

24. Aguas

Valoración económica del servicio ambiental hídrico de la cuenca del Arroyo Ypekuru, en función a los bosques y a la agricultura

Villalba, Gabriela; gabrielavillalba917@gmail.com

Facultad de Ciencias y Tecnología

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

El estudio abordó la valoración económica del recurso hídrico como servicio ambiental en la cuenca del arroyo Ypekuru mediante un modelo analítico denominado valor de productividad hídrica de los bosques o valor de captación de la cubierta vegetal protectora que dio como resultado el valor de 0,071 \$/m³/año, utilizado como base para proponer una estructura de ingreso de oferentes para el Servicio Ambiental Hídrico de la cuenca y que en un futuro sirva como herramienta para estructurar tarifas monetarias que deberían ser pagadas por los responsables de actividades que puedan causar impactos negativos al ambiente, esto, a los oferentes del Servicio Ambiental Hídrico, generando así recursos financieros para promover la conservación y restauración de ecosistemas, así también para generar incentivos a los propietarios de las áreas boscosas que actualmente existen en la cuenca, de esta manera, los mismos optarían por seguir preservando dichas áreas, antes de utilizarlas para otras prácticas que les brinden un mayor ingreso económico, con el fin de favorecer la conservación del recurso y mantener una gestión óptima del agua en la región, de tal manera que se avance hacia un manejo integral del recurso hídrico.

Palabras Claves: Recurso Hídrico, Servicio Ambiental, Cuenca Hídrica, Valor de Captación, Conservación de Ecosistemas.

Introducción

La degradación de los recursos naturales y la pérdida de la biodiversidad están relacionadas principalmente con las actividades económicas que han asignado un reducido valor a las funciones ecológicas en beneficio de la humanidad,

tales como: la captura de gases que ocasionan el cambio climático, la protección de la biodiversidad, la protección de recursos hídricos, belleza escénica, protección contra desastres, etc. (Glowka, Burhenne-Guilmin, & Synge, 1996).

Se pueden plantear tres razones básicas para conservar los ecosistemas naturales; la primera es ecológica: hay que preservar ecosistemas para el mantenimiento

equilibrado de funciones vitales para la vida de las especies, incluyendo al ser humano; la otra es económica, o más ampliamente, socioeconómica, por el sostén que estos brindan en términos de materias primas para procesos de producción o en términos de bienes y servicios para el consumo; una tercera razón, no menos importante que las anteriores, es ética, por el compromiso intrínseco que tiene el ser humano con la naturaleza, de respetar toda forma de vida. Esa responsabilidad implica, necesariamente, un aprovechamiento que responda a la satisfacción de necesidades básicas para la sobrevivencia de la especie humana, sin atentar con la sobrevivencia de las demás especies en los ecosistemas (Barrantes Moreno, G., 2006).

La valoración económica y la generación de mercados para los servicios ambientales son una de las estrategias más factibles para alcanzar la sustentabilidad. En el territorio nacional, el mercado de servicios ambientales ofrecidos por bosques de reservas y áreas de pastizales está creciendo lentamente, ya que actualmente no es conocido en su totalidad por la sociedad, debido al poco

interés y a la escasez de importancia que se brinda a los recursos naturales existentes.

En el Paraguay existe una amplia riqueza de recursos hídricos, conforme a esto se tomó como área de estudio una cuenca importante dentro de la zona sur del país, que es la cuenca del arroyo Ypekuru, para la obtención del valor por m³ de agua en un año, utilizando como herramienta la cobertura vegetal de bosques protectores, que contiene una amplia diversidad de servicios ecosistémicos, en contraste cuenta con grandes extensiones de plantaciones que sirven de sostén económico de los distritos que lo integran, los cuales son: Encarnación, Fram, Capitán Miranda, Jesús, Trinidad y La Paz. Posterior a eso, finalmente se diseñó una propuesta de alternativas para el pago por el servicio ambiental hídrico de la cuenca.

Es importante mencionar que el agua no es un bien gratuito, sino que su uso tiene un valor y un costo material (Barrantes & Castro, 1998).

