

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL HIDROLÓGICO DEL BOSQUE NATIVO EN LA CUENCA DEL ARROYO SCHWARZENBERG, ELDORADO, MISIONES

ECONOMIC ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL HYDROLOGICAL SERVICES OF NATIVE FOREST IN THE SCHWARZENBERG BROOK WATERSHED, ELDORADO, MISIONES

Mantulak, Mario José

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Misiones
Oberá, Misiones, Argentina
mmantulak@gmail.com

Martínez Duarte, Juan Antonio

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
martduart@yahoo.com.ar

Arendhardt, Orlando Ernesto

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
Oarendhardt@facfor.unam.edu.ar

Bernio, Julio César

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
jbernio@arnet.com.ar

Wanderer, Ricardo Joaquín

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
ricajoa@yahoo.com.ar

Martínez, Oscar Martín

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Eldorado, Misiones, Argentina
martino1777@hotmail.com

Fecha de recepción: 14/03/13 - Fecha de aprobación: 17/06/13

RESUMEN

El problema de investigación es determinar el valor económico que los eldoradenses asignan a los servicios hidrológicos del bosque nativo. El objetivo general del proyecto es valorar los servicios ambientales hidrológicos que brindan los bosques nativos a la cuenca del arroyo Schwarzenberg, para un proyecto de restauración de los bosques. Se desarrollaron las actividades siguientes: Recopilación de antecedentes; caracterización de la situación de la cuenca; determinación de los servicios de protección que prestan los bosques nativos; y valoración económica del servicio ambiental, mediante el método de valoración contingente.

Los resultados indican que los eldoradenses asignaron un valor monetario de 2.025 pesos por hectárea y por año al servicio ambiental, y se concluyó que sin bosque protector, aumentan el caudal máximo y el estado torrencial de la cuenca. Las familias están dispuestas a pagar por los servicios ambientales hidrológicos que brindan los bosques nativos a la cuenca vertiente; y se recomienda realizar más estudios para diseñar un sistema de pagos por servicios

ambientales, considerando que esta cuenca hidrográfica desagua en el arroyo Piray Miní, a poca distancia aguas arriba de la toma del sistema público de abastecimiento de agua de Eldorado.

PALABRAS CLAVE: Valoración; Servicios Ambientales; Protección; Cuencas Hidrográficas; Bosques Nativos.

ABSTRACT

The problem of this research is to determine the economic value that the eldoradenses assign to hydrological services of the native forests. The general objective of this project is to evaluate the hydrological environmental services that native forests provide to the Schwarzenberg watershed, for a forest restore project. The following activities have already been developed: a compilation of antecedents; characterization of the present watershed's condition; the determination of protection services provided by the native forests; and the economic valuation of environmental service, using the contingent valuation method. The results indicate that the eldoradenses have assigned a monetary value of 2,025 pesos per hectare per year to the environmental service, and the conclusion was that without the surrounding protective forest, the maximum flow and the torrential condition of the basin increase. Families are willing to pay for the hydrological environmental services that native forests provide to the basin; and it is recommended to do more studies to outline a payments system for environmental services, considering that the Schwarzenbergs watershed drains into the Piray Mini stream, a short distance upstream from the outlet of the public water supply system of the Eldorado.

KEY WORDS: Valuation; Environmental Services; Protection; Watersheds; Native Forests.

INTRODUCCIÓN

La poca valoración de la importancia económica de los servicios ambientales del bosque, se debe en gran parte a que no se refleja en los precios de mercado, a la dificultad que implica la determinación de los valores monetarios de estos servicios y a la inexistencia de un sistema de pago por servicios ambientales.

“Los sistemas de pagos por servicios ambientales (PSA) constituyen una solución novedosa que permite invertir una situación de degradación ambiental mediante la lógica del mercado, y transformar zonas de alto valor y riesgo ambiental a causa de las presiones demográficas en áreas en las que se logre un desarrollo sostenible” [Martínez de Anguita, P. et al, 2006, p. 53]⁽¹⁾.

