

Autores:

Carlos Orozco Castillo
Héctor Sagastume
Uwe Feldhoff
Aura Suchini
Mak Milan Cruz

Claudio Francisco Rodríguez Carrillo
Hugo Cardona Castillo

José Vicente Martínez Arévalo
Mervin Pérez
César Otoniel Rivera Mazariegos
Mario Martín Velásquez Villatoro



tikalía



Aportes Científico-Tecnológicos en Sistemas de Producción
Agrícola y Recursos Naturales Renovables

CONTENIDO

- 7 Propagación *in vitro* de tres especies del género *Tillandsia* en vías de extinción y de potencial uso sustentable**
Carlos Orozco Castillo
Héctor Sagastume
Uwe Feldhoff
Aura Suchini
Mak Milan Cruz
- 33 Valoración económica del Parque Ecológico Senderos de Alux**
Claudio Francisco Rodríguez Carrillo
Hugo Cardona Castillo
- 73 Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala**
José Vicente Martínez Arévalo
Mervin Pérez
César Otoniel Rivera Mazariegos
Mario Martín Velásquez Villatoro
- 93 Instrucciones para los autores**

EDICIÓN:
Dennis Escobar Galicia

DISEÑO:
Hernán Guerra Sandoval

Publicación catalogada en:

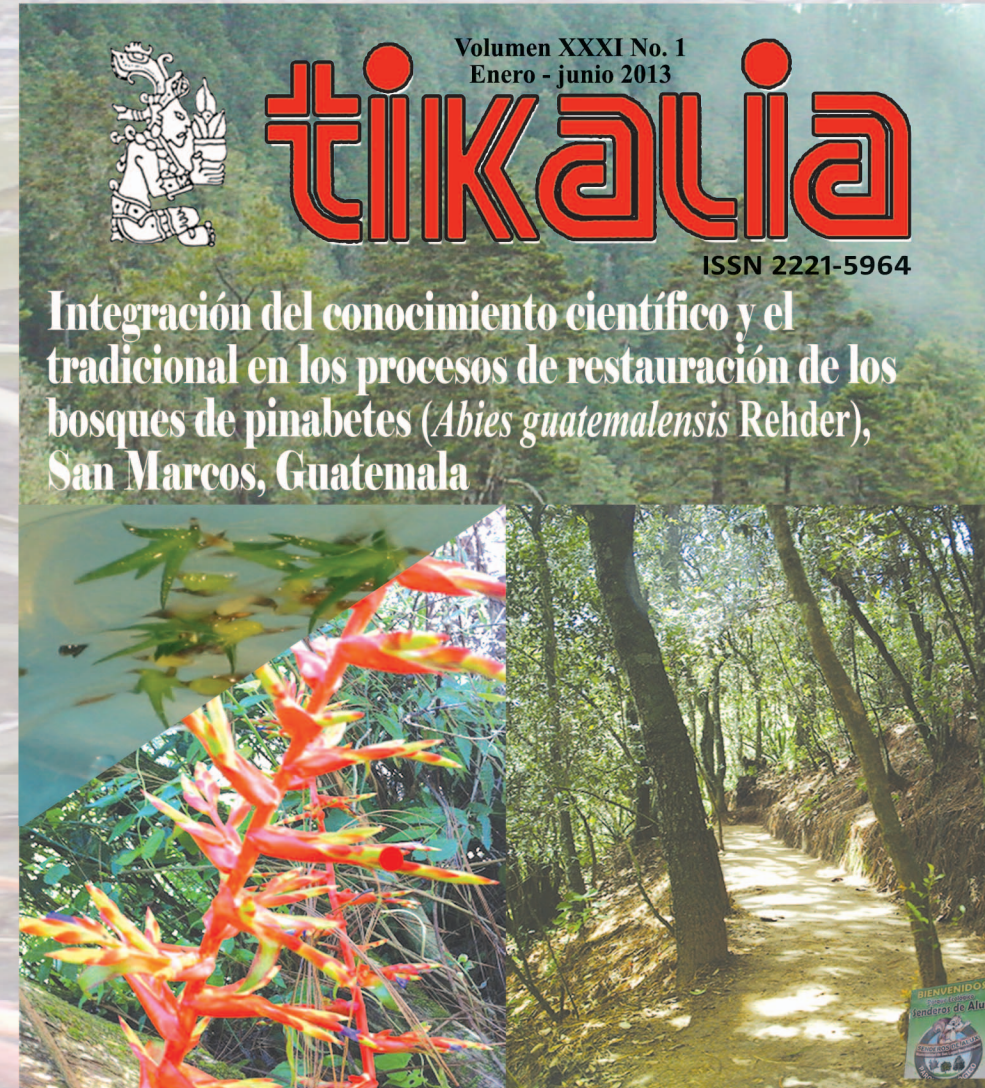


www.latindex.unam.mx

Vol. XXXI No. 1 - 2013

Tikalía

Facultad de Agronomía, USAC



Propagación *in vitro* de tres especies del género *Tillandsia* en vías de extinción y de potencial uso sustentable

Valoración económica del Parque Ecológico Senderos de Alux



Revista científica de la Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala



Revista TIKALIA
(Volumen XXXI, No. 1-2013)
contiene los artículos siguientes:

● “Propagación *in vitro* de tres especies del género *Tillandsia* en vías de extinción y de potencial uso sustentable”, de Carlos Orozco Castillo, Héctor Sagastume, Uwe Feldhoff, Aura Suchini y Mak Milan Cruz. El objetivo general del estudio fue contribuir al desarrollo de metodologías que permitan la propagación de tres especies de tillandsias en vías de extinción, así como determinar el efecto de la bencilaminopurina (BAP) sobre la propagación de tres especies de tillandsias, a nivel de laboratorio, en cultivo *in vitro*.

● “Valoración económica del Parque Ecológico Senderos de Alux”, de Claudio Francisco Rodríguez Carrillo y Hugo Cardona Castillo. En este estudio el beneficio económico se estableció por medio de viaje (CV) o del costo de desplazamiento (travelcost), el cual se ha utilizado para la valoración de espacios naturales que cumplen con alguna función de carácter ambiental o recreativo.

● “Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala”, de José Vicente Martínez Arévalo, Mervin Pérez, César Otoniel Rivera Mazariegos y Mario Martín Velásquez Villatoro. El propósito de esta investigación es dar a conocer los avances iniciales de restauración eco-lógica en un área de Guatemala uniendo los aspectos técnicos con los sociales.



**APORTES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

La Revista Tikalia es el órgano oficial de divulgación científica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Su propósito es contribuir al desarrollo de las Ciencias Agrícolas mediante la publicación de artículos científicos y técnicos que reflejan los resultados de las investigaciones que realizan profesores y estudiantes de la Facultad; así como la publicación de artículos teóricos elaborados por científicos y técnicos de otras universidades e instituciones de investigación agrícola que se adecúen a las necesidades del desarrollo académico de la Facultad.

Los autores son responsables del contenido de sus artículos.

¿Por qué el nombre tikalia ?

El nombre de esta revista dedicada a la ciencia y la tecnología agrícola se debe a que Tikal fue un centro clásico de la antigua cultura maya, establecida otrora sobre una base constituida por la producción agrícola.

Las evidencias obtenidas por diversos mayistas muestran que en los asentamientos iniciales de aquel pueblo, las tierras bajas de lo que ahora es Petén, se desarrollaron sistemas de producción agrícola basados en el maíz (*zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), piloy (*Phaseolus coccineus*), y otras especies cultivadas y forestales.

Se ha estimado que en el período clásico Tikal llegó a tener una población de 50 mil a 70 mil habitantes, dentro de un radio de seis kilómetros al derredor de la ciudad, o sea una área aproximada de 120 kms². Una densidad poblacional de tal magnitud requería sustentarse en sistemas de producción agrícola sumamente intensivos, los cuales incluyeron una infraestructura especializada, constituida por terrazas, riego y drenajes. Como consecuencia de lo anterior, se dice que la agricultura y el manejo de los Recursos Naturales Renovables de aquella zona alcanzaron un alto grado de desarrollo.

Por haber sido Tikal un sitio histórico-geográfico privilegiado durante el florecimiento maya, y por estar actualmente la Facultad de Agronomía orientada al estudio y manejo de los Sistemas de Producción Agrícola y de los Recursos Naturales Renovables —actividades primigeniamente conocidas por los mayas— es que esta revista, dedicada a difundir la ciencia y la tecnología, ha sido denominada con el nombre de Tikalia.



Revista científica de la Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala



Vol. XXXI, No. 1



Guatemala,
Enero - Junio 2013

Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Junta Directiva

Dr. Lauriano Figueroa Quiñónez	Decano
Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo	Secretario Académico
Dr. Ariel Abderramán Ortiz López	Vocal I
Ing. Agr. Marino Barrientos García	Vocal II
Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano	Vocal III
Br. Ana Isabel Fion Ruiz	Vocal IV
Br. Luis Roberto Orellana López	Vocal V

Consejo Editorial

Dr. Hugo Cardona Castillo (Presidente)
Pdsta. Dennis Escobar Galicia (Secretario)
Dr. Pablo Prado
MSc. Manuel Martínez Ovalle
Ing. Agr. Edgar Ríos Muñoz
Br. Camilo José Wolford

Revista  **tikalia**
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Guatemala
Teléfonos: (502) 2476-9770
Fax: (502) 2476-9770
Correo electrónico: comited.agro@usac.edu.gt

Editor:
Dennis Orlando Escobar Galicia

PRESENTACIÓN

Revista TIKALIA (Volumen XXXI. No. 1-2013. enero-junio), publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contiene los artículos siguientes:

“Propagación in vitro de tres especies del género *Tillandsia* en vías de extinción y de potencial uso sustentable”, de Carlos Orozco Castillo, Héctor Sagastume, Uwe Feldhoff, Aura Suchini y Mak Milan Cruz. El objetivo general del estudio fue contribuir al desarrollo de metodologías que permitan la propagación de tres especies de *tillandsias* en vías de extinción, así como determinar el efecto de la bencilaminopurina (BAP) sobre la propagación de tres especies de *tillandsias*, a nivel de laboratorio, en cultivo *in vitro*.

“Valoración económica del Parque Ecológico, Senderos de Alux”, de Claudio Francisco Rodríguez Carrillo y Hugo Cardona Castillo. En este estudio el beneficio económico se estableció por medio de viaje (CV) o del costo de desplazamiento (*travelcost*), el cual se ha utilizado para la valoración de espacios naturales que cumplen con alguna función de carácter ambiental o recreativo.

“Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala”, de José Vicente Martínez Arévalo, Mervin Pérez, César Ottoniel Rivera Mazariegos y Mario Martín Velásquez Villatoro. El propósito de esta investigación es dar a conocer los avances iniciales de restauración ecológica en un área de Guatemala uniendo los aspectos técnicos con los sociales.

En esta edición de TIKALIA nos complace informar a los lectores, que la publicación ha sido catalogada como una revista científica en el sistema de publicación y directorio del catálogo del *Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex)*.