Objetivos

Objetivo General

- Establecer un valor económico para la productividad hídrica de la cobertura vegetal de la cuenca del Arroyo Ypekuru, como Servicio Ambiental Hídrico.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el medio biofísico de la cuenca del arroyo Ypekuru, mediante Sistemas de Información Geográfica.
- Identificar los parámetros necesarios para la obtención del valor de captación hídrica del bosque protector, de la cuenca del Arroyo Ypekuru.
- Elaborar una estructura de ingreso de oferentes, para el Servicio Ambiental Hídrico de la cuenca del Arroyo Ypekuru.

Materiales y Métodos

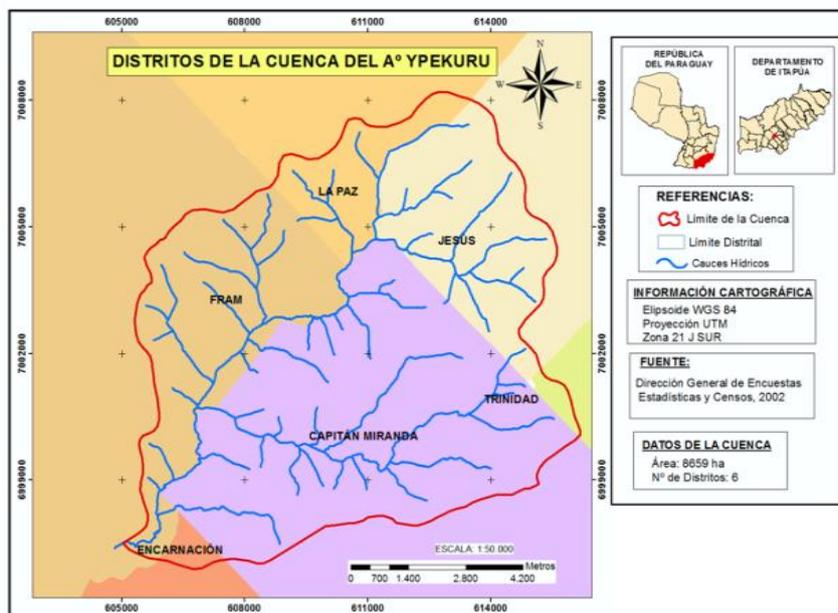
1. Muestra seleccionada

La muestra está compuesta por el cauce hídrico del arroyo Ypekuru, el cual es circundante a seis distritos, que en su totalidad forman la cuenca del arroyo Ypekuru, los cuales son: Fram, con una superficie de 2043 ha, abarcando el 24% de la cuenca; La Paz, con 683 ha y un porcentaje de sólo 8%; Jesús, 1595 ha siendo el tercer distrito con mayor superficie en la cuenca, con un 18%; Trinidad, con la superficie más baja, de 69 ha, que abarca apenas el 1% de la cuenca; así como también el distrito de Encarnación, que posee sólo el 1%, con una superficie de 99 ha; y por último, Capitán Miranda, con el mayor porcentaje

de abarque, contando con 4170 ha de superficie, que equivale al 48% de la cuenca del Arroyo Ypekuru, datos obtenidos mediante Sistemas de Información Geográfica.

Los escenarios estudiados son el uso de suelo para la agricultura, ya que es ésta la actividad económica más representativa de la cuenca; específicamente la investigación toma como referencia la producción de soja, debido a la amplias extensiones de tierras que son destinadas para el cultivo de la misma, siendo así la actividad con mayor impacto económico dentro de la región; así también, las áreas boscosas protectoras existentes dentro de la cuenca son utilizadas para llegar al resultado final del presente trabajo.

Mapa 1. Área de estudio y distritos que integran la cuenca del Arroyo Ypekuru



2. Localización de la zona de estudio

2.1. Ubicación Geográfica

La cuenca del arroyo Ypekuru se encuentra ubicada en la zona sur de la República del Paraguay, departamento de Itapúa, comprendida por los distritos de: Fram, La Paz, Jesús, Trinidad, Capitán Miranda y Encarnación, dichos municipios son abastecidos del cauce hídrico de la cuenca. El área total de la cuenca hidrográfica es de 8659 hectáreas, la vegetación incluye bosques de protección, pastizales y áreas de producción agrícola y ganadera.

3. Metodología para caracterizar el medio biofísico de la cuenca del arroyo Ypekuru

La obtención de la información más detallada con datos específicos de la cuenca fue a través de la aplicación del “Sistema de Información Geográfica” (SIG).