Con respecto al marco legal, cabe señalar, que el artículo 41 de la Constitución Nacional de 1994, hace referencia al derecho de todos los habitantes a desarrollarse en un ambiente sano. La Ley General del Ambiente N° 25.675 de 2002, define los presupuestos mínimos de protección ambiental que establece la necesidad del manejo sustentable de los recursos naturales. Asimismo, la Ley de presupuestos mínimos Régimen de Gestión Ambiental de Aguas N° 25.668 del 2003, define a la cuenca hídrica como unidad de manejo de los recursos naturales. La Ley Nacional N° 26.331 del 2007 de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, en el artículo 1° establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para: el enriquecimiento, la restauración, la conservación, el aprovechamiento, el manejo sostenible de los bosques nativos y la conservación de los servicios ambientales que estos bosques brindan a la sociedad.

En relación a la provincia de Misiones, el 29/10/09 fue sancionada por la Legislatura de la provincia de Misiones la ley N° 4.248 que propone regular los pagos por servicios ambientales que generen bosques nativos o plantaciones forestales establecidas. La Ley provincial de aguas N° 1.838, modificada por Ley N° 3.391/83, en su artículo 137° establece: La autoridad de aplicación podrá fijar áreas de protección de cuencas, fuentes, cursos o depósitos de aguas, donde no será permitido el pastaje de animales, la tala de árboles ni la alteración de la vegetación.

Como antecedentes metodológicos locales, se pueden mencionar los trabajos de investigación: "Metodología para la formulación y evaluación económica ambiental de planes de ordenación de cuencas hidrográficas en la provincia de Misiones" [Martínez Duarte, 2006, p. 101]⁽²⁾ y "Evaluación económica ambiental de alternativas de acción en la cuenca del arroyo Schwelm, Eldorado, Misiones, Argentina" [Martínez Duarte, 2003, p. 108]⁽³⁾

El bienestar de la población del municipio de Eldorado, de aproximadamente 80.000 habitantes, se ve afectado debido a que el arroyo Piray Miní, de aproximadamente 147.925 hectáreas, que abastece agua al municipio tiene un caudal con crecidas súbitas y violentas, y sus aguas poseen altos valores de turbidez. Uno de los factores que influye en la situación es la tala del bosque nativo protector de las vertientes.

La cuenca hidrográfica del arroyo Schwarzenberg de aproximadamente 955 hectáreas, que desagua en el arroyo Piray Miní a una distancia de aproximadamente 5.000 metros aguas

arriba de la toma que abastece a la ciudad de Eldorado, constituye una de las cuencas prioritarias para la restauración hidrológica forestal considerando, no tanto la cuantía de su caudal, sino principalmente el estado general de degradación ambiental.

En el presente trabajo de investigación se aborda la valoración económica ambiental de la función protectora del sistema hídrico que brindan los bosques nativos, a fin de aportar conocimientos para el diseño de un sistema de pago por servicios ambientales a los productores propietarios de dichos bosques. El objetivo general del proyecto de investigación es valorar monetariamente los servicios ambientales hidrológicos que prestan los bosques nativos a la cuenca del arroyo Schwarzenberg.

DESARROLLO

Materiales y métodos

Se planteó el escenario hipotético de implementar un proyecto de conservación y restauración de los bosques nativos protectores del suelo y agua, para compararlo con la situación de base actual de la cuenca vertiente.

Durante el desarrollo del trabajo de investigación se realizaron las siguientes actividades:

1. Recopilación y procesamiento de antecedentes. Información y datos secundarios y primarios. La metodología consistió, también, en la realización de trabajos de campo para adentrarse en el contexto socioambiental y productivo de toda cuenca hidrográfica, desarrollando una visión desde el terreno para la mejor comprensión del problema. En el trabajo de campo, se utilizó tanto la herramienta de la entrevista cualitativa semiestructurada, registrada en formularios, grabada o filmada, como la encuesta por muestreo, preguntando a las personas seleccionadas, informantes clave y representantes de instituciones vinculadas al tema, con el objetivo de conocer los puntos de vistas de los entrevistados y ver la realidad desde sus perspectivas.

Primeramente se efectuó una encuesta piloto con 30 unidades de muestreo de las 15.000 familias, quienes conforman el total de los usuarios del sistema público de abastecimiento de agua, que procesado estadísticamente ha determinado que el tamaño de muestra adecuado es de 96 unidades de muestro como mínimo para un nivel de confianza del 95%. Finalmente se encuestaron a 130 jefes de familias.