La catalogación en *Latindex* es motivo de satisfacción y nos plantea el reto de continuar con la mejora continua de la producción editorial de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pues al contar con una revista indexada y catalogada estamos obligados a elevar los requerimientos de calidad en los artículos a ser publicados, ya que además estaremos entrando al proceso de arbitraje de revisores anónimos.

Los editores.

CONTENIDO

- 7 **Propagación *in vitro* de tres especies del género *Tillandsia* en vías de extinción y de potencial uso sustentable**

Autores:

Carlos Orozco Castillo
Héctor Sagastume
Uwe Feldhoff
Aura Suchini
Mak Milan Cruz

- 33 **Valoración económica del Parque Ecológico Senderos de Alux**

Autores:

Claudio Francisco Rodríguez Carrillo
Hugo Cardona Castillo

- 73 **Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala**

Autores:

José Vicente Martínez Arévalo
Mervin Pérez
César Otoniel Rivera Mazariegos
Mario Martín Velásquez Villatoro

- 93 **Instrucciones para los autores**



Propagación *in vitro* de tres especies del género *Tillandsia* en vías de extinción y de potencial uso sustentable

Autores:

Carlos Orozco Castillo¹
Héctor Sagastume²
Uwe Feldhoff³
Aura Suchini⁴
Mak Milan Cruz⁵

Recibido el 12-11-2012 / Aprobado el 17-09-2013

¹ Profesor-Investigador de la FAUSAC. Coordinador de la Unidad de Biotecnología de la Facultad de Agronomía, USAC.

² Investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

³ Investigador de la Empresa Tillandsia del Aire, Guatemala.

⁴ Investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

⁵ Profesor de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA).

Resumen

Guatemala exporta anualmente millones de especímenes de flora silvestre al extranjero con fines ornamentales. Entre los años 1994 y 2002 Guatemala exportó, en el rubro de flores, plantas, semillas y raíces, 367,292,700 de dólares norteamericanos a diversos países del mundo (Banco de Guatemala, 2005). Entre las especies de mayor demanda se encuentran los “gallitos” (*Tillandsia spp.*) o “Plantas del Aire”, que pertenecen a la familia *Bromeliaceae*, con cerca de 2,000 especies. Esta familia está integrada por tres subfamilias: *Bromeloidae*, *Pitcarnioideae* y *Tillandsioideae*. De ellas, la subfamilia *Tillandsioideae* es la más numerosa con 550 especies descritas, y se distribuyen geográficamente desde el estado de Virginia en los Estados Unidos hasta Chile y Argentina (Huertas *et al.*, 1995).

El principal uso actual de las *tillandsias* es como planta ornamental, sin embargo, existen reportes que en Ecuador se utilizan partes aéreas como antiespasmódico y como medicina para infecciones de los ojos (Ríos y Khan, 1998). Dentro de sus usos medicinales se reporta que las hojas se utilizan en lavados para el reumatismo (Bye, 1985) y como remedio para la tos y bronquitis, sin reportar que parte de la planta se utiliza (González, 1984).

El objetivo general del proyecto fue contribuir al desarrollo de metodologías que permitan la propagación de tres especies de *tillandsias* en vías de extinción, determinar el efecto de la bencilaminopurina (BAP) sobre la propagación de tres especies de *tillandsias*, a nivel de laboratorio, en cultivo *in vitro*.

La metodología, de manera sintética, consistió en evaluar la propagación *in vitro*, utilizando cinco dosis de bencilaminopurina, en tres especies de *tillandsias*.

Al finalizar la investigación se obtuvieron los siguientes resultados: Una metodología desarrollada para la propagación *in vitro* de tres especies de *tillandsias* a nivel de laboratorio de biotecnología.

El presente proyecto contribuirá al uso y manejo sostenible de este recurso natural nativo a la biodiversidad del país. Además ayudará a la lucha por evitar la extinción de especies en peligro. Así como también contribuirá a generar y mantener fuentes alternas de trabajo, a diversificar la producción agrícola, a generar ingresos de divisas, y consecuentemente, al mejoramiento de la calidad de vida del pequeño y mediano productor de *tillandsias*.

Palabras claves: *Tillandsias*, *in vitro*, propagación, especies, extinción, bencilaminopurina.

Summary

Guatemala exports annually million specimens of wild flora abroad for ornamental purposes. Between 1994 and 2002, Guatemala exported, in the field of flowers, plants, seeds and roots, 367.2927 million U.S. dollars to various countries (Banco de Guatemala, 2005). Among the species most in demand are the “cock” (*Tillandsia* spp.) Or “Air Plants”, which belong to the family Bromeliaceae, with almost 2,000 species. This family consists of three subfamilies: Bromeloideae, Pitcarnioideae and Tillandsioideae. Of these, the subfamily Tillandsioideae is the largest with 550 species described, and are distributed from the state of Virginia in the United States of America to Chile and Argentina (Huertas et al., 1995).

The main current use is as an ornamental plant tillandsia, however, there are reports that in Ecuador aerial parts are used as an antispasmodic and as medicine for eye infections (Rivers and Khan, 1998). Within its medicinal uses are reported to be used in washed leaves for rheumatism (Bye, 1985) and as a remedy for coughs and bronchitis, without reporting that part of the plant is used (Gonzalez, 1984).

The overall objective of the project was to contribute to the development of methodologies for the spread of three species of endangered tillandsias determine the effect of benzylaminopurine (BAP) on the spread of three species of tillandsia, in the laboratory, in culture in vitro.

The methodology, briefly, was to evaluate the propagation in vitro, using three doses of benzylaminopurine, in five species of tillandsia.

At the end of the investigation the following results were obtained: A methodology developed for in vitro propagation of three species of laboratory scale tillandsias Biotechnology.

This project will help to contribute to the sustainable use and management of this natural resource native biodiversity of the country, help the efforts to prevent the extinction of endangered species, help generate and maintain alternative sources of employment, diversify agricultural production, generate foreign exchange earnings, and consequently improving the quality of life of small and medium producers of tillandsias.

Key words: *Tillandsias*, in vitro, propagation, species, extinction, benzylaminopurine.

Introducción

Las *tillandsias* son un tipo de plantas epífitas, que crecen en asociación sobre árboles como: encinos, pinos y otras coníferas. Son plantas lampiñas, cubiertas de escamitas blancas, fruto capsular, alargado dehiscente en tres valvas, que almacenan agua en pequeños bulbos en vez de una roseta basal. Necesitan sol y sustratos ligeros. Generalmente crecen sobre árboles y rocas. Son originarias de América tropical y subtropical (México, Brasil y República Dominicana). Pueden estar tanto en interiores como en exteriores. Se adaptan muy bien a la luz, incluso la luz solar directa. Necesitan riego (sin encharcar) y mojar las hojas dos o tres veces por semana y fertilizante mensualmente durante el verano (Ríos y Khan, 1998).

Las *tillandsias* pertenecen a la familia *Bromeliaceae*, con cerca de 2,000 especies. Esta familia está integrada por tres subfamilias: *Bromeloideae*, *Pitcarnioideae* y *Tillandsioideae*. De ellas, la subfamilia *Tillandsioideae* es la más numerosa con 550 especies descritas. Se distribuyen geográficamente desde el estado de Virginia en los Estados Unidos de América hasta Chile y Argentina (Huertas *et al.*, 1995).

Guatemala es uno de los pocos países, a nivel mundial, que comercializa las *tillandsias*. Guatemala exporta anualmente millones de especímenes de flora silvestre al extranjero con fines ornamentales. Entre los años 1994 y 2002 Guatemala exportó, en el rubro de flores, plantas, semillas y raíces, 367,292,700 de dólares norteamericanos a diversos países del mundo (Banco de Guatemala, 2005). Entre las especies de mayor demanda se encuentran los “gallitos” (*Tillandsia* spp.) o “Plantas del Aire”. Guatemala cuenta con 72 especies del género *Tillandsia*, de las cuales alrededor de 30 son comerciales.

Objetivos e hipótesis

Objetivos general

Contribuir al desarrollo de metodologías que permitan la propagación de tres especies de tillandsias en vías de extinción.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de la bencilaminopurina (BAP) sobre la propagación de tres especies de tillandsias, a nivel de laboratorio en cultivo *in vitro*.

Hipótesis

- A. La bencilaminopurina (BAP) tiene efecto sobre la propagación de tres especies de tillandsias, a nivel de laboratorio en cultivo *in vitro*.
- B. No existe efecto de la bencilaminopurina en la propagación de tres especies de Tillandsia, a nivel de laboratorio en cultivo *in vitro*.

Material y métodos

Localización del experimento

Una parte del trabajo de investigación *in vitro* se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ubicado en el kilómetro 21.5 carretera al Pacífico, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. La otra parte del trabajo de investigación *in vitro* se realizó en el laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Experimentos *in vitro*

Los principales procedimientos en la fase *in vitro* fueron los siguientes:

- A. Los explantes iniciales para la fase *in vitro* fueron semilla botánica, provenientes del invernadero de la empresa “Clavela del Aire”, ubicada en San Juan Sacatepéquez.
- B. Previo a la siembra de las semillas se procedió a su desinfección, mediante el uso de hipoclorito de calcio al uno por ciento, durante 15 minutos, luego, se lavaron las semillas, tres veces, en agua destilada estéril. Posteriormente, se sumergieron las semillas en alcohol etílico al 70% durante un minuto, y por último, se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Finalmente, se procedió a su siembra en el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), a un cuarto de su concentración original (George, E.F. 1995).
- C. Una vez germinadas las semillas (alrededor de un mes) se procedió a la evaluación de los tratamientos para la propagación de las plántulas. Para cada una de las especies se evaluaron cinco tratamientos en la fase *in vitro*, los cuales se describen en el cuadro 2 (Feldhoff, 2005).

Cuadro 1. Dosis de BAP evaluadas *in vitro*, según tratamiento. (BAP dose tested *in vitro*, according to treatment.)

Tratamiento	Dosis de BAP (mg/L.)
1	0 (testigo)
2	0.5
3	1.0
4	1.5
5	2.0

Fuente: FODECYT 04-2006.

- A.** Por cada tratamiento se sembraron entre 4 y 25 explantes germinados, dependiendo de la disponibilidad de semillas.
- B.** Las variables de respuesta se midieron cada mes y fueron las siguientes:
- Número de brotes.
 - Altura de brotes.

Diseño experimental

El diseño experimental *in vitro*, el diseño experimental fue un Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial de los tratamientos. Para cada especie se hizo un experimento por separado. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + a_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ = efecto de la media general de la población.

B_i = efecto de la i -ésima dosis de BAP.

a_{ij} = error asociado a la ij -ésima unidad experimental.

Análisis de la información

Para los datos que se obtuvieron de cada una de las variables de respuesta se hizo una prueba de normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilk. Para las variables de respuesta que tuvieron una distribución de frecuencia normal se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) por medio del programa estadístico SAS. Las variables que resultaron con diferen-

cias estadísticas significativas al 5%, se les hizo una prueba de separación de medias, por medio de la prueba de rango múltiple de Duncan. Finalmente, los resultados se resumieron en cuadros.

