bosques se podría perder. Esta forma de pago tampoco permite cuantificar o medir avances en los objetivos de

protección de los bosques, ni su impacto en el tiempo.

Para compensar la pérdida de rentabilidad del uso forestal ocasionada por la legislación costarricense, una de las soluciones más promisorias es que la sociedad pague –con base en el costo de oportunidad de la inversión en el uso de la tierra más probable - una compensación a los dueños de bosque por los servicios ambientales de protección a la biodiversidad. El mecanismo de PSA ha demostrado su valor en la reducción del impacto del cambio de uso en las funciones de los ecosistemas forestales (Campos et al. 2007). El PSA ha contribuido positivamente al mantenimiento de los bosques y la reducción de la tasa de deforestación dentro del Corredor Biológico San Juan La Selva (Morse 2007, Morse et al. 2009).

En este contexto, para definir el monto de PSA, el método de mejoría simple ha resultado ser una herramienta sencilla pero robusta para calcular la compensación de los usos de la tierra que brindan servicios ambientales a la sociedad. Este método considera las rentas diferenciales entre el uso forestal y el uso de la tierra más probable, el cual representa el costo de oportunidad que pondría un valor por la provisión de los servicios ambientales. Los resultados obtenidos demuestran que, en algunos casos, los montos de PSA son menores, y mayores en otros casos, que el monto que Fonafifo paga actualmente por concepto de conservación de bosques en Costa Rica. Esto quiere decir que el Estado costarricense está pagando de más en unos casos y de menos en otros. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que estos resultados son específicos para el CBSJLS, y no se deben generalizar para el resto del país. No obstante, a menudo los montos de PSA (en contratos quinquenales sin renovación) no mejoran la rentabilidad del manejo de bosque y sería necesario pagar un monto de PSA hasta cuatro veces mayor para al menos igualar el precio de la tierra con bosque. Si se considerase un PSA a perpetuidad, los montos a compensar tendrían que ser únicamente dos veces más. Según de Camino et al. (1999), los pagos deberían tener un efecto

positivo sobre el manejo forestal pues, cuando un propietario recibe un pago significativo por los servicios ambientales que presta su bosque, estaría menos propenso a transformarlo a otro uso del suelo.

## EN CONCLUSIÓN

La rentabilidad diferencial de los usos alternativos de la tierra respecto a los usos forestales puede servir de base para calcular y priorizar dónde y cuánto se podría pagar por servicios ambientales, a partir del costo de oportunidad de la tierra forestal según su ubicación en el paisaje y distancia al mercado. Con los mecanismos de PSA se busca proteger los usos forestales en donde las fuerzas de mercado demuestran que se debería convertir a un uso alternativo de la tierra. El PSA nos permite, en este caso, romper la tendencia natural de von Thünen en un paisaje organizado por mercados. Asimismo, el PSA puede darle un sentido más economicista a los bosques por los bienes y servicios que brindan a la sociedad. Es menos probable que el propietario tale el bosque si se reconoce un valor económico para los productos forestales, de manera que puedan competir con otros usos posibles.

## Agradecimiento

Esta investigación fue posible gracias al apoyo financiero del Proyecto IAI CRN II 2015, financiado por el Instituto Interamericano para el Cambio Global (a su vez financiado por *US National Science Foundation*, Grant GEO-0452325).



**Literatura citada**

- Alarcón, J. 2006. Factores, predicción e implicaciones en la asignación de usos del suelo: revisión y reflexiones. Cuadernos de Investigación Geográfica no. 32:147-160.
- Angelsen, A. 2007. Forest cover change in space and time: combining the von Thünen and forest transition theories. World Bank Policy Research Working Paper no. 4117.
- Barrantes, G. 2006. Elementos para el diseño de un plan de acción para la implementación de pago por servicios ambientales. Heredia, Costa Rica, Instituto de Políticas para la Sostenibilidad. 81 p.
- Barsky, A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova 194(36). Disponible en <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-36.htm>
- Calish, S.; Fight, R.D.; Teegarden, D.E. 1978. How do non-timber values affect Douglas-fir rotations? *Journal of Forestry* 75(4): 267-277.
- Campos, J.; Alpízar, F.; Madrigal, R.; Louman, B. 2007. Enfoque integral para esquemas de pago por servicios de ecosistemas forestales. *Ecosistemas* 16(3):91-96.
- Chassot, O.; Monge, G. 2002. Corredor Biológico San Juan-La Selva; ficha técnica. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. 80 p.
- Chassot, O.; Monge, G.; Powell, G.; Wright, P.; Palminteri, S. 2005. Corredor Biológico San Juan-La Selva; un proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano para la protección de la lapa verde y su entorno. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. 98 p.
- Corella, O. 2009. Valoración de la base forestal de las plantaciones forestales y su contribución al abastecimiento de madera en la zona del Atlántico Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 129 p.
- De Camino, R.; Segura, O.; Arias, L.; Pérez, I. 1999. Forest policy and the evolution of land use: an evaluation of Costa Rica's forest development and World Bank assistance. Washington DC, USA, The World Bank's Operations Evaluation Department.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Situación de los bosques del mundo. Roma, Italia, 166 p.
- Flores, J. 2006. Exploring the potential of sound management of forest and tree resources on cattle farms located in tropical dry forest of Guanacaste, Costa Rica. Tesis Ph.D. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 259 p.
- Fonafifo (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2004. El Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica. Información general. San José, Costa Rica.
- Fonafifo (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, CR). 2009. Distribución de las hectáreas contratadas en pago de servicios ambientales, por año y por modalidad, período 1997-2008. San José, Costa Rica.
- Fujita, M.; Krugman, P.; Venables, A. 2000. Economía espacial: las ciudades, las regiones y el comercio internacional. Barcelona, España, Ariel S.A. p. 26-27.
- García, M. 1975. Valor actual del modelo de von Thünen y dos comprobaciones empíricas. Barcelona, España, Universidad Autónoma de Barcelona. 23 p.
- García, M; 1972. Aportaciones de la geografía teórica y cuantitativa a la geografía agrícola. Barcelona, España, Universidad Autónoma de Barcelona. 15 p.
- Guerra, G. 1992. Manual de administración de empresas agropecuarias. San José, Costa Rica, IICA. p. 215-217.