3.1 Características del clima

Las características climáticas fueron obtenidas de la consulta bibliográfica realizada en el material denominado “Plan de Desarrollo Departamental VII Departamento de Itapúa” (Gobernación de Itapúa, 2016) y del IPTA-Capitán Miranda (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria).

3.2. Características de los suelos

La técnica empleada para la clasificación de la Capacidad de Uso de la Tierra fue USDA (Klingebiel & Montgomery, 1964) para la Región Oriental del Paraguay, según dicho estudio, los suelos se agrupan en ocho categorías, en las cuales aumentan progresivamente las limitaciones para el uso de las tierras, esto fue estipulado en base a los datos obtenidos del Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra del año 1995.

3.3. Obtención de mapas de: Capacidad de Uso de la Tierra, Uso actual de la tierra, Zonificación Agroecológica, Paisaje, Drenaje y División de la cuenca en Alta, Media y Baja.

Se realizó mediante la utilización de la herramienta denominada "Sistema de Información Geográfica" (SIG), la cual fue útil para la obtención de dichos mapas del territorio estudiado con diferentes fenómenos geográficos del mismo, a partir de una base de datos ya establecida, adquirida de las unidades Cartográficas y del Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra elaborado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

4. Metodología para la obtención del valor de captación hídrica del bosque de la cuenca del arroyo Ypekuru

El valor económico del servicio ambiental hídrico de la cuenca del arroyo Ypekuru, fue estimado con la aplicación de la metodología de Barrantes y Castro (1998), luego de la obtención de los parámetros necesarios para la aplicación de la fórmula correspondiente, permitiendo estimar el costo del recurso hídrico en perspectiva de garantizar su producción en calidad; esto como efecto de los bosques protectores existentes dentro de la cuenca.

4.1. Valor de Captación

Para la obtención del valor de la productividad hídrica de los bosques protectores de la cuenca o valor de captación de la cubierta vegetal protectora, fue utilizada la siguiente ecuación (Barrantes & Castro, 1998).

Obteniendo como resultado el precio por m³ de agua.

$$VCA = \frac{(\&xCOxN)}{Va}$$

Ecuación N° 1

Donde;

VCA = Valor de captación o productividad hídrica del agua por los bosques

protectores de la cuenca del Ypekuru ($\$/m^3$)

& = Importancia de la cobertura vegetal protectora en función de la calidad y la cantidad del recurso hídrico, comprendida entre (0 y 1)

Para la importancia de la cobertura vegetal protectora se tomó en cuenta el área de intervención y diagnóstico definido por la Entidad Binacional Yacyreta (EBY).

CO = Costo de oportunidad de la actividad productiva más sobresaliente económicamente que compite con el bosque por el uso del suelo en la cuenca ($\$/ha/año$)

En cuanto al costo de oportunidad, que se refiere a las utilidades que los propietarios dejan de percibir cada año por no realizar el aprovechamiento del suelo para la explotación agrícola o ganadera, pero que sí pueden ser destinadas esas áreas para coberturas boscosas; se tuvo en cuenta la producción de soja, rubro principal de la región. Para la obtención de este dato se recurrió a la plataforma nacional SOJEANDO-Campaña 2016/2017, la cual es reconocida a nivel país por brindar números monetarios concisos y seguros de los aranceles agrícolas (precios de producción).

N = Número de hectáreas de cobertura boscosa protectora proveedora del servicio ambiental hídrico (ha)

Para el área de cobertura boscosa se utilizó el mapa obtenido con la división de la cuenca en alta, media y baja; posterior a eso fueron seleccionados diez puntos en cada una, con sus respectivos anchos de cobertura boscosa en ambas márgenes (derecha e izquierda del cauce hídrico), esto para la obtención de un resultado más preciso, y por la diferencia que existe en hectáreas de bosques protectores en estos tres niveles de la cuenca; luego se calculó un promedio para cada nivel de la cuenca entre los diez puntos seleccionados, que posteriormente fueron sumados para un solo valor, como resultado final total de la cuenca del Arroyo Ypekuru .