Resultados y discusión

Propagación *in vitro* de *Tillandsia caput-medusae*

Número de brotes

El ANDEVA (cuadro 2) detectó diferencias entre tratamientos por lo que se procedió a hacer una separación de medias por medio de la prueba de rango múltiple de Duncan (cuadro 3). La prueba de Duncan nos indica que los dos mejores tratamientos fueron cuando se aplicó 1.0 y 1.5 mg/L. de BAP, con lo cual se obtienen 22.2 y 18.5 brotes por planta en 60 días. Si no se aplica BAP (tratamiento testigo) se obtienen 2.0 brotes por planta en 60 días.

De acuerdo con la gráfica 1, se observa que, aparentemente, la respuesta de esta especie a la aplicación de BAP sigue una curva de tendencia cuadrática, cuyo máximo es 1.0 mg/L. de BAP, dosis que produce el mayor número de brotes, no existiendo una tendencia que indique lo contrario.

Cuadro 2. ANDEVA para la variable número de brotes de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*. (ANOVA for the variable number of outbreaks of the species *Tillandsia caput-medusae* propagated *in vitro*.)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F Calculada	Pr >F _c
Tratamientos	4	989.30	25.54**	0.0001
Error	15	145.25		
Total	19	1134.55		

Pr >F_c = probabilidad de encontrar un valor mayor que la F calculada

** = altamente significativo (< 1%) Coeficiente de variación = 21.7%.

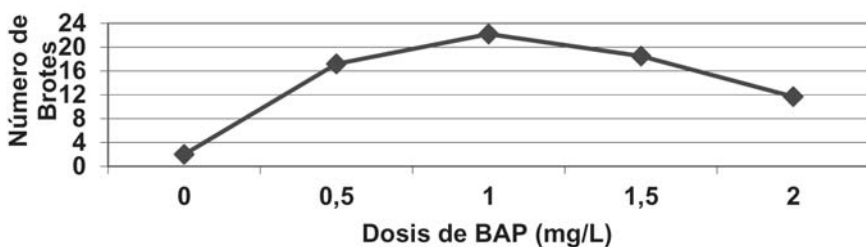
Fuente: FODECYT 04-2006.

Cuadro 3. Prueba de Duncan para la variable número de brotes de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*. (Duncan test for the variable number of outbreaks of the species *Tillandsia caput-medusae* propagated *in vitro*.)

Tratamiento (mg/L. de BAP)	Número de Brotes	Prueba de Duncan(al 5%)
1.0	22.2	a
1.5	18.5	a b
0.5	17.2	b
2.0	11.7	c
0.0	2.0	d

Fuente: FODECYT 04-2006.

Gráfica 1. Número de brotes, según dosis de BAP, de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*. (Number of outbreaks, as BAP dose, species *Tillandsia caput-medusae* *in vitro* propagated).



Fuente: FODECYT 04-2006.

B. Altura de brotes

El ANDEVA (cuadro 4) no detectó diferencias entre tratamientos a un nivel de significancia del 5%. Las alturas de brotes, cuyas diferencias a nivel de cultivo *in vitro* se consideran irrelevantes, variaron entre 2.2 y 2.5 cm (gráfica 2).

Cuadro 4. ANDEVA para la variable altura de brotes de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*. (ANOVA for the variable height of outbreaks of the species *Tillandsia caput-medusae* propagated *in vitro*).

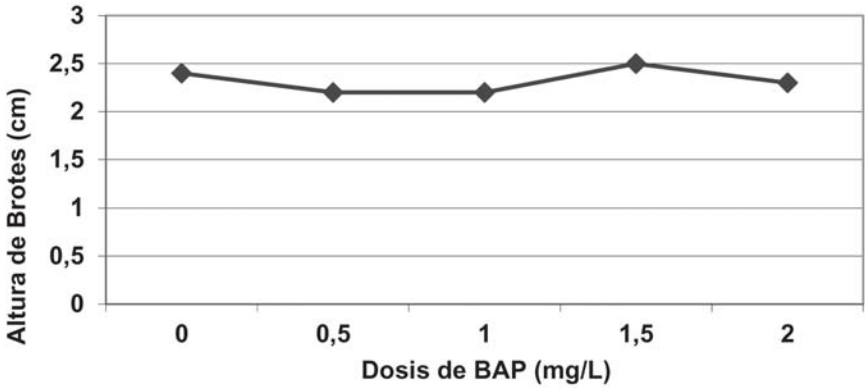
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F Calculada	Pr > Fc
Tratamientos	4	0.277	2.56 NS	0.0812
Error	15	0.405		
Total	19	0.682		

Pr > Fc = probabilidad de encontrar un valor mayor que la F calculada

NS = no significativo al 5% de nivel de significancia Coeficiente de variación = 7.0%.

Fuente: FODECYT 04-2006.

Gráfica 2. Altura de brotes, según dosis de BAP, de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*. (Height of shoots, as BAP dose, species *Tillandsia caput-medusae* propagated *in vitro*.)



Fuente: FODECYT 04-2006.

La figura 1 muestra Plántulas recién germinadas de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*. La figura 2 constata la respuesta de esta especie a la propagación *in vitro*, particularmente con el tratamiento 3 (1.0 mg/L. de BAP).

Figura 1. Plántulas recién germinadas de la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*.

Fuente: FODECYT
04-2006.



Figura 2. Tratamiento 3 (1.0 mg/L. de BAP) en la especie *Tillandsia caput-medusae* propagada *in vitro*.

Fuente: FODECYT
04-2006.



1.2 Propagación *in vitro* de *Tillandsia magnusiana*

A. Número de brotes

El ANDEVA (cuadro 5) detectó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos utilizados. Previo al ANDEVA se realizó una transformación de los datos utilizando raíz cuadrada [$Y' = \sqrt{(Y+1)}$].

Cuadro 5. ANDEVA para la variable número de brotes en la especie *Tillandsia magnusiana* propagada *in vitro*. (ANOVA for the variable number of outbreaks in magnusiana *Tillandsia* species propagated *in vitro*.)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	Pr > Fc
Tratamientos	4	18.3073	4.5768	46.60	0.0001
Error	120	11.7851	0.0982		
Total	124	30.0925			

Coefficiente de variación = 19%

La probabilidad de encontrar un valor mayor que la F calculada fue de 0.0001, lo cual es altamente significativo, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, la bencilaminopurina (BAP) tiene efecto sobre la propagación de la especie *Tillandsia magnusiana* en cultivo *in vitro*. Para determinación del mejor tratamiento que induce una mayor producción de brotes, fue necesario realizar una prueba de separación de medias para lo cual se utilizó la prueba de Duncan a un 5% de nivel de significancia. El cuadro 6 nos indica que los mejores tratamientos que induce a la proliferación de brotes son utilizando 1.5 y 2.0 mg/L. de BAP, pero con fines de reducir costos el mejor se considera el tratamiento con 1.5 mg/L. de BAP, con una media de 2.0 brotes producidos.

Cuadro 6. Prueba de Duncan para la variable número de brotes, en la especie *Tillandsia magnusiana* propagada *in vitro*. (Duncan test for the variable number of outbreaks in magnusiana *Tillandsia* species propagated *in vitro*.)

Tratamiento (mg/L. de BAP)	Número de Brotes	Agrupación Duncanal 5%
1.5	2.0	a
2.0	2.0	a
1.0	1.7	b
0.5	1.5	b
0.0	1.0	b

Fuente: FODECYT 04-2006.

B. Altura de brotes

ELANDEVA (cuadro 7) detectó que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos utilizados. La probabilidad de encontrar un valor mayor que la F calculada fue de 0.0001, lo cual es altamente significativo, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, la bencilaminopurina (BAP) tiene efecto sobre la propagación de la especie *Tillandsia magnusiana* en cultivo *in vitro*. Para determinación del mejor tratamiento que induce una mayor altura de brotes, fue necesario realizar una prueba de separación de medias para lo cual se utilizó la prueba de Duncan a un 5% de nivel de significancia. En el cuadro 34 se indica que el tratamiento que induce al mayor crecimiento de las plántulas es sin aplicar BAP (0.0 mg/L. de BAP), con una media de 1.1 cm. de altura de brote. Se observa una tendencia de que a mayor concentración de BAP aplicado se reduce

la altura de brote, como es el caso de los tratamientos con 2.0 y 1.5 mg/L. de BAP.

Cuadro 7. ANDEVA para la variable altura de brotes de la especie *Tillandsia magnusiana* propagada *in vitro*. (ANOVA for the variable height of sprouts magnusiana *Tillandsia* species propagated *in vitro*.)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	Pr > Fc
Tratamientos	4	12.1133	3.0283	59.88	0.0001
Error	120	6.0688	0.0506		
Total	124	18.1821			

Coefficiente de variación = 35%

Cuadro 8. Prueba de Duncan para la variable altura de brotes en la especie *Tillandsia magnusiana* propagada *in vitro*. (Duncan test for the variable height of the species outbreaks *in vitro* propagated *Tillandsia magnusiana*).

Tratamiento (mg/L. de BAP)	Altura de Brote(cm.)	Agrupación Duncan(al 5%)
0.0	1.1	a
0.5	0.8	b
1.0	0.4	b
2.0	0.3	c
1.5	0.2	c

Fuente: FODECYT 04-2006.

La figura 3 demuestra de manera fehaciente la propagación *in vitro* de Plántulas de *Tillandsia magnusiana*.

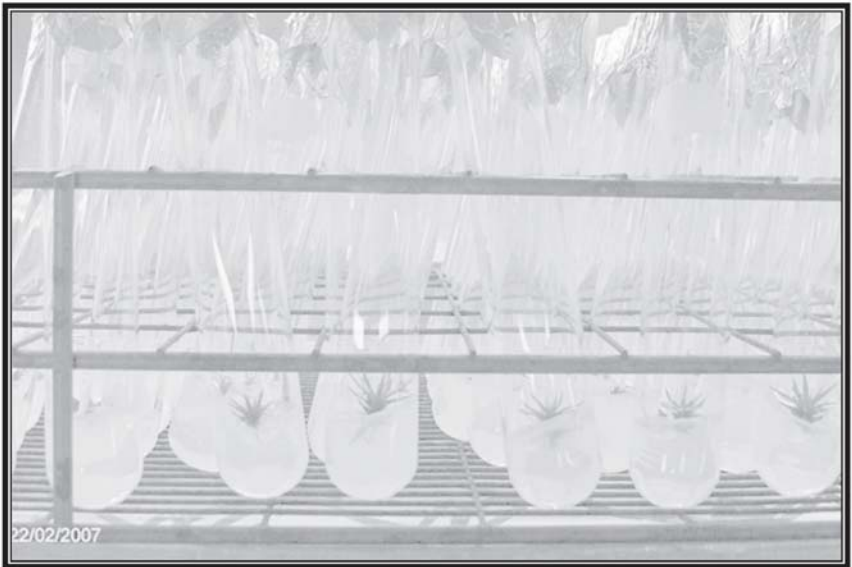


Figura 3. Plántulas de *Tillandsia magnusiana* en propagación *in vitro*.

Fuente: FODECYT 04-2006.