- Hyde, W.F. 1980. Timber Supply, Land Allocation, and Economic Efficiency. Baltimore, U.S.A., Resources for the Future. 224 p.
- Keipi, K. (ed.). 2000. Políticas forestales en América Latina. Washington, D.C., USA, BID. 301 p.
- Kishor, N.; Constantino, L. 1993. Forest management and competing land uses: an economic analysis for Costa Rica. Washington DC, USA, The World Bank, Latin American Technical Department, Environment division.
- Klemperer, W.D. 1996. Forest resource economics and finance. S.I. McGraw-Hill. 551 p. (Series in Forest Resources).
- Mayrand, K.; Paquin, M. 2004. Pago por servicios ambientales: estudio y evaluación de esquemas vigentes. Montreal, Canadá, Unisféra. p. 3.
- Meza, V. 2008. Evaluación de la eficiencia económica y la integridad ecológica para dos tipos de bosques húmedos intervenidos bajo manejo forestal con diferentes intensidades de cosecha en la Región Norte y Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 128 p.
- Minae (Ministerio de Ambiente y Energía); ONF (Oficina Nacional Forestal). 2003. El éxito forestal de Costa Rica. San José, Costa Rica, SINAC. 60 p.
- Morse, W.C. 2007. Payments for environmental services in Costa Rica: conservation and production decisions within the San Juan–La Selva Biological Corridor. Ph.D. Thesis. University of Idaho & CATIE. 258 p.
- Morse, W.C.; Schedlbauer, J.; Sesnie, S.; Finegan, B.; Harvey, C.; Hollenhorst, S.; Kavanagh, K.; Stoian, D.; Wulfhorst, J. 2009. Consequences of environmental service payments for forest retention and recruitment in a Costa Rican Biological Corridor. *Ecology and Society* 14(1): 1-23.
- Murgueitio, E.; Ibrahim, M.; Ramírez, E.; Zapata, A.; Mejía, C.; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas: guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Cali, Colombia, CIPAV. 96 p.
- Navarro, G.; Bermúdez, G. 2006. Análisis económico del impacto de las restricciones técnicas y legales sobre la rentabilidad del manejo bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. Segundo informe. San José, Costa Rica, SINAC-FAO- TCP/COS/3003. 57 p.
- Nieuwenhuysen, A.; Hengsdijka, H.; Boumana, B.; Schipper, R.; Jansena, H. 2000. Can forestry be a competitive land use option? Model simulations from humid tropical Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 137:23-40.
- Ortiz, E. 2003. Sistema de cobro y pago por servicios ambientales en Costa Rica: visión general. Cartago, Costa Rica, ITCR. 67 p.
- Ortiz, E.; Sage, L.; Borge, C. 2003. Impacto del programa de pago de servicios ambientales en Costa Rica como medio de reducción de la pobreza en los medios rurales. San José, Costa Rica, RUTA. 75 p.
- Pagiola, S.; Agostini, O.; Gobbi, J.; Haan, C.; Ibrahim, M.; Murgueitio, E.; Ramírez, E.; Rosales, M.; Ruiz, J. 2004. Pago por servicios de conservación de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. Washington D.C., USA, The World Bank, 40 p. (Paper no. 96).
- Popescu, O. 1963. Desarrollo regional de América Latina. Lima, Perú, Universidad Nacional de San Marcos. 256 p.
- Ramos, Z. 2004. Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 114 p.
- Rickard, W.M.; Hughes, J.M.; Newport, C.A. 1967. Economic evaluation and choice: in old-growth, Douglas-fir landscape management. US Department of Agriculture, Pacific

- Northwest Forest and Range Experiment Station. Forest Service Research Paper PNW-49. 33 p.
- Sáenz, A. 2008. Fonafifo: más de una década de acción. *In* Ortega, S. (Ed.). Reconocimiento de los servicios ambientales; una oportunidad para la gestión de los recursos naturales en Colombia. [Memoria. Taller Nacional de Servicios Ambientales. 14-16 de febrero 2007. Bogotá, Colombia]. p. 51-77. Disponible en [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/BWunder0801.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BWunder0801.pdf)
- Villate, R.; Canet, L.; Chassot, O.; Monge, G. 2008. El Corredor Biológico San Juan-La Selva: una estrategia exitosa de conservación. San José, Costa Rica, Minae. 96 p.
- Watson, V.; Cervantes, S.; Castro, C.; Mora, L.; Solís, M.; Porras, I.; Cornejo, B. 1998. Abriendo espacio para una mejor actividad forestal: proyecto políticas exitosas para los bosques y la gente. San José, Costa Rica, CCT. 114 p.
- Wunder, S.; Verbist, B. 2003. The impact of trade and macroeconomic policies on frontier deforestation. Bogor, Indonesia, World Agroforestry Centre. 11 p. (ASBL Lecture Note 13).