2. Caracterización de la situación actual de la cuenca hidrográfica (Análisis de antecedentes, uso del Sistema de Información Geográfica (GIS), observación directa: trabajo de campo, entrevistas semiestructuradas, encuestas y elaboración de un plan de conservación y

restauración de bosques protectores. Una vez recopilados y sistematizados los antecedentes secundarios y primarios, el equipo efectuó el análisis de la información obtenida y desarrolló un diagnóstico sobre el tema. Se realizaron inspecciones terrestres en la cuenca vertiente con la finalidad de verificar los factores físicos; biológicos y socioeconómicos, análisis de los problemas productivos de los bosques que requieren las compensaciones por servicios ambientales, que servirán de base para realizar la valoración contingente de los beneficios hidrológicos; población beneficiada, en forma real o potencial, con los servicios ambientales hidrológicos de los bosques; y se registraron sobre mapas los datos de interés observados durante los recorridos y georeferenciados con ayuda del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

3. Determinación de los servicios de protección que prestan los bosques existentes y a implantar en la cuenca, según el plan de restauración formulado, mediante:

a) El cálculo del caudal máximo potencial instantáneo del curso de agua, utilizando el método de García Nájera (López Cadena de Llano, F. 1978). Este autor, propone la fórmula siguiente para determinar el caudal:

$$Q_{max} (m^3/seg) = (a \cdot p \cdot (42 + 0,525 \cdot F) \cdot F^2) / ((1 + F) \cdot (1 + 0,025 \cdot F) \cdot (0,5 + \sqrt{F})); \text{ dónde:}$$

$a = 1 - ((3 \cdot F_c) / (4 \cdot F));$ F = área de la cuenca en Km²; F_c = Km² de cuenca con vegetación nativa en buen estado; y p = pendiente media de la cuenca.

b) La determinación cualitativa del estado torrencial, según el método expuesto por López Cadena De Llano, F 1978. Este autor expresa que el estado torrencial actual de la cuenca responde a la siguiente igualdad: $ET = (C \cdot R) / (V \cdot G)$; donde C es el factor climático expresado por el índice de erosión (d), R = relieve expresada por la pendiente media (p), V = índice de protección hidrológica de la vegetación; G es igual al factor geológico Litológico (L) y edáfico (α suelo erosionable y β suelo resistente a la erosión).

4. Valoración económica de la función protectora de los bosques mediante el método de valoración contingente (Azqueta, 1996): Para valorizar la función protectora de los bosques nativos, expresada en valores monetarios, se utilizó el método directo o hipotético denominado Método de la Valoración Contingente, mediante la información que proporcionan las personas informantes claves, representantes de instituciones relacionadas con el tema, propietarios de tierras y bosques nativos, usuarios del agua potable de la ciudad de Eldorado seleccionados por el método estadístico de muestreo aleatorio simple, cuando se les pregunta sobre la valoración monetaria objeto de análisis, basada en el bienestar que generan los bosques nativos que brindan el beneficio ambiental de protección a la cuenca vertiente.

La tarea de campo fue estructurada en tres bloques diferenciados: Un primer bloque contiene la información relevante sobre el proyecto, con las dos alternativas hipotéticas de acción mencionadas. Un segundo bloque describe el objeto de estudio. Descrito el escenario, las preguntas se dirigen ahora a intentar averiguar la disposición de las personas a conservar y restaurar el bosque nativo y a valorar monetariamente la conservación de la cubierta boscosa de la cuenca. Las cantidades manejadas en la disposición a valorar fueron totales mensuales durante el periodo que abarca el horizonte de planeamiento de 20 años. Finalmente, un tercer bloque indaga sobre algunas de las características socioeconómicas más relevantes.

La población es de 15.000 familias usuarios del sistema público de abastecimiento de agua, siendo la unidad de muestreo la familia. Primeramente, se desarrolló una encuesta piloto sobre 30 muestras aleatorias, que procesada estadísticamente determinó que el tamaño de la muestra debe ser de 96 familias como mínimo para un nivel de confianza del 95%; finalmente se decidió realizar la encuesta a 130 unidades de muestra.