4.3 Propagación *in vitro* de *Tillandsia plagiotropica*

A. Número de brotes

El ANDEVA (cuadro 9) detectó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos utilizados. Previo al análisis de los datos se realizó una transformación de los datos utilizando raíz cuadrada [$Y' = \sqrt{Y+1}$]. La

probabilidad de encontrar un valor mayor que la F calculada fue altamente significativa (0.0001), por lo tanto se acepta la hipótesis alterna de que el BAP tiene efecto sobre la propagación *in vitro* de la especie *Tillandsia plagiotropica*. Para determinar las diferencias entre tratamientos se hizo una prueba de separación de medias por medio de la prueba de Duncan, con un nivel de significancia del 5% (cuadro 10). En el cuadro 10 se observa que todos los tratamientos superaron al testigo y que los dos mejores tratamientos fueron al utilizar 2.0 y 1.5 mg/L. de BAP, produciendo 1.7 y 1.6 brotes, respectivamente.

Cuadro 9. ANDEVA para la variable número de brotes en la especie *Tillandsia plagiotropica* propagada *in vitro*. (ANOVA for the variable number of outbreaks in plagiotropic *Tillandsia* species propagated *in vitro*.)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	Pr > Fc
Tratamientos	4	13.0550	3.2637	17.29	0.0001
Error	120	22.6505	0.1888		
Total	124	35.7055			

Coefficiente de variación = 33%

Fuente: FODECYT 04-2006.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para la variable número de brotes en la especie *Tillandsia plagiotropica* propagada *in vitro*. (Duncan test for

the variable number of outbreaks in plagiotropic Tillandsia species propagated in vitro.)

Tratamiento (mg/L. de BAP)	Número de Brotos	Agrupación Duncan (al 5%)
2.0	1.7	a
1.5	1.6	a b
0.5	1.3	b
1.0	1.3	b
0.0	0.8	c

Fuente: FODECYT 04-2006.

B. Altura de brotes

El ANDEVA (cuadro 11) detectó diferencias entre los tratamientos evaluados, debido a que la probabilidad (0.0001) fue altamente significativa, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna de que el BAP tiene efecto sobre la altura de brotes de la *Tillandsia plagiotropica* en cultivo *in vitro*. Para hacer una separación de las medias se utilizó la prueba de Duncan, a un 5% de nivel de significancia. El cuadro 12, indica que los tratamientos que produjeron una mayor altura de brotes fueron los que contenían 0.0, 0.5 y 1.0 mg/L. de BAP, mientras que los tratamientos que produjeron una menor altura de brotes fueron los tratamientos 4 y 5 (1.5 y 2.0 mg/L. de BAP.) Al igual que con las otras especies se observó una tendencia de que a mayor concentración de BAP aplicado se reduce la altura de los brotes.

Cuadro 11. ANDEVA para la variable altura de brote en la especie *Tillandsia plagiotropica* propagada *in vitro*. (ANOVA for the variable height of outbreak plagiotropic *Tillandsia* species propagated *in vitro*).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	Pr > Fc
Tratamientos	4	4.5339	1.1335	36.11	0.0001
Error	120	3.7672	0.0314		
Total	124	8.3011			

Coefficiente de variación = 34%

Fuente: FODECYT 04-2006.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para la variable altura de brote de la especie *Tillandsia plagiotropica* propagada *in vitro*. (Duncan test for variable height outbreak plagiotropic *Tillandsia* species propagated *in vitro*).

Tratamiento (mg/L. de BAP)	Altura de Brote (cm.)	Agrupación Duncan (al 5%)
0.0	0.7	a
0.5	0.6	a
1.0	0.6	a
1.5	0.3	b
2.0	0.3	b

Fuente: FODECYT 04-2006.

En la figura 4 se observa la factibilidad de la propagación *in vitro* de la especie *Tillandsia plagiotropica*.



Figura 4. Plántulas de *Tillandsia plagiotropica* en crecimiento *in vitro*.

Fuente: FODECYT 04-2006.

Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se llevaron a cabo los experimentos, y después del análisis de los resultados, el trabajo de investigación contribuye al desarrollo de las metodologías que permiten la propagación *in vitro* del género *Tillandsia*, por lo anterior se concluye lo siguiente:

- A. La mejor dosis para la propagación *in vitro* de *Tillandsia caput-medusae*, es la de un miligramo de bencilaminopurina por litro de medio de cultivo, obteniéndose 22 brotes por planta en dos meses. No se encontró efecto de la aplicación de bencilaminopurina sobre la altura de los brotes en esta especie.
- B. Para la especie *Tillandsia magnusiana* las mejores dosis para la propagación *in vitro* fueron 1.5 y 2.0 miligramos de bencilaminopurina por litro de medio de cultivo, obteniéndose 2.0 brotes por planta en seis meses, en ambas dosis.
- C. Para la especie *Tillandsia plagiotropica* las mejores dosis para la propagación *in vitro* fueron 1.5 y 2.0 miligramos de bencilaminopurina por litro de medio de cultivo, obteniéndose 1.6 y 1.7 brotes por planta en seis meses, respectivamente.
- D. En base al análisis estadístico para las especies de *Tillandsia caput-medusae*, *Tillandsia magnusiana* y *Tillandsia plagiotropica* se acepta la hipótesis de que la bencilaminopurina tiene efecto en la inducción de brotes y altura de las plántulas.

Literatura citada

1. **BANCO DE GUATEMALA.** 2005. Estadísticas de Exportación por Rubro: 1994-2002. Disponible en: <http://www.banguat.gob.gt/estaeco/>.
2. **HUERTAS, G.M.; DIX, M.; TOLEDO, E.; BAUER, L.** 1995. Manual de identificación de 22 especies guatemaltecas del género *Tillandsia* de potencial uso sustentable. Fideicomiso para la Conservación en Guatemala, Centro de Estudios Ambientales, Universidad del Valle de Guatemala. 70 p.
3. **GONZÁLEZ, E.M.** 1984. Las plantas medicinales de Durango. Inventario Básico. Cuadernos de Investigación Tecnológica.1(2): CIDIIR-IPN. 115 p.
4. **MURASHIGE, T.; SKOOG, F.**1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
5. **GEORGE, E.F.** 1995. "Plant Propagation by Tissue Culture Part – 2 – In Practice. Exegetics Ltd., Edington.
6. **FELDHOFF, U.M.H.** 2005 (comunicación personal).



Valoración económica del Parque Ecológico Senderos de Alux

Autores:

Claudio Francisco Rodríguez Carrillo¹

Hugo Cardona Castillo²

Recibido el 10-06-2013 / Aprobado el 17-09-2013

¹ Economista experto en proyectos silvoagropecuarios. Profesor de Postgrado en facultades de Ingeniería, Ciencias Económicas y Agronomía en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

² Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniero Agrónomo y Doctor en Economía Agrícola y Ambiental.

Resumen

En Guatemala, las áreas protegidas son depredadas o subutilizadas de una manera insostenible y sin pagar el costo real de lo que vale los bienes y servicios ambientales aportados por las mismas. El Parque Ecológico Senderos de Alux, no escapa de esta problemática.

El beneficio económico estimado para el parque durante el período de investigación fue de Q33.7 millones por el uso de los servicios ambientales que prestó el parque a los usuarios.

El beneficio económico se estableció por medio del método de costo de viaje (CV) o del costo de desplazamiento (travelcost), el cual se ha utilizado para la valoración de espacios naturales que cumplen con alguna función de carácter ambiental o recreativo.

El fundamento del método de CV se encuentra en que, si bien no existe un mercado en que pueda indicarse cuál es el valor de un parque natural por medio de precios explícitos o costo total del viaje. La información relacionada con la cantidad de tiempo (costo de oportunidad) y dinero (costo real) que una familia o persona utiliza en visitar un espacio natural y el número de visitas al lugar, se puede estimar una función de demanda.

Con el establecimiento de la función de demanda y su integral, fue posible medir el beneficio neto que produjo en el consumidor el disfrute del espacio. Mediante la estimación del excedente del consumidor.

Palabras claves: Área protegida, parque natural, Parque Ecológico Senderos de Alux.

Abstract

In Guatemala, the protected areas are preyed or underutilized in an unsustainable manner and without paying the actual cost of what it is worth the environmental goods and services provided by them. The Alux Trail Park, does not escape this problem.

The estimated economic benefit to the park during the investigation period was of Q33.7 million for the use of environmental services that provided the users to Park.

The economic benefit was established by the travel cost method (CV) or the cost of travel (travel cost), which has been used for the valuation of natural areas that serve as a functional environmental or recreational.

The basis of the method of CV is that, although there is no market in which to indicate what is the value of a natural park through explicit price or cost of the trip. Information regarding the amount of time (opportunity cost) and money (actual cost) to a family or person used to visit a natural area and the number of visits to the site, we can estimate a demand function.

With the establishment of the demand function and its integral, it was possible to measure the net benefit occurred in the consumer space enjoyment. By estimating the consumer surplus.

Key words: Protected areas, natural park, The Alux Trail Park.

Introducción

La mayor dificultad de valorar la belleza del paisaje, el aire puro, la ausencia de ruidos en un área protegida pública, radica en su «propiedad colectiva», que no permite establecer un derecho de propiedad privada sobre ellas, así como la no existencia de precios, ni mercados de los servicios ambientales generados en estas áreas, así como la no valoración económica del capital natural, lo que fomenta el uso irracional de los recursos naturales que provoca directamente la escasez de los mismos.

Este es el caso del parque ecológico Senderos de Alux, por lo que para sufragar parte de los costos de operación, mantenimiento y vigilancia, se requiere de un cobro de ingreso por persona, mismo que no ha sido técnicamente determinado. La tarifa actual cobrada, es de Q.10.00 por adultos y Q.5.00 a los (as) niños (as), monto que no es suficiente para cubrir sus gastos, por lo que debe evaluarse el incremento de las tarifas con base en conceptos económicos de la capacidad y disposición de pago de los (as) usuarios (as) del parque.

Se plantea la hipótesis de que «La tarifa que debe cobrarse a los (as) visitantes al parque es superior a la tarifa actual. Evidenciándose una pensión de pago de los usuarios del parque mayor a la que se están pagando actualmente».

Este trabajo tiene como propósito general, la valoración económica del parque sendero Alux; y, como objetivos específicos, los siguientes: a).

Estimación del precio implícito del viaje; b). Establecer un modelo econométrico que permita explicar la demanda de viajes al parque en función del costo del viaje; c). Determinar la demanda de los servicios ambientales del parque; d). Establecer el excedente del consumidor que permita probar la hipótesis planteada en esta investigación; y, e). Estimar la tarifa adecuada para el ingreso al parque.

Se prueba la hipótesis de disposición a pagar más por el servicio prestado por el parque y se propone una tarifa de ingreso de Q14.50 por adulto.

Metodología de investigación

Parque Ecológico Senderos de Alux

El parque Ecológico «Senderos de Alux», es un sitio de interés en el municipio de San Lucas Sacatepéquez¹, Guatemala. Este punto se ha convertido en los últimos años en atracción turística, ya que los (as) visitantes aprovechan el contacto con la naturaleza, observando la flora y fauna nativa, así como para apreciar la vista excepcional que desde el cerro se tiene hacia la ciudad capital y los municipios que rodean al Cerro Alux. Una de las actividades de distracción actual en el parque, lo constituye el área de canopy, en donde familias y grupos numerosos de personas deciden pernoctar para experimentar el contacto real con la naturaleza, especialmente el canto de los pájaros al atardecer y amanecer, respirar aire puro y apreciar el paisaje que ofrece la naturaleza.