Va = Volumen del agua disponible ($m^3/año$)

El valor de volumen de agua disponible fue conseguido seguidamente de ser aplicado el método racional(SARH-CP, 1982) para estimar caudales, acotando que es un método indirecto para la estimación de los mismos, se observa la fórmula utilizada a continuación:

$$Vm = (A \times C \times Pm) \times 100$$

Ecuación N°2

Donde;

V_m= Volumen medio que puede escurrir
(m³/ mes)

A = Área de la cuenca (km²)

C = Coeficiente de escurrimiento que varía
entre 0,1 a 1,0

P_m = Precipitación media mensual en
(mm)

El área de la cuenca es conseguida por los datos georreferenciados obtenidos del Sistema de Información Geográfica (SIG); para la precipitación media anual se recurrió a los informes presentados por el IPTA-Capitán Miranda (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria),encuanto al coeficiente de escurrimiento se consultó el cuadro de “Coeficiente de Escurrimiento”, elaborado por el TRAGSA, Empresa de Transformación Agraria S.A. 1994 de Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. Mundi-Prensa. Madrid, España; en donde se consideró el uso de suelo de pendiente plano a ondulado, con textura media.

5. Metodología para el diseño de una estructura de ingreso de oferentes para Servicio Ambiental Hídrico de la cuenca del Arroyo Ypekuru

Para la elaboración de la mencionada estructura, se tomó como base el estado

actual de la cuenca, luego de su caracterización y en las consultas bibliográficas realizadas, así también fue revisada la Ley 3001/06 de “Valoración y Retribución de los Servicios Ambientales” establecida en la República del Paraguay, la cual sólo está estipulada para los servicios ambientales brindados por áreas extensas de bosques naturales o reforestaciones con especies nativas y pastizales.

Resultados y Discusión

1.Características del Medio Biofísico de la Cuenca del Arroyo Ypekuru

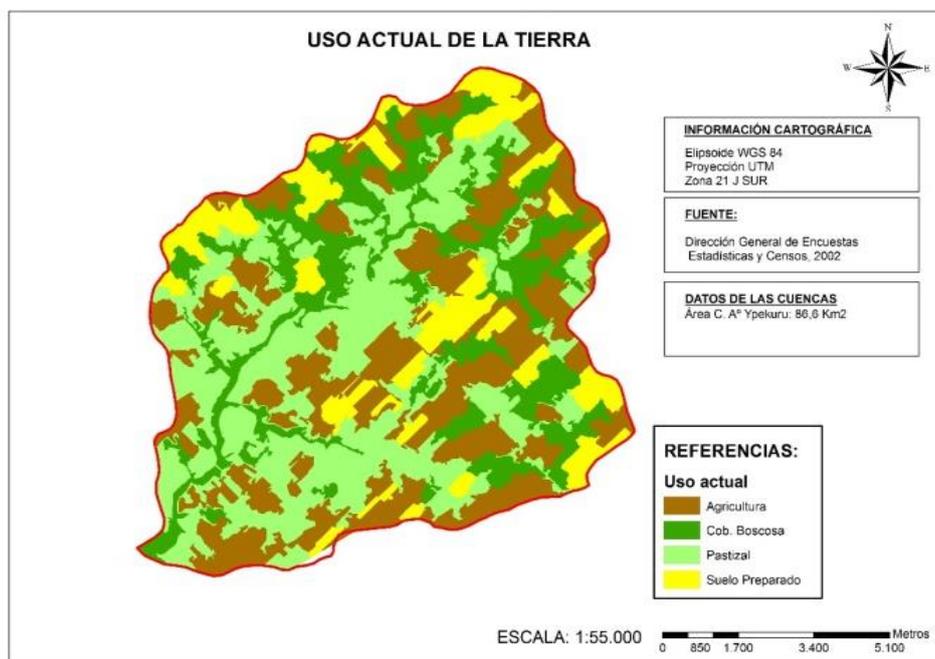
1.1. Clima

Con lo que respecta al clima, en Itapúa, la temperatura media no alcanza los 21° C, mientras que las mínimas absolutas pueden llegar a los 4° C bajo cero, en especial en las zonas ribereñas al río Paraná. La temperatura mínima media diaria es de 10° C en el mes de julio, mientras que la temperatura máxima media diaria es de 33° C en el mes de enero. La temperatura media anual es de 20° C y la precipitación media anual es de

1.800 mm. Los meses más secos son julio y agosto, mientras que el más lluvioso es octubre.