El trabajo en gabinete consistió principalmente en el estudio sobre material cartográfico ejecutado por Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos (C.A.R.T.A.) 1962-1963 (hojas planialtimétricas a escala 1:10.000, mapa edafológico de la provincia de Misiones a escala 1:50.000, mapas catastrales), fotografías aéreas e imágenes satelitales actuales. Sobre la base de los mapas existentes, y del estudio de las imágenes satelitales y fotografías aéreas, se confeccionaron, auxiliados por el Sistema de Información Geográfica (GIS), mapas a escala adecuada marcando los detalles de importancia que se observen en el terreno.

Resultados

La revisión de antecedentes permite caracterizar el estado actual del arte; existen referencias sobre aspectos teóricos y metodológicos parciales sobre el tema, por lo que no son directamente aplicables al objeto de estudio.

La cuenca hidrográfica del arroyo Schwarzenberg, constituye una de las cuencas prioritarias para la restauración considerando su estado general de degradación que se manifiesta principalmente en la variación irregular de su caudal y en la contaminación del agua por turbidez.

Los antecedentes socioeconómicos indican que los primeros colonos que llegaron a Eldorado en el año 1919, se encontraron con un medio ambiente desconocido, muy diferente al descrito por la propaganda de la compañía colonizadora. Esta situación generó todo tipo de conflictos en la relación entre medio ambiente y el proceso sociocultural, que los pioneros

trataron de resolver de acuerdo a su cultura originaria, transformando el ambiente natural a otro ambiente semejante al de sus países originarios. La selva paranaense, y los muy escasos recursos disponibles para la educación, salud y seguridad, constituían verdaderos obstáculos para alcanzar mínimamente el anhelado bienestar de estos pioneros y sus familias; bienestar asociado con las costumbres y calidad de vida que habían alcanzado en los países europeos de donde eran originarios. La estrategia seleccionada para tratar de resolver el problema planteado fue la sistemática eliminación del bosque nativo, mediante la tumba y quema de la vegetación (rozados), actividad facilitada por la disponibilidad de hacheros paraguayos y el apoyo del gobierno de turno.

En la actualidad, los caminos de acceso a los lotes están de regular a mal estado. La distancia media desde la ruta asfaltada es de 3 Kilómetros y la distancia máxima desde la misma ruta hasta el arroyo Piray Miní es de 4,5 kilómetros. En los caminos terrados se observa predominantemente la erosión en surcos, y en los terrenos cultivados existe erosión laminar y en surcos, con depósitos de sedimentos en los arroyos cercanos a las chacras. Los cursos de aguas temporales y permanentes son abundantes, no contando con bosques protectores en los sectores más cultivados.

El cultivo principal es el Pino, complementado con otras especies forestales implantadas y la Yerba Mate. Otros cultivos anuales solo tienen como destino el autoconsumo. En cuanto al manejo de las parcelas, no se observa la aplicación de técnicas conservacionistas, como: plantación en contorno o terrazas, y en muchos casos orientan las líneas de plantación en el sentido de la máxima pendiente. Utilizan el Glifozato (Roundup) para controlar las malezas que compiten con los cultivos. Se observó en el lugar a personas aplicando insecticidas sin máscara, guantes ni borceguíes de seguridad. No obstante, los agricultores manifiestan que toman los recaudos, no lavan los recipientes de productos, como herbicidas y fertilizantes, en las fuentes y cursos de agua, y también manifiestan que no registran síntomas de intoxicación. Dicen que no utilizan dichos recipientes para cargar agua o alimentos y almacenan los productos químicos en depósitos especiales. En relación a la ganadería tienen Bovinos, Porcinos y Aves de corral para el autoconsumo. Para la preparación del sitio para sus cultivos utilizan el método de tumba y quema. En algunos casos el agua para consumo es extraída de pozos de agua y es utilizada sin desinfección previa. Se higienizan, lavan sus ropas y extraen el agua de riego para viveros y hortalizas de los arroyos cercanos a las chacras. Creen que el agua de estas nacientes y arroyos están contaminados, pero no tienen alternativas, y manifiestan que, salvo la sequía que afectó a toda la región en el último verano, no tienen

déficit de agua y que aún en esos periodos secos, con cierta merma, había agua en las nacientes y pozos.