El Cerro Alux forma parte de la «Cordillera de Manantiales del Cerro Alux», que fue declarada Área Protegida por el Congreso de la República de Guatemala mediante el Decreto Número 41-97, publicado en el Diario de Centro América el 1 de julio de 1997, La Cordillera Alux, es manejada bajo la categoría de Reserva Forestal Protectora de Manantiales.

¹ Webpage: www.munisanlucas.com.

La administración del parque, se encuentra bajo la coordinación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP–, que establece las directrices de manejo y conservación de sus recursos naturales y es apoyado por un Consejo Asesor integrado por los siguientes miembros: Un representante de CONAP; Los alcaldes municipales de Mixco, San Pedro Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez; y Los gobernadores departamentales de Guatemala y Sacatepéquez o sus representantes.

Concepto económico de valor

El concepto² económico moderno de valor se basa en la idea utilitarista de Jeremy Bentham (1748-1832), según la cual el origen del valor proviene del nivel de satisfacción que un bien genera a un individuo. Por lo tanto, los beneficios de una política o acción pública deben provenir del cambio en el bienestar de los individuos que componen la sociedad y que son afectados por esta política. El ambiente, desde esta perspectiva, tiene valor en cuanto proporciona beneficios al ser humano. En este marco conceptual, se asume que el individuo es el más indicado para decidir sobre la maximización de su bienestar. Esto se conoce como *soberanía del consumidor*. El objetivo de la economía consiste en maximizar el bienestar social, que es a la vez, una función del bienestar de los individuos.

² Cerda Urrutia, Arcadio, Vásquez Lavín Felipe y Orrego Suaza Sergio. Valoración Económica del Ambiente. Editorial Thomson 1^a. Edición Buenos Aires.

El concepto fundamental de valoración alude al valor económico total de un recurso natural, en el cual se incluye tanto el valor de uso como el de no uso. El primero consiste en los valores de uso directo, indirecto y de opción, mientras que el segundo considera los valores de legado y existencia.

Los valores de uso están relacionados con el uso directo de los recursos. El valor de uso indirecto se asocia a conceptos ecológicos o funciones ecosistémicas, como la regulación del clima y fijación del carbono, entre otras. El valor de opción refleja la disposición de los individuos a pagar por mantener los recursos para un eventual uso futuro. El valor de no uso se asocia generalmente a los conceptos de valor de existencia, la disposición a pagar por preservar el ambiente y el valor de legado, que implica asegurar la disponibilidad de los recursos para las generaciones futuras.

Funciones del ambiente

Según Pearce (1985), el ambiente cumple tres funciones: i) es un proveedor de recursos naturales -materiales y energía- que son procesados para ser consumidos por la sociedad; por ejemplo, procesos productivos que consumen agua; ii) posee una capacidad de asimilación de residuos y desechos, tanto de la actividad productiva como consuntiva de la sociedad; iii) proporciona bienes y servicios naturales, tales como paisajes, parques, entornos naturales, amenidades que son demandadas por la sociedad.

La mayoría de los servicios provistos por las áreas naturales son bienes públicos o externalidades positivas que no tienen precio en el mercado y por lo mismo son pasados por alto y poco apreciados.

Debido a la presión ejercida sobre los recursos naturales dado el crecimiento económico y desarrollo de proyectos de inversión, además de la toma de conciencia y conocimientos respecto al deterioro y manejo de éstos; surge la necesidad de valorar económicamente estas funciones, que se traduce en un esfuerzo para asignar valores cuantitativos—precios— a los bienes y servicios provenientes del medio natural, tengan éstos o no expresión en el mercado.

Con el uso de la valoración económica se pueden conocer las características de la demanda, por ejemplo, de servicios recreativos en áreas naturales; es decir, qué tipo de individuos adquirirían y consumirían determinados servicios a un cierto precio. De esta forma, es posible conocer el valor que la sociedad le otorga a la realización de actividades recreativas en entornos naturales, desde el punto de vista del bienestar de las personas. Así se podría constatar que la opción por conservar puede traer mayores retornos y/o ventajas económicas.

Bienes públicos y valoración económica

La búsqueda de la eficiencia económica requiere la comparación de beneficios y costos asociados a intervenciones en el ambiente. Sin embargo, la existencia de externalidad y el hecho de que muchos re-

curso naturales tienen características de bienes públicos o semipúblicos hacen que los mercados no operen en la dirección correcta de maximizar el bienestar social. Los bienes públicos se caracterizan por la imposibilidad de aplicar la exclusión en su consumo y por la inexistencia de rivalidad. Otra característica importante de los recursos naturales y bienes ambientales es que por lo general no poseen sustitutos cercanos y, en ocasiones, se necesita valorar cambios significativos en su disponibilidad. Por lo consiguiente, se requiere no sólo el valor marginal del bien, sino también una parte significativa de la curva de demanda.

Desde la perspectiva de la valoración económica, los aspectos más importantes de los bienes públicos tienen que ver con la información que es factible obtener a partir de un mercado específico. En el caso de un bien privado, su precio y cantidad transada son perfectamente observables en el mercado. Para los bienes públicos no existe un mercado del que se pueda obtener información sobre el precio y la cantidad. En el caso de los bienes semipúblicos, se puede inferir el precio a partir del comportamiento de los individuos con respecto a un bien privado.

Las características de los bienes ambientales imponen nuevos desafíos metodológicos, debido principalmente a que las demandas por estos bienes no son observables. Por lo tanto, la estimación de beneficios o costos asociados a uso o a la existencia de éstos no se puede obtener con los métodos tradicionales de la economía. Ésta es la principal razón que explica la existencia de los métodos de valoración económica.

La literatura distingue métodos basados en el comportamiento observado, conocido como preferencias reveladas o métodos indirectos y métodos basados en la declaración de intenciones de comportamiento de los individuos, conocido como métodos directos. Dentro de los métodos de preferencias reveladas, el método del Costo de Viaje ha sido utilizado abundantemente en la literatura para casos como el del presente estudio.

Método del costo de viaje y su aplicación en el presente estudio

El método del costo de viaje (CV) o del costo de desplazamiento (travel cost) se ha utilizado para la valoración social de espacios naturales que cumplen con alguna función de carácter ambiental o recreativo. Se basa en las decisiones de visitar zonas que difieren en el costo de viaje y calidad. Es la técnica más antigua de las que intentan determinar el valor de bienes sin mercado. La idea del método la sugirió Hotelling en 1947. Este método se ha aplicado en análisis costo-beneficio y en valoraciones de daños a recursos donde los valores recreativos son importantes. Al tratarse de un método que se basa en el comportamiento observado del individuo, se utiliza sólo para estimar valores de uso.

El fundamento del método de CV se encuentra en que, si bien no existe un mercado en que pueda indicarse cuál es el valor de un parque natural por medio de precios explícitos, sí existen, entre otros, unos costos de desplazamiento para la persona que quiere llegar a él. Es predecible que cuanto más costoso sea el desplazamiento, menos probable será que las personas se desplacen al parque. Utilizando la información relacionada

con la cantidad de tiempo (costo de oportunidad) y dinero (costo real) que una familia o persona utiliza en visitar un espacio natural y el número de visitas al lugar, se puede estimar una función de demanda de dicho espacio. A partir de la función de demanda es posible medir el beneficio neto que produce en el consumidor el disfrute del espacio, así como la incidencia de las variables más relevantes para explicar su comportamiento (características socioeconómicas del individuo o familia, propiedades del entorno). De esta manera sería posible, por ejemplo, estimar cambios en el valor de uso de los visitantes al producirse un daño ecológico sobre un espacio recreativo de interés natural. Los datos se obtienen normalmente a través de encuestas aunque para aplicaciones sencillas a veces es posible obtener la información mediante agencias o departamentos públicos.

La premisa básica del CV es que el tiempo y los gastos de viajes que la gente emplea para visitar a un sitio, representa el “precio” de acceso al sitio. Así la DAP para visitar el sitio puede ser estimada basada en el número de viajes que la gente realiza al sitio a diferentes costos de viaje.

En la primera perspectiva³, los individuos escogen un número determinado de viajes para realizar en un período determinado de tiempo. En CV la decisión, se estima una función de demanda que relaciona número de viajes y sus respectivos costos, los cuales varían de acuerdo con las dis-

³ Cerda Urrutia, Arcadio et. al. op. cit. Pág. 76.

tancias diferenciales recorridas por los recreacionistas. El flujo de servicios creativos de un sitio en particular está representado por el área debajo de la curva de demanda compensada, que es agregada a través de todas las personas que visitan el sitio.

Los modelos de comportamiento están basados en una hipótesis común de maximización de la utilidad sujeta a una restricción presupuestaria.

Aspectos generales

Para la implementación del estudio se realizó una encuesta, persona a persona, con visitantes actuales al parque.

Las diferencias en costo de viaje asociados a las distancias, a las formas de transporte y al costo de oportunidad del tiempo de viaje y estadía en el lugar, constituyen la base para determinar el excedente del consumidor.

Se requirió de estimar la demanda por viajes de recreación al parque, como una función del costo total del viaje, del ingreso familiar y por el número de personas por familia.

En el diseño y en la ejecución de la encuesta se incluyó información de grupos de visitantes, por lo que durante la depuración de la base de datos se eliminaron los registros de estos grupos, ya que la persona entrevistada, en su calidad de encargado de grupo, no era un maximizador de utilidad, como se explica oportunamente.

Modelo general propuesto

Dentro de esta investigación, se trató de establecer el comportamiento de un individuo o familias, en lo que respecta al número de viajes realizados al parque durante un período de tiempo no mayor a un año. Este modelo de comportamiento se basó en la hipótesis común de maximización de la utilidad sujeta a una restricción presupuestaria.

Desde el punto de vista económico, se estudió a las familias y parejas que ingresaron al parque como unidad productora que adquirieron bienes en el mercado y que usaron su tiempo para realizar actividades que le produjeron satisfacción. Asumiendo, que existe solamente un sitio disponible y que es factible adaptar el problema de decisión de la familia de la siguiente manera:

$$\text{MAX } U(x, z) \quad (1)$$

$$\text{S.A.: } m = d + wt_w = z + (c_1 + c_2)x \quad (2)$$

$$T = t_w + (t_1 + t_2)x \quad (3)$$

Donde:

x : Número de visitas o viajes;

z: Bien hicksiano (el cual no necesita de tiempo en la restricción de tiempo);

m: Ingreso total;

d: Ingreso disponible no asociado al trabajo (dividendos, rentas etc.);

w: Tasa de salarios;
 t_w : Tiempo de trabajo;
 c_1 : Costo monetario del viaje;
 c_2 : Costo monetario en el sitio;
T: Tiempo total;
 t_1 : Tiempo de viaje;
 t_2 : Tiempo de permanencia en el sitio;
m: Utilidad marginal del tiempo; y
m/I: Valor de escasez o disponibilidad marginal a pagar por el tiempo.