1.2. Suelos

Mapa 2. Uso actual de la tierra



Teniendo en cuenta el mapa N° 2 se obtuvo un 34% de cobertura de pastizal y 31% de producción agropecuaria, resaltándose de esta forma la actividad predominante de la cuenca, relacionadas a actividades de producción.

Cuadro 1. Hectáreas destinadas para los diferentes usos de la tierra

Usos	Ha	%
Cobertura Boscosa	1805	21
Cobertura de Pastizal	2968	34
Producción Agropecuaria	2668	31
Suelo Preparado	1217	14
Total:	8659	100

Mapa 3. Zonificación Agroecológica de la tierra

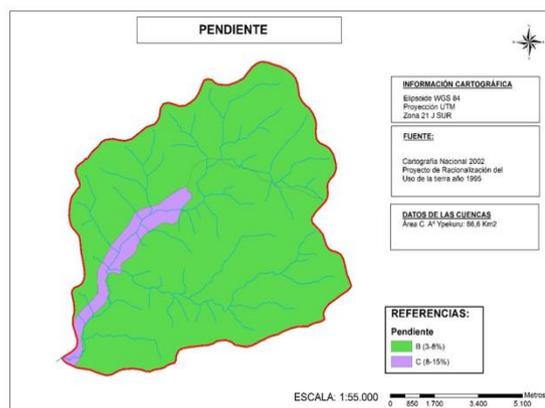


Cuadro 2. Hectáreas correspondientes a la Zonificación Agroecológica de la cuenca

Zonificación	Ha	%
Tierras Agrícolas	7622	88
Tierras Forestales de producción	678	8
Tierras Forestales de protección	358	4
Total:	8659	100

En la zonificación agroecológica se estima un 88% de tierras agrícolas. Coincidiendo con el uso actual de la tierra.

Mapa 4. Pendiente

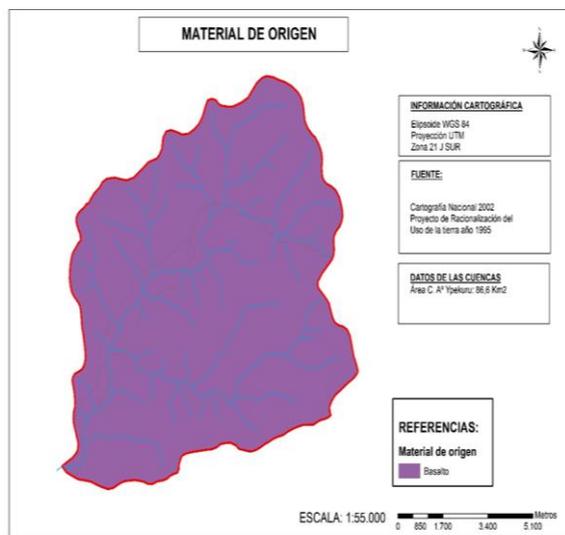


Cuadro 3. Porcentaje de hectáreas correspondientes a la pendiente de la cuenca

Pendiente	Ha	%
B (3-8%)	8181	94
C (8-15%)	478	6
Total:	8659	100

La cuenca presenta un 94% de pendiente B (ligeramente ondulado a ondulado)

Mapa 5. Material de Origen



El material de origen “Basalto” indica que en la cuenca existe una gran impermeabilidad, debido a la característica de esta roca.

2. Obtención del valor de captación hídrica de la cubierta vegetal protectora de la cuenca del Arroyo Ypekuru

2.1. Costo de Oportunidad

La valoración de la productividad hídrica de la cubierta vegetal protectora de la cuenca del Ypekuru, se analizó con el costo de oportunidad, tomando en cuenta los ingresos por hectárea generados por la agricultura, específicamente producción de soja, actividad económica dominante en la cuenca.

obtuvo el valor de las ganancias por año de la actividad agrícola mencionada, incluyendo el costo de los gastos que generarán la producción del mismo, mostrando como resultado el precio de la soja con un total de **311 \$/Ha/año**, para el **costo de oportunidad**, que representa las ganancias que los propietarios dejarían de adquirir si es que las tierras son utilizadas para las plantaciones de coberturas boscosas protectoras de la cuenca, valor que está por encima del obtenido por Coronel Castro & Jaramillo Ordóñez (2005), para la microcuenca El Limón (Ecuador), con un valor de 187,1 \$/Ha/año, acercándose al costo obtenido por Maza (2002) para la microcuenca Curitroje (Ecuador), con un valor de 244,58 \$/Ha/año, y difiriendo muy por encima con el costo de oportunidad obtenido por Rojas (2004) en Quilanga (Ecuador), con un valor de 102,4 \$/Ha/año, y Leon & Espinoza (2003) en Espíndola (Ecuador), con 116 \$/Ha/año.