En relación al aspecto físico de la cuenca, podemos mencionar que el relieve es ondulado con lomas bien definidas como elemento dominante, y en menor porcentaje sectores escarpados o inclinados con pendientes cortas hacia los cursos de agua. La geología y geomorfología presenta en su subsuelo el macizo de Brasilia que actúa como substrato básico; dicha formación fue cubierta en el período triásico por sucesivas capas de rocas eruptivas, del tipo básico llamado basalto. Como parámetros morfológicos más significativos podemos señalar los siguientes: La altura más elevada 260 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar); punto más bajo: 130 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar); área de la cuenca: 955 hectáreas; perímetro de la cuenca: 13.984,9 metros; eje de la cuenca: 4.572,6 metros; longitud del arroyo principal: 5.018,5 metros.

Los suelos corresponden a la unidad cartográfica 9 (C.A.R.T.A.), rojos profundos, muy evolucionados. Esta unidad contiene los suelos denominados tierra colorada que derivan del basalto, muy erosionables una vez que se ha destruido el horizonte superior A.

“Según la clasificación Köppen (1936), el clima se identifica con la fórmula Cfa la cual se corresponde con un clima subtropical húmedo sin estación seca y verano muy caluroso (LEE, 1968: 32a). Compartiendo el criterio climático de Capitanelli (1992:99), corresponde para Eldorado localizada a 160 m.s.n.m. la unidad climática ‘sin invierno térmico y con precipitaciones máximas en primavera y otoño’, y se caracteriza por temperaturas elevadas (media anual: 21 °C; máxima absoluta: 43 °C; mínima absoluta: -4,5 °C). La precipitación media anual es de 1.590,1 mm., serie 1.941-1.950; y 1.715 mm., serie 1.926-1.977” [Arenhardt, 2009, p. 33]⁽⁴⁾.

La zona urbana y suburbana se encuentra en la alta cuenca, registrándose la presencia de complejos habitacionales con muy alta densidad poblacional. La eliminación de excretas se realiza principalmente por medio de pozos negros y cámaras sépticas, ya que la ciudad de Eldorado no cuenta con red cloacal, ni con planta de tratamiento de efluentes cloacales. Si bien los complejos habitacionales del Kilómetro 10 tienen plantas de tratamiento de efluentes cloacales, el funcionamiento es deficiente. En el área urbana, el agua para consumo domiciliario diario proviene de la red de agua potable gestionada por la Cooperativa de Electricidad de Eldorado Limitada, y la mayor parte de la población se encuentra conectada a la red de energía eléctrica de la misma cooperativa. En la cuenca inferior se registra escasa población y la cobertura del suelo está mayormente compuesta de reforestaciones de Pino.

Se determinaron indicadores del servicio de protección que prestan los bosques nativos si se implementa el proyecto propuesto, mediante el cálculo del caudal máximo potencial

instantáneo utilizando la fórmula de García Nájera, de acuerdo al siguiente cálculo (López Cadena de Llano, F. 1978):

$$Q_{max} = (a \cdot p \cdot (42 + 0,525 \cdot F) \cdot F^2) / ((1 + F) \cdot (1 + 0,025 \cdot F) \cdot (0,5 + \sqrt{F})) = 57 \text{ m}^3/\text{seg};$$

Donde $a = 1 - ((3 \cdot F_c) / (4 \cdot F))$; F = área de la cuenca en $\text{Km}^2 = 9,55$;

F_c = Km^2 de cuenca con vegetación nativa en buen estado = 2,14

$P = 0,75$ por ser la cuenca de pendiente media poco accidentada.

La determinación cualitativa del estado torrencial actual de la cuenca según el método expuesto por López Cadena de Llano, 1978, informa que el estado torrencial de la cuenca está expresado de la siguiente forma: $ET = (d^2 \cdot p^3) / (L21 \cdot \beta \cdot V4)$; o sea la erosión es débil (d^2); la pendiente es mediana (p^3); el factor litológico está compuesta de rocas duras (Basalto) ($L21$); los suelos son fácilmente erosionables (β) y el índice de protección hidrológica del bosque es bajo ($V4$) debido a la poca superficie de bosques nativos protectores.