Si se asumió que las personas pueden elegir discrecionalmente las horas de trabajo y que el costo de oportunidad del tiempo está relacionado con la tasa de salarios, es posible espejar t_w de la ecuación (3) de tal forma que:

$$T_w = T - (t_1 * t_2)x \quad (4)$$

Al sustituir la (4) en la (2) se obtienen las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} m &= d + w[T - (t_1 * t_2)x] = z + (c_1 + c_2)x \\ d + wT &= w(t_1 * t_2)x = z + (c_1 + c_2)x \\ d + wT &= z + [(c_{1+} wt_1) + (c_2 + wt_2)]x \end{aligned} \quad (5)$$

De la ecuación (5) se deduce que wT corresponde al ingreso obtenido si se dedicara todo el tiempo a trabajar; $c_{1+} wt_1$ equivale al costo de viaje y

$c_2 + wt_2$, representa el costo de permanencia. La ecuación (5) puede reescribirse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} m^* &= z + p_x x, \\ m^* &= d + wT, \end{aligned} \tag{6}$$

$$p_x = [(c_1 + wt_1) + (c_2 + wt_2)]$$

$(c_1 + wt_1)$ = costo viaje;

$(c_2 + wt_2)$ = costo permanencia.

El problema de maximización de utilidad se transforma en

MAX $U(x, z)$

$$\text{S.A.: } m^* = z + p_x x$$

En esencia, se trata de estimar $x = x(p_x, m^*)$ y $z = z(p_z, m^*)$, que son las funciones de demanda que se obtienen al resolver el problema primal. Al respecto, la restricción presupuestaria (6) es lineal.

Supuestos implícitos

Supuestos implícitos del modelo teórico esbozado (Arcadio, 2007) son los siguientes:

Se asume que el número de viajes y la calidad ambiental del sitio son complementarios dentro de la función de utilidad. Por lo tanto, el número de viajes es una función creciente de la calidad ambiental del sitio. Se considera que las familias y las parejas, perciben y responden a los cambios en el costo de viaje en la misma forma que responderían a los cambios en precios de admisión al sitio. Esto conlleva la necesidad de estimar cuidadosamente el valor monetario del costo de viaje. El único motivo del viaje es visitar el sitio de interés. El tiempo de permanencia en el lugar de recreación no es parte del proceso de decisión del individuo. Por lo tanto, el tiempo de permanencia es exógeno y fijo, lo cual ignora la heterogeneidad de los viajes en lo correspondiente a su duración. No existen sitios alternativos; es decir, no se consideran posibles sustitutos; La tasa de salarios representa el costo de oportunidad del tiempo; y, El individuo no percibe utilidad o desutilidad durante el viaje o durante su tiempo de trabajo.

Cálculo del precio implícito del viaje

El precio implícito debe incluir todos los gastos necesarios para realizar un viaje. Entre los elementos que se deben tener en cuenta para definir este precio están los siguientes:

- a). Costos directos del viaje, incluidos gastos en peaje, acceso al sitio, costo de combustible, costo de alimentos y bebidas, costos de hospedaje y otros gastos.

b). Costos indirectos, como es el caso del costo del tiempo.

Costos directos del viaje

Los costos directos de viajar, ya sea en transporte público como privado, son parte importante del costo de viaje.

El costo directo de viaje para las familias o parejas que lo hacen en transporte público está dado por el costo del pasaje ida y vuelta, mientras que dicho costo para las personas que lo hacen en transporte particular, se calcula con base en **el costo operativo del viaje del mismo**. Este costo operativo incluye el gasto de combustible consumido durante el viaje de ida y vuelta al parque.

Además, las personas que viajan en transporte privado, a veces se enfrentan al pago de peaje, los cuales deben de sumarse al costo de viaje. Igualmente, algunos de estos individuos pueden compartir los gastos de viaje, lo cual requiere una distribución proporcional de los costos de acuerdo con el número de personas que comparten los mismos.

Los costos de acceso al sitio de visita también deben de agregarse al costo del viaje.

Otro componente especial relevante del costo de viaje lo constituye el costo de oportunidad del tiempo o costo indirecto de visitar el sitio.

En resumen, la definición del precio implícito del viaje implica enfrentarse a una serie de decisiones con respecto a qué costo incluir y cuáles no, en el cálculo del costo total.

Costo de oportunidad del tiempo de viaje y de permanencia en el sitio

En el problema general de maximización de la utilidad por parte de la unidad familiar o pareja, se consideró el costo tanto de viaje como de permanencia en el sitio. El ingreso total es una función del salario del individuo, del tiempo de trabajo y de las ganancias no asociadas directamente al trabajo. En este contexto, se asume que el tiempo puede ser asignado libremente a cualquier uso, por tanto, todos los usos de tiempo tienen el mismo costo de oportunidad equivalente a las tasa de salario.

La representación de la tasa de salario, modifica el problema de maximización de la utilidad del consumidor, incluyendo el tiempo de trabajo t_w dentro de la estructura de preferencias. El problema del consumidor se reduce a:

$$\text{MAX } U(x, z, t_w)$$

$$\text{s.a.: } m^* = d + wt_w = z + (c_1 + c_2)x, \quad (7)$$

$$T = t_w + (t_1 + t_2)x,$$

$$\text{Max: } U(x, z, t_w) + I[d + wt_w - z - (c_1 + c_2)x] + [T - t_w - (t_1 + t_2)x] \quad (8)$$

En la ecuación (8), m representa la utilidad marginal del tiempo y por consiguiente m/l corresponde al valor de escasez o disponibilidad marginal a pagar por el tiempo. Las condiciones relevantes de primer orden son:

$$[(dU/dx)/I] = (c_1 + c_2) + m/l(t_1 + t_2) \quad (9)$$

$$[(dU/dt_w)/I] + w = m/l \quad (10)$$

La ecuación (9) indica que la disponibilidad marginal a pagar por una visita debe ser igual al costo total de una visita. El costo total de una visita es la suma del costo monetario ($c_1 + c_2$) y del costo de tiempo de la visita ($t_1 + t_2$), el cual debe ser valorado por el valor de escasez del tiempo m/l . Si la función de utilidad del individuo no incorpora directamente el tiempo de trabajo t_w , entonces el costo de oportunidad del tiempo es igual a la tasa de salario, ya que $dU/dt_w = 0$ y $w = m/l$. De esta igualdad se deduce que una mayor utilidad marginal del ingreso implica un menor costo de oportunidad del tiempo. Sin embargo la ecuación (10) muestra que la tasa de salario puede llegar a ser una inadecuada medida del valor de escasez del tiempo, cuando el tiempo de trabajo es incorporado en la función de utilidad. Si la utilidad marginal del tiempo de trabajo dU/dt_w es negativa, entonces la tasa de salario w sobrestima el valor de escasez del tiempo m/l .

Es importante considerar que los individuos que no están dentro del mercado laboral no necesariamente tienen un valor del tiempo relativamente bajo o cero. Estos podrían encontrarse en esta situación como consecuencia de un desempleo involuntario o debido a su adscripción a mercados laborales que no retribuyen necesariamente en forma monetaria. El valor se refiere al beneficio neto del tiempo dedicado a una actividad. Por su parte, el costo de oportunidad indica que el beneficio neto del tiempo empleado en la mejor actividad alternativa sacrificada. En tal sentido el problema del consumidor puede replantearse como:

$$\text{MAX } U(x, z)$$

$$\text{s.a.: } m^* = d + w t_w = z + p_x x$$

$$T - t_w = t_1 x + z.$$

Para un individuo que pueda describir discrecionalmente las horas de trabajo, es factible despejar t_w de la restricción de tiempo y reemplazarlo en la restricción de presupuesto, de tal forma que el costo de oportunidad de este individuo corresponda a su tasa de salario.

En la práctica, se debe identificar correctamente el tipo de actividad que desarrollan los individuos y las alternativas de uso del tiempo disponible para cada consumidor. El tipo de bien y sus características definen el modelo teórico para utilizar y las variables por ser incorporadas a la función de utilidad; esto, consecuentemente, determina el costo de oportuni-

dad del tiempo. En otras palabras, se debe prestar atención a la estructura de las preferencias de los individuos y a cómo éstas son afectadas por las características de los sitios y por las múltiples actividades que el individuo realiza en éstos.

Como menciona Arcadio (2007), el tiempo en el sitio constituye un problema dual, ya que puede ser fuente de utilidad y también de costo. Si el tiempo de permanencia (t_2) produce utilidad, es importante considerarlo en la función de utilidad:

$$U = U(x, z, t_2) \quad (11)$$

Por lo general, se asume que la función de utilidad exhibe la condición de complementariedad débil entre el número de viajes (x) y el tiempo de permanencia (t_2). Por lo tanto,

$$dU/dx = (x, t_2 = 0, z) = 0 \quad (12)$$

$$dU/dx = (x = 0, t_2, z) = 0 \quad (13)$$

Donde la ecuación (12) indica que si no hay tiempo de permanencia ($t_2 = 0$), no se genera utilidad y no realizará el viaje. A su vez, la ecuación (13) se refiere que si no hay viaje ($x = 0$), no es posible tener tiempo de permanencia. El individuo debe escoger x , t_2 y z para maximizar la ecuación (11) sujeta a la siguiente restricción:

$$m^* = d + wt = z + [(c_1 + wt_1) + (c_2 + wt_2)]x \quad (14)$$

El costo monetario de permanencia por viaje (c_2) equivale a multiplicar el costo monetario de permanencia por día (c_2) por el tiempo de permanencia de cada viaje (t_2). La ecuación (14) se puede reescribir de la siguiente manera:

$$m^* = z + [(c_1 + wt_1)x + (c_2 + w) t_2x] \quad (15)$$

Si se considera $P_x = c_1 + wt_1$ y $P_t = c_2^*$, la ecuación (15) se puede escribir:

$$m^* = z + p_x x + p_t t_2 x = z + (p_x + p_t t_2)x = z + p^* x \quad (16)$$

Con $p^* = p_x + p_t t_2$. El problema consiste en maximizar la función $U = U(x, z, t_2)$, sujeta a la restricción de la ecuación (16). Si el tiempo de permanencia es exógeno, la maximización de utilidad permite obtener una función de demanda marshalliana de la forma:

$$x_i = x_i(p^*, m^*, t_2) \quad (17)$$

Ahora bien, si t_2 no es exógeno, no puede constituir un argumento de la función de demanda marshalliana, ya que produciría estimadores inconsistentes. En este caso, lo más apropiado sería estimar dos ecuaciones. Una que determina el tiempo de permanencia como una función del costo del viaje, del costo de permanencia y del ingreso del individuo. Es decir,

$$t_2 = t_2(p_x, p_t, m^*) \quad (18)$$

y otra función que determina la demanda o número de viajes

$$x_i = x_i(p_x, p_t, m^*) \quad (19)$$

Para determinar cuál es el modelo apropiado, Arcadio (2007) menciona a McConnell (1992) que sugiere estimar la demanda para $t_2 = t_2(p_x, p_t, m^*)$, esto es la ecuación (18) y probar la hipótesis de significancia estadística de esta ecuación mediante una prueba F. Si se acepta la hipótesis nula de que todos los parámetros son igual a cero, el tiempo de permanencia es exógeno y es correcto estimar el modelo representado por la ecuación (17). Por el contrario, si la hipótesis nula no es rechazada, se debe de estimar la función de demanda denotada por la ecuación (19).