2.2. Importancia de la Cobertura Vegetal Protectora

La **importancia** de la cubierta vegetal protectora de la cuenca del Arroyo Ypekuru es 1.

2.3. Cobertura Boscosa Protectora

Para el número de hectáreas de cobertura vegetal protectora, se realizó la división de la cuenca en alta (CA), media (CM) y baja

Mapa 6. Morfología de la Cuenca Alta, Media y Baja

(CB), esto se observa en el mapa N° 6; posteriormente se seleccionaron diez puntos (mapa N° 7) en estos tres niveles de la cuenca para conocer el estado actual de bosques protectores en metros, del cauce hídrico, luego se procedió a calcular el promedio del valor obtenido en los puntos de cada división de la cuenca (CA, CM y CB) para seguidamente sumarlos y obtener un valor total en hectáreas.



Mapa 7. Medición de cobertura boscosa según morfología de la cuenca, en los puntos seleccionados



El número de hectáreas de cobertura vegetal protectora proveedora del servicio

ambiental hídrico, es detallada en el cuadro disponible a continuación, las

cuales fueron determinadas con los mapas, luego de la aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG), tomando en cuenta que ésta es la cobertura de importancia hidrológica de la microcuenca para proveer el servicio ambiental hídrico, en cuanto a producción.

Cuadro4. Hectáreas de cobertura vegetal protectora

Morfología	Cobertura Boscosa Protectora (Ha)
Cuenca Alta	293
Cuenca Media	541
Cuenca Baja	307

En los puntos seleccionados se obtiene en total una superficie de **1 141 Ha** de **cobertura boscosa protectora** en toda la cuenca del arroyo Ypekuru.

2.4. Volumen de agua disponible en la cuenca

El valor de **volumen de agua** disponible es de **4 991 040m³/año**, dato obtenido de la aplicación de fórmula del método racional, en donde el Área de la cuenca es 86,65 km², para el coeficiente de escurrimiento se realizó un promedio que dio el valor de 0,32 en donde se tomó el uso de suelo de pendiente plano a ondulado con textura media, el cual fue ajustado al cuadro de coeficiente de escurrimiento, mencionado anteriormente, mientras que la precipitación media

mensual de 150 mm, obteniendo el resultado de la manera siguiente:

$$Vm = (A \times C \times Pm) \times 100 =$$

$$(86,65 \text{ km}^2 \times 0,32 \times 150 \text{ mm}) \times 100$$

Ecuación N°2

$$Vm = 415 920 \text{ m}^3/\text{mes} =$$

$$4 991 040\text{m}^3/\text{año}$$

2.5. Valor de Captación o Productividad Hídrica

Los valores que se tomaron en cuenta para el cálculo del **valor de captación** son presentados a continuación:

Cuadro 5. Valores utilizados en la fórmula de Valor de Captación

Importancia de la cobertura vegetal protectora (Ponderación &)	Costo de Oportunidad del uso del suelo (\$/ha/año)	Cobertura boscosa protectora Total (Ha)	Volumen del agua disponible en la cuenca (m ³ /año)
1	311	1 141	4 991 040

El valor obtenido es presentado seguidamente:

$$VCA = \frac{1 \times 311 \text{ \$/ha/año} \times 1 141 \text{ Ha}}{4 991 040 \text{ m}^3/\text{año}}$$

Ecuación N°1

$$VCA = 0,071 \text{ \$/m}^3$$

El **valor de la productividad hídrica** de la cubierta vegetal protectora (**VCA**) en la cuenca del arroyo Ypekuru, tomando en

cuenta las actividad agrícola (plantaciones de soja), es de **0,071 \$/m³** de agua

producida; resultados similares se obtuvieron en las investigaciones realizadas por Maza (2002), con 0,013 \$/m³ siendo ésta menor para la microcuenca Curitroje (Ecuador), y por Barrantes & Castro (1998), con 0,002 \$/m³ en Costa Rica, el resultado obtenido se aproxima al de la cuenca El Limón (Ecuador) conseguida por Coronel Castro & Jaramillo Ordóñez (2005) con un valor de 0,029 \$/m³.