Se formuló el plan de conservación de la vegetación nativa remanente, y la restauración a través de la reforestación en macizo de los bordes de cursos de agua actualmente sin cubierta boscosa; y el enriquecimiento de los bosques nativos degradados. La restauración tiene el objetivo de cubrir con especies nativas los bordes de los cursos de agua, conformando con el bosque remanente sistemas de bosques protectores, para regular el escurrimiento del agua de lluvias, mejorar el régimen hidrológico, la calidad del agua y la biodiversidad. El plan consiste en la restauración a través de la reforestación en macizo de 17 hectáreas de suelos ubicados en bordes de cursos de agua actualmente sin cubierta boscosa nativa; y el enriquecimiento de 197 hectáreas de bosques nativos degradados existentes.

Tabla N° 1: Balance de Superficies de Uso del Suelo

Uso del suelo	Hectáreas	% en el total
Restauración con reforestación en macizo	17	2
Área suburbana	77	8
Aeroparque	20	2
Reforestaciones comerciales	239,8	25
Pasturas	22	2
Yerbales	8,4	1
Vegetación nativa a conservar y enriquecer	197	21
Chacras	65,5	7
Área urbana	283	30
Caminos y otros	25	3
Total	955	100

Fuente: Elaboración Propia

Las superficies, y participación porcentual en la superficie total de la cuenca hidrográfica, de los diferentes usos del suelo, se consignan en la Tabla 1.

Descripción de proyecto restauración de bosques protectores: Con la restauración de bosques protectores de la red hidrográfica de la cuenca del Arroyo Schwarzenberg mediante reforestación en macizo y enriquecimiento del bosque nativo, utilizando especies nativas. Mediante la reforestación de las 17 hectáreas de suelo actualmente sin cobertura boscosa próximas a los arroyos, y el enriquecimiento de 197 hectáreas de bosques nativos remanentes muy degradados, se resolverá una parte del problema determinado en la cuenca hidrográfica, consistente en su generalizado desequilibrio ecológico.

Diagnóstico de la situación social y ambiental: En general toda la cuenca registra deficiencias ecológicas. El grado de impacto ambiental está atenuado únicamente por el aún bajo desarrollo productivo, pero no existe una planificación adecuada o uso racional de los recursos, por lo que se considera el momento oportuno para proponer y comenzar a implementar el presente proyecto de restauración de bosques protectores del suelo y de la red hídrica.

Justificación y descripción del proyecto: El proyecto, permitirá restaurar el bosque protector de la red hidrográfica, y la sociedad cumplirá la exigencia legal enunciada por la Ley provincial XVI –Nº 53 (Antes Ley Nº 3.426/97) de bosques protectores y fajas ecológicas. Tanto para la reforestación como para el enriquecimiento, se utilizarán plantines de especies nativas que han demostrado buen desarrollo en este sitio y de alto valor por la calidad de su madera, su poder energético, ornamental o alimenticio para la fauna del lugar y los pobladores de la cuenca vertiente; es decir se propone un enfoque de uso múltiple e integral de los beneficios ambientales.

Se considera que la recuperación de los bosques protectores de la red hidrográfica es una tarea prioritaria, ya que actuará regulando el escurrimiento y la erosión, frenará la contaminación del agua, mejorará la distribución del caudal y en general brindará beneficios hidrológicos, ecológicos y socioeconómicos. La plantación propiamente dicha se hará utilizando rumbos abiertos en el sotobosque residual o en la vegetación colonizadora de las áreas donde el bosque fue eliminado. La separación entre rumbos será de cinco metros y la distancia de plantación en el rumbo será de 7.5 metros en la reforestación en macizo, y en el caso del enriquecimiento diez metros y diez metros respectivamente.

Las líneas de plantación estarán orientadas perpendicularmente a la pendiente del terreno y todas las tareas serán realizadas cuidando de minimizar el impacto ambiental. El ancho de apertura de los rumbos será el mínimo necesario para establecer la plantación y posteriormente

se manejará el sotobosque para permitir el ingreso adecuado de iluminación y liberar a los plantines incorporados de la excesiva competencia. Si bien los agricultores mencionan que los plantines de especies nativas son menos atacadas por la hormigas cortadoras de hojas, se hará control correspondiente para asegurar el establecimiento de las plantas.