Variables incluidas en el estudio

Dentro de la boleta de encuesta se incluyeron las variables más relevantes que pueden explicar tanto el número de visitas esperadas, como el Excedente del Consumidor. Este conjunto de datos incluye las siguientes variables:

- c). X_1 : Tipo de recreacionistas, se dividió en: 1. familias, 2. parejas, 3. grupo y 4. personas solas.

- d). X_2 : número de miembros.
- e). X_6 : Número de personas que conforman la familia del entrevistado.
- f). wt_1 = tasa de salarios, diaria por hora por tiempo por viaje $= X_{17} / 60 * W$.
- g). wt_2 = tasa de salarios, diaria por hora por tiempo por costos de permanencia $= X_{24} * W$ (X_{24} = tiempo de permanencia).
- h). Costo monetario del viaje (C_1 = costo monetario del viaje) X_{18} (esta última se redefinió) + X_{20} + X_{23} (incluye costo combustible (X_{18}) más pasajes y estacionamiento (X_{20}) más Otros (X_{23})).
- i). C_2 : Costos monetario de permanencia incurridos en la actividad. Esta variable se dividió en dos siendo estas $c_2 = X_{19}$ (alimentos y bebidas) + X_{21} (ingreso al parque) + X_{22} (hospedaje) + wt_2 (=tasa de salarios diaria por hora por tiempo de estadía $= X_{24} * W$).
- j). INGREMEDIO: Ingreso familiar mensual promedio del rango por jefe de familia o grupo. Para esta variable se pidió a la persona entrevistada señalar el rango de ingreso familiar mensual, luego se obtuvo el promedio y se dividió por 40 horas de las semana multiplicado por 4, semanas que tiene el mes. Convirtiéndose la tasa de hora diaria en la variable W. Por lo tanto, W = tasa hora diaria salario por X_{17} estadía en el sendero.

- k). W = tasa de salarios, X_6 (ingresos promedio rango) entre treinta (treinta días mes) dividido 8 (horas trabajadas día)⁴.
- l). Costo de viaje total igual a costo de viaje ($C_1 + Wt_1$) más costo de permanencia ($C_2 + Wt_2$).

La verificación de todos los coeficientes del modelo mediante la prueba de su significancia en términos estadísticos, recurriendo a la prueba de Razón de Verosimilitud.

El valor crítico para la distribución escogida tendrá un nivel de confianza del 90%. Para un nivel de confianza del 90% se rechaza la hipótesis nula y esto indicará que, en conjunto, las variables explicarían bien el modelo.

Se espera que el coeficiente de la variable Costo de Viaje Total, sea negativo, indicando una relación inversa entre el costo de visitar el sitio y el número de viajes realizados por una familia o pareja en una temporada. Por lo que por cada Q1 que incremente el costo total de un viaje al sitio, la demanda esperada de viajes por recreación al Sendero Alux se verá disminuido el beneficio.

Por otro lado, se espera que el coeficiente de la variable X_4 sea signo positivo, esto significará que existe una relación directa entre el ingre-

⁴ Véase anexo 2.

so de la familia y el número de vistas al sitio. El valor del coeficiente significará que por cada incremento de Q1 en el ingreso de la familia, la demanda esperada por viajes se verá incrementada en x número de viajes.

Supuestos

El método de Costo de Viaje, parte de la premisa de que el tiempo y el dinero empleados para realizar el viaje al sitio bajo estudio representa el precio de acceso al mismo. Por consiguiente, la disposición a pagar para visitar el sitio se puede estimar a partir del número de visitas que realizan los visitantes del parque incurriendo en diversos costos de viaje.⁵

Los grupos de visitantes fueron eliminados de la muestra dentro de esta investigación, debido a que ninguna de las personas entrevistadas puede ser considerada como “maximizador de beneficios” del grupo, ya que no puede expresar el sentir de cada uno de los miembros que conformaban cada grupo.

⁵ Cristeche, Estela. Penna, Julio A. Método de Valoración Económica de los Servicios Ambientales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA-. Buenos Aires, Argentina. Enero 2008. Pág. 19.

Resultados

La muestra original fue de 184 personas, fue depurada para trabajar finalmente con 144 casos (véase Cuadro 1). Partiendo de la muestra total de 184 personas encuestas, la depuración se realizó siguiendo los siguientes procedimientos: Primero, se eliminaron 33 registros que correspondían a grupos; segundo, se excluyeron 7 boletas, cuyos valores eran atípicos⁶.

Cuadro 1. Integración de la muestra de 144 casos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
TOTAL	184
GRUPO	33
FAMILIAS Y PAREJAS	151
BOLETAS DATOS OUTLIER	7
MUESTRA DEPURADA	144

Costo viaje

El costo de viaje (CV) se estimó al sumar costo monetario del (C_1), más el costo de tiempo del viaje wt_1 .

El costo de viaje promedio fue para los 144 casos de Q.77.62, la mediana Q.70.75 y la moda Q.65.00. El costo de tiempo menor fue Q17.00 y el máximo Q.248.00.

Cuadro 2. Costo de viaje (CV) de 144 casos en quetzales

Costo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
17	1	0.7	0.7
18 - 63	59	41.0	41.7
64 - 109	57	39.6	81.3
110 - 156	20	13.9	95.1
157 - 202	5	3.5	98.6
203 y mas	2	1.4	100.0
Total	144	100.0	

Fuente: Encuesta del Proyecto de Readecuación de la formación Académica de la Economía con Enfoque de Economía Ambiental NPT/GTM/067. 2010.

⁶ Grubbs define como un valor atípico: Una observación periférica, u outlier.

Costo permanencia

El costo de permanencia (CP), se calculó sumando el costo monetario en el sitio (C_2) y el costo de tiempo en el sitio (wt_2). El costo de permanencia promedio fue para los 144 casos de Q.212.48, la mediana Q.206.04 y la moda Q. 39.00 (mayor frecuencia 3). El costo de permanencia menor fue Q.39.00 y el máximo Q.518.00.

Cuadro 3. Costo de permanencia (CP) de 144

Costo	Frecuencia	%	% acumulado
31 - 128	25	17.4	17.4
129 - 225	62	43.1	60.4
226 - 323	36	25.0	85.4
324 - 421	16	11.1	96.5
422 mas	5	3.5	100.0
Total	144	100.0	

Fuente: Encuesta del Proyecto de Readecuación de la formación Académica de la Economía con Enfoque de Economía Ambiental NPT/GTM/067. 2010.

Costo total viaje

El costo total de viaje (CVT), se integró sumando el costo de viaje (CV) más el costo de permanencia (CP). El costo total de viaje promedio fue para los 144 casos de Q.279.77, la

Cuadro 4. Costo total viaje de 144 casos en quetzales

Costo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
71 - 169	22	15.3	15.3
170 - 268	51	35.4	50.7
269 - 367	42	29.2	79.9
368 - 467	15	10.4	90.3
468 - 566	12	8.3	98.6
567 mas	2	1.4	100.0
Total	144	100.0	

Fuente: Encuesta del Proyecto de Readecuación de la formación Académica de la Economía con Enfoque de Economía Ambiental NPT/GTM/067. 2010.

mediana Q.266.58 y la moda Q.221.00. El costo total de viaje menor fue Q.73.00 y el máximo Q.665.00.

Modelo econométrico propuesto

Dentro de este capítulo, se presenta el modelo econométrico que se utilizó para estimar la demanda de viajes al parque Sendero de Alux. Modelo que pasó las pruebas de significancia óptimas. Otros modelos fueron evaluados y descartados por no ser significativamente relevantes.

Cuadro 43. Variables y coeficientes del Estimación del modelo econométrico distribución de Poisson para 144 casos, variable dependiente número de viajes X_{12}

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	1.071611	0.149233	7.180812	0.0000
CVT	-0.001205	0.000521	-2.313281	0.0207
R-squared	0.029430	Mean dependent var		2.104167
Adjusted R-squared	0.022595	S.D. dependent var		1.567675
S.E. of regression	1.549863	Akaike info criterion		3.424475
Sum squared resid	341.0947	Schwarz criterion		3.465722
Log likelihood	-244.5622	Hannan-Quinn criter.		3.441236
Restr. log likelihood	-247.3131	Avg. log likelihood		-1.698349
LR statistic (1 df)	5.501838	LR index (Pseudo-R2)		0.011123
Probability(LR stat)	0.018996			

Salidas obtenidas de Eviews versión 5, en inglés.

El modelo econométrico que se estableció corresponde a una distribución de Poisson, debido a la disposición de los datos obtenidos en la encuesta, se encontraban sesgados hacia la izquierda, además de ser una variable discreta el número de viajes (Véase la Gráfica 10).

El modelo obtenido para establecer la función de demanda de viajes al parque es:

$$X_{12} = e^{(1.071610501-0.00120472524*CVT)}$$

el cual cumple con los siguientes criterios:

El coeficiente de la variable independiente $X = CVT = -0.001205$, es negativo debido a que existe una relación inversamente proporcional en el precio o costo del viaje y el número de viajes efectuados; y

La variable independiente $X = CVT$ con aproximadamente un nivel de confianza del 98% (Prob. = 0.0207) (véase Cuadro 43).

El excedente del consumidor

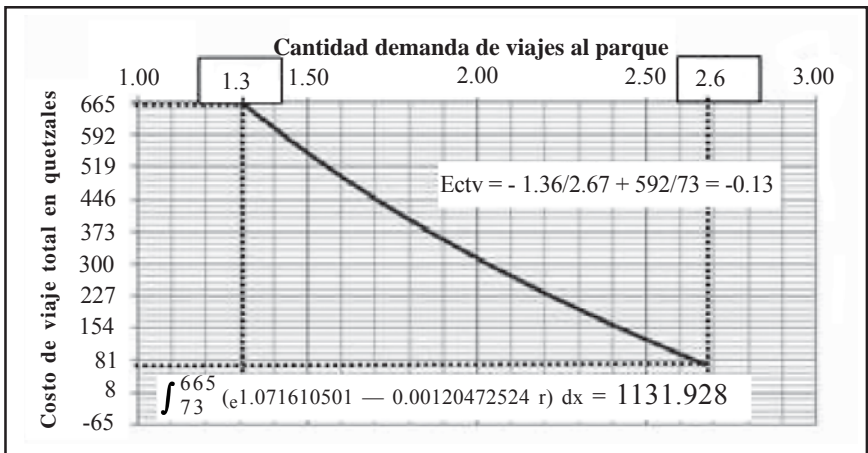
Para establecer el excedente del consumidor, se partió de la función de la demanda de viajes estimada que se menciona en el párrafo anterior. A esta función de demanda se le calculó su integral para determinar el área bajo la curva de demanda de viajes, delimitándose dicha integral con los valores máximos y mínimos de los costos de viajes registrados en la investigación de campo.

El excedente del consumidor representado por el área bajo la curva de demanda de viajes, se delimitó como límite superior el costo de viaje

máximo reportado de **Q.665** y el mínimo de **Q.73**, a estos costos de viaje les corresponde los precios implícitos de **Q. 1.31** y **Q. 2.63**, respectivamente.