3. Propuesta de estructura para el ingreso de oferentes para el Servicio Ambiental Hídrico de la cuenca del Arroyo Ypekuru

PASO 1. Crear un Consejo de Agua para la cuenca del Arroyo Ypekuru.

PASO 2. Realizar campañas de concienciación a los pobladores de los municipios de la cuenca del Ypekuru sobre la importancia de los bosques para el Servicio Ambiental Hídrico.

PASO 3. Establecer un listado de los demandantes de los servicios ambientales hídricos de la cuenca del arroyo Ypekuru.

PASO 4. Estipular un listado de los oferentes del Servicio Ambiental Hídrico dentro de la cuenca del arroyo Ypekuru.

Conclusiones

- La principal actividad que genera ingresos económicos en la cuenca hídrica

del arroyo Ypekuru es la agricultura (soja), convirtiéndose ésta en el costo de oportunidad para el uso de la tierra con un valor de 311 \$/Ha/año.

- El valor de la productividad hídrica de la cubierta vegetal o valor de captación de la cuenca del Arroyo Ypekuru, integrados todos los componentes, es de 0,071 \$/m³.

- La investigación realizada sirve de base para próximos proyectos que tengan como objetivo realizar propuestas con tasas para el pago por el servicio ambiental hídrico de una cuenca.

- La implementación de un sistema de pago por el servicio ambiental hídrico es necesaria, debido a que puede servir como un instrumento de sensibilización de la población involucrada acerca del valor de los recursos naturales y principalmente de incentivo para los propietarios de las hectáreas de áreas boscosas protectoras de la cuenca.

Bibliografía

Barrantes Moreno, G., (2006).

Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico.

Obtenido de:

Universidad Nacional de Cuyo | Mendoza | Argentina
http://www.oas.org/es/sedi/dsd/ELPG/Cursos/PSA/Trifinio/Documentos/modulo2_8.pdf

17, 18 y 19 de octubre de 2018
Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria. (2017). Capitán Miranda, Paraguay.

Barrantes, G., & Castro, E. (1998).

Valoración económica-ecológica del agua en Costa Rica: Internalizado al valor de los servicios ambientales.

Coronel Castro, R. M., & Jaramillo Ordóñez, Á. (2005).

Valoración Económica del Servicio Ambiental Hídrico de la Microcuenca Hidrográfica "El Limón". Loja, Ecuador.

Empresa de Transformación Agraria S.A. (1994). Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. Madrid, España.

Glowka, L., Burhenne-Guilmin, F., & Synge, H. (1996). Guía del Convenio sobre la biodiversidad biológica. Pág. 179.

Gobernación de Itapúa. (3 de Agosto de 2016). Plan de Desarrollo Departamental VII Departamento de Itapúa, Período 2016-2030. Encarnación, Paraguay.

Klingebiel, & Montgomery. (1964). Capacidad de Uso de la Tierra para la Región Oriental del Paraguay.

Leon, A., & Espinoza, M. (2003). Valoración económica ambiental del recurso hídrico y su relación con la comunidad Cofradía, cantón Espíndola. Pág. 129. Loja, Ecuador.

Ley Nro. 3001/06. Secretaria del Ambiente. De valoración y retribución de los servicios ambientales. Obtenido de: http://www.seam.gov.py/sites/default/files/ley_3001-06de_retribucion_sobre_servicios_ambientales.pdf

Maza, B. (2002). Valoración económica-ecológica del agua de la microcuenca hidrográfica Curitroje. Pág. 146. Loja, Ecuador.

Rojas, J. (2004). Valoración económica del agua de uso

Universidad Nacional de Cuyo | Mendoza | Argentina
doméstico en Quilanga. Pág.

17, 18 y 19 de octubre de 2018

68. Loja, Ecuador.

SARH-CP. Secretaría de Agricultura y
Recursos Hídricos. (1982).
Manual de Conservación del
Suelo y del Agua (2a edición
ed.). Chapingo, México.

Sojeando y Agronegocios. (s.f.).
Recuperado el 01 de
Diciembre de 2017, de
[www.sojeandoyagronegocios
.com.py](http://www.sojeandoyagronegocios.com.py)