Para el mantenimiento de la plantación, se cuenta con la participación de la comunidad de la cuenca, que participó desde la elaboración del proyecto. Integrantes identificados de esta sociedad, adecuadamente asesorados, se encargarán de realizar tareas de mantenimiento para asegurar el establecimiento de los árboles mediante el control de hormigas, reposiciones, apertura del dosel arbóreo y podas. La participación activa de los pobladores y estudiantes de Ingeniería Forestal, permitirá capacitar y concientizar a los actores directos, quienes actuarán en el futuro como líderes de la restauración de su propio medio ambiente del área del presente proyecto y de toda la cuenca hidrográfica. Este es uno de los importantes beneficios indirectos del proyecto.

La restauración del bosque nativo remanente se realizará a través del manejo de los renovales de las especies maderables nativas de alto valor, que demuestran buena respuesta a este tipo de manejo, y el enriquecimiento bajo cubierta con especies nativas que experimentalmente han demostrado buen desarrollo en este tipo de ambiente. Se ha propuesto utilizar las especies naturalmente existente y con buen desarrollo en el área como Cañafístola (*Peltophorum dubium*), Timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), Loro blanco (*Bastardiopsis densiflora*), Guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), Guayubira (*Patagonula americana*), Lapacho negro (*Tabebuia heptaphylla*) y *Araucaria angustifolia*.

Para valorizar la función protectora de los bosques nativos, expresada en valores monetarios, se utilizó el método directo o hipotético denominado Método de la Valoración Contingente. La disposición a pagar en pesos por mes, manifestados por los jefes de familias encuestados, para el caso de que el proyecto se lleve a cabo, varían entre 1 a 5 pesos por mes. El resultado obtenido de calcular la media de los valores mensuales revelados es de 2,4 pesos por familia; es el precio promedio que cada familia estaría dispuesto a pagar por los beneficios ambientales hidrológicos del bosque nativo, en el caso hipotético de implementar el proyecto. O suponiendo que no tuvieran que pagar por el bien, esta cantidad es indicativa del valor económico del beneficio ambiental que de promedio obtendría cada grupo familiar.

CONCLUSIÓN

Actualmente se registra mucha presión de parte de los pobladores sobre los recursos naturales remanentes para extracción de leña y eliminación de la vegetación nativa para habilitar tierras para: reforestación, pasturas, cultivos anuales y perennes.

De las 955 hectáreas de la cuenca, se pretenden conservar y restaurar 214 hectáreas de bosques protectores del suelo y cursos de agua que conforman la red hidrográfica de la cuenca.

Teniendo en cuenta la función múltiple del bosque a restaurar, pero que la protectora es fundamental, la densidad será de 266 plantas por hectárea, en la reforestación en macizo y 100 plantas por hectárea en el enriquecimiento.

Los indicadores del servicio de protección que prestan los bosques nativos, indican la influencia del bosque nativo en buen estado como propone el plan de restauración, dado que sin bosque ($F_c=0$) el caudal máximo se eleva a $68,5 \text{ m}^3/\text{seg}$ (metros cúbicos por segundo); o sea se registra un incremento del 20%. La determinación cualitativa del estado torrencial actual de la cuenca, informa que el estado torrencial es inversamente proporcional a la superficie de bosques protectores; la reducción de bosques implica la reducción del índice de protección y por lo tanto se incrementa el estado torrencial de la cuenca.

Se logró determinar el valor económico que los eldoradenses asignan a los servicios hidrológicos del bosque nativo. Cada familia estarían dispuestas a pagar 28,9 pesos por año, durante el periodo de 20 años del proyecto, que multiplicado por las 15.000 familias que se abastecen del sistema público de abastecimiento de agua del municipio de Eldorado, totalizan 433.385 pesos por año como valoración económica ambiental de los servicios ambientales de protección hidrológica que brindaría la implementación del proyecto propuesto, con un promedio de 2.025 pesos por hectárea de bosques nativos protectores por año, totalizando 40.503 pesos por hectárea en el ciclo de 20 años planeado, considerando las 214 hectáreas previstas en la propuesta.