Estimándose por lo tanto un excedente del consumidor de **Q.1,131.92** en el período de un año y por visitante (véase la Gráfica 1).

Gráfica 1. Excedente del consumidor y elasticidad de la cantidad de demanda de viajes E_{cvt}



Analisis de sensibilidad respecto a la tarifa de ingreso

La administración del parque Sendero de Alux tiene la opción de cambiar la tarifa para mejorar los ingresos y procurar la autosuficiencia financiera del parque.

Como puede observarse en el Cuadro 44, incrementar la tarifa ponderada de ingreso al parque en un 47.4 por ciento, solo tiene un impacto del -1.79% en la reducción del excedente del consumidor. Mientras que un aumento de casi el 200% en la tarifa ponderada de ingreso al parque, apenas tiene un impacto del -5.22% en el excedente del consumidor. Esto debido a la inelasticidad de la demanda, como se analizará en párrafos posteriores y además por el valor tan poco significativo de la tarifa en relación a los otros costos que integra el costo de viaje.

Cuadro 44. Analisis de sensibilidad del excedente del consumidor y los cambios en la tarifa

Tarifa Adulto ponderada %	Tarifa niño	Tarifa ponderada Excedente Consumidor EC	Tarifa ponderada EC	Δ Tarifa ΔEC	Δ Tarifa ΔEC%	
10	5	9.50	1,131.92			
15	5	14.00	47.37	1,119.93	-20.26	-1.79
20	10	19.00	100.00	1,106.66	-33.53	-2.99
25	10	23.50	147.37	1,094.80	-45.39	-4.10
30	10	28.00	194.74	1,083.00	-57.19	-5.22

Elasticidad de la demanda respecto al precio implícito

Para explicar la poca variación que sufre el excedente del consumidor debido a modificaciones del valor de la tarifa de ingreso al parque, se parte de la elasticidad⁷ de la demanda, la cual en el caso de esta investiga-

⁷ Salvatore, Dominick (1976). Define el «la cantidad de un artículo que se compra por unidad de tiempo es una función o depende, del precio de ese artículo, del ingreso en dinero, de los precios de otros artículos, gustos y preferencias y número de compradores [...]. Una modificación en cualquiera de estos factores producirá un cambio en la cantidad del artículo que se compra por una unidad de tiempo. La elasticidad de la demanda mide la sensibilidad relativa de la cantidad comprada por unidad de tiempo ante un cambio en cualquiera de los factores anteriores, manteniendo constante todos los demás». Pág. 42.

ción, se considera como una medida que muestra el grado de respuesta de la cantidad de viajes demandados ante variaciones porcentuales en los cambios en el precio implícito o costo de viaje total. Es decir: «La elasticidad $E_{cv} = \% \text{ variaciones en la cantidad de viajes demandados} , \% \text{ variaciones en el precio implícito (CVT)}\rangle\langle$ ».

A continuación se presentan las variables que intervinieron y los valores calculados para la estimación de la elasticidad de la demanda de viajes:

- a). $Q =$ Número de viajes;
- b). $P =$ Precio implícito o costo de viaje;
- c). $DQ = Q_2 - Q_1$, $Q_2 = 2.67$ y $Q_1 = 1.31 = 1.31 - 2.67 = -1.36$;
- d). $DP = P_2 - P_1$, $P_2 = 665$ y $P_1 = 73 = 665 - 73 = 592$; y
- e). $E_{cv} = DQ/Q_1 \cdot DP/P_1 = -1.36/2.67 \cdot 592/73 = -0.13$.

El valor estimado para la elasticidad (E_{cv}) de la demanda, fue de **-0.13**. Valor que se encuentra dentro del rango de $-1 < E_{cv} < 0$, por lo que es **INELÁSTICA**. Lo que expresa que los cambios porcentuales en el número de viajes son menores que los cambios porcentuales en el precio implícito o costo de viaje (véase el Cuadro 44).

Disposición de pago

Como puede observarse en el Cuadro 44, el 38.2% de las personas encuestadas no se encuentran dispuestos a pagar más de la tarifa actual y el 61.8% restantes, si estaban dispuestos a pagar más. El 50.7% de

los que pagaría más de la tarifa actual estaban dentro de un rango de Q.11.00 a Q.18.00. Por lo que la tarifa establecida debe estar contenida dentro de este rango de valores de tarifas.

Cuadro 7. Rango de incremento, en quetzales.

Rango incremento Tarifa	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
No.	55	38.2	38.2
Q.11 a Q.14	25	17.4	55.6
Q.15 a Q.18	48	33.3	88.9
Q.19 a Q.22	11	7.6	96.5
Q.23 y más	5	3.5	100.0
Total	144	100.0	

Fuente: Encuesta del Proyecto de Readecuación de la formación Académica de la Economía con Enfoque de Economía Ambiental NPT/GTM/067.2010

Seleccionándose por lo tanto como mejor medida de referencia, el promedio simple de las tarifas contenidas dentro del rango mencionado anteriormente y considerando la elasticidad de la demanda. Se establece por lo tanto, una tarifa de ingreso al parque de **Q.14.50 por adulto**.

Beneficios económicos del parque

El beneficio económico generado por el parque Sendero de Alux durante el año 2010, se obtuvo por medio de multiplicar el excedente del consumidor (Q.1,131.92) y el número de visitantes 32,715 (90.9% de adultos y el 9.1% de niños (as)). Por lo que el beneficio proporcionado por el parque como servicio ambiental a la sociedad se estimó en aproximadamente Q.33.7 millones en ese año.

Ingresos brutos del parque por cobro de tarifa

Los ingresos brutos estimados para parque de Sendero Alux durante el año 2010, se estableció en Q.312.3 miles, obtenido con las tarifas actuales y considerando la visita de 29,741 adultos y 2,974 niños (as).

Por otro lado, los ingresos brutos total estimados ascienden a Q.446.1 miles suponiendo un incremento de Q.4.50 a la tarifa de los visitantes adultos. Lo que generaría un ingreso bruto adicional de Q.133.8 miles para la administración, operación y seguridad del parque (véase el Cuadro 8).

Cuadro 8. Estimación de ingresos según tarifas

VISITANTE	TARIFAS	VISITANTE	%	INGRESOS TOTALES
A. TARIFAS RECOMENDADAS				
Adultos	14.50	29,741	90.9	431,245
Niños	5.00	2,974	9.1	14,870
Totales		32,715	100.0	446,115
B. TARIFAS VIGENTES				
Adultos	10.00	29,741	90.9	297,410
Niños	5.00	2,974	9.1	14,870
Totales		32,715	100.0	312,280
C=B-A Diferencia Adultos	4.50			133,835

Conclusiones

El costo total de viaje promedio fue para los 144 casos de Q.279.77, la mediana Q.266.58 y la moda Q.221.00. El costo total de viaje menor fue Q.73.00 y el máximo Q.665.00.

La función de demanda estimada, es igual a $X_{12} = e^{(1.071610501 - 0.00120472524 * CVT)}$, la cual presenta un signo negativo para el coeficiente del costo de viaje total y es una variable significativa ($\alpha = 0.02$), por lo que se concluye que es el modelo econométrico que puede explicar la demanda de viajes al parque en función del costo de viaje en el parque Sendero de Alux.

El beneficio económico generado por el parque en el año 2010, se obtuvo por medio de multiplicar el excedente del consumidor y el número de visitantes. Concluyéndose que el parque Sendero de Alux, generó en ese año, un beneficio total a la sociedad guatemalteca por servicios ambientales de Q.33.7 millones para ese año.

Como resultado de la inelasticidad de la demanda de viajes en relación al costo del viaje, se puede concluir que el precio de la tarifa puede incrementarse sin que ello tenga un impacto significativo en el diferencial entre lo que el visitante está dispuesto a pagar y lo que realmente estaría pagando si se incrementa la tarifa.

Finalmente se prueba la hipótesis que «La tarifa que debe cobrarse a los (as) visitantes al parque es superior a la tarifa actual». Ya que existe evidencia de una propensión de pago superior a la tarifa actual. Por lo que puede mejorarse la recaudación de fondos para cubrir el costo de operación, mantenimiento y vigilancia del parque.

Referencias bibliográficas

- Azqueta, D. 1994. El método de la valoración contingente. pp.157-182. In: Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill, Madrid, España. 299p.
- Azqueta, D. 1996. Métodos para la determinación de la demanda de servicios recreativos de los espacios naturales. Pp.51-72. In: Azqueta, D. y L. Pérez y Pérez (Ed). Gestión de espacios naturales: la demanda de servicios recreativos. McGraw-Hill, Madrid, España. 237p.
- Draper, Jean y Klingman Jane S. Matemáticas para Administración y Economía. Editorial Harper & Row Latinoamerica –Harla- 1976. México. Págs. 263-264.
- Cerda Urrutia, Arcadio, Vásquez Lavín Felipe y Orrego Suaza Sergio. Valoración Económica del Ambiente. Editorial Thomson 1ª. Edición Buenos Aires. 2007.
- Mogas Amoros, Joan. Ekonomiaz No.57. Métodos de preferencias reveladas y declaradas en la valoración de impactos ambientales. 3er. Cuatrimestre 2004.
- Decreto número 4-89. Ley de Áreas Protegidas y sus reformas. 7 de febrero de 1989
- Leal, J. 1996. Valoración económica de las funciones del medio ambiente, apuntes metodológicos. Santiago, Chile. CONAMA. Documento de trabajo N° 1, Serie Economía Ambiental. 52p.

Pearce, D. 1985. Economía del bienestar. pp.11-47 In: Economía Ambiental. Traducido por E. Suárez. Fondo de Cultura Económica, México D.F., México. 258p.

Romero Santizo, Marvin A.; Cardona Castillo, Hugo; Barrientos, Marino; y, Horbulyk. T. Valoración Económica del Lago de Atitlán. Tikalia, Volumen XXVIII No. 1-2010. Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Shao Stephen P. Ph. D. Estadística para economistas, y Administradores de Empresas. Editorial Herrero Hermanos, Sucs., S.A. Decimo quinta edición en español. México. Página 364 y 365.

Salvatore, Dominick. Teoría y problemas de microeconomía. McGraw-Hill. México. 1976. Pág. 42.

Webpage

http://www.geointeractivos.com/canopy/canopy_tours.html

<http://www.munisanlucas.com>



Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala

Autores:

José Vicente Martínez Arévalo¹

Mervin Pérez²

César Otoniel Rivera Mazariegos³

Mario Martín Velásquez Villatoro⁴

Recibido el 05-08-2013 / Aprobado el 17-09-2013

¹ Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, josevm2000@yahoo.com.

² Curador Herbario, Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala, ixmulej@yahoo.com.

³ Oficial, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN para San Marcos, Guatemala, ottoniel.rivera@iucn.org.

⁴ Investigador, Programa de Ecosistemas Frágiles, Instituto Nacional de Bosques, Guatemala, mariovelasquez_99@yahoo.com.

Resumen

La restauración ecológica es una alternativa viable para la recuperación de ecosistemas dañados. El objetivo de este artículo es dar a conocer los avances iniciales de restauración ecológica