Se recomienda realizar un estudio más detallado, para elaborar un plan de ordenación integral de la cuenca hidrográfica y diseñar un sistema de pagos por servicios ambientales, considerando que esta cuenca hidrográfica desagua en el arroyo Piray Miní, a poca distancia aguas arriba de la toma del sistema público de abastecimiento de agua de la ciudad de Eldorado.

REFERENCIAS

- (1) MARTÍNEZ DE ANGUIA, P. “Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calán, Honduras”. Madrid, España, GeoFocus, N° 7, 2006, p. 53.
- (2) MARTÍNEZ DUARTE, J.A. “Metodología para la formulación y evaluación económica ambiental de planes de ordenación de cuencas hidrográficas de la provincia de Misiones”. Acta de las 12º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2006, Eldorado, p. 101.
- (3) MARTÍNEZ DUARTE, J. A. “Evaluación Económica Ambiental de Alternativas de Acción en la Cuenca del Arroyo Schwelm”. Acta de las décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2003, Eldorado, p. 108.
- (3) ARENHARDT, E. H. (2009). ELDORADO: de Colonia de inmigrantes a un modelo de Ciudad lineal (1919 - 2008). Posadas, La Impresión S.A., p. 33.

BIBLIOGRAFÍA

- ARENHARDT, E. H. (2009). ELDORADO: de Colonia de inmigrantes a un modelo de Ciudad lineal (1919-2008). Posadas, La Impresión S.A.
- AZQUETA OYARZUN, D. (1996). Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Madrid, Editorial Mc Graw.
- GARCÍA NÁJERA, J.M. (1962). Principios de Hidráulica Torrencial. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1976). Hidrología Forestal. Editado por la Escuela Técnica Superior de Montes, Madrid, 1ª y 2ª parte.
- MARTÍNEZ DE ANGUIA, P. “Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calán, Honduras”. Madrid, España, GeoFocus, N° 7, 2006.
- MARTÍNEZ DUARTE, J. A. “Enfoque Sistémico en la Investigación de Cuencas Hidrográficas”. Revista científica Visión de Futuro, 2006, Año 3, N° 1, Volumen 5, Posadas, Misiones.
- MARTÍNEZ DUARTE, J.A. “Metodología para la formulación y evaluación económica ambiental de planes de ordenación de cuencas hidrográficas de la provincia de Misiones”. Acta de las 12º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2006, Eldorado.

MARTÍNEZ DUARTE, J. A. "Evaluación Económica Ambiental de Alternativas de Acción en la Cuenca del Arroyo Schwelm". Acta de las décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2003, Eldorado.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Mario José Mantulak

Magister en gestión ambiental, Ingeniero electromecánico, Profesor Adjunto Exclusiva, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Director del proyecto de investigación Valoración Económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la Vegetación Nativa en la Cuenca del Arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones. Actualmente Secretario General de Ciencia y Tecnología de la Universidad

Juan Antonio Martínez Duarte

Doctor en Administración, Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Misiones. Profesor adjunto de Ordenación de Cuencas Hídricas, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. CoDirector del proyecto de investigación: Valoración Económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la Vegetación Nativa en la Cuenca del Arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones.

Orlando Ernesto Arenhardt

Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones. Profesor adj., exc., Cátedras: Relaciones Industriales; Operación y mantenimiento Industrial; Herramientas de corte y afilado. Integrante del proyecto de investigación: Valoración Económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la Vegetación Nativa en la Cuenca del Arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones.

Julio Cesar Bernio

Ingeniero Forestal; Facultad de Ciencias Forestales UNaM-. Docente; Jefe de Trabajos Prácticos; Cátedras: Dasometría y Mediciones Forestales; Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Colaborador en el proyecto de investigación: Valoración Económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la Vegetación Nativa en la Cuenca del Arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones.

Ricardo Joaquín Wanderer

Master en Ecoauditoría y Planificación Empresarial del Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Ecológicas – Málaga, España. Profesor Titular de Hidráulica General y Aplicada, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Integrante del proyecto de investigación: Valoración Económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la Vegetación Nativa en la Cuenca del Arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones.

Oscar Martín Martínez

Técnico Forestal, Estudiante de Ingeniería Forestal - Universidad Nacional de Misiones. Auxiliar de investigación, del proyecto de investigación: Valoración Económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la Vegetación Nativa en la Cuenca del Arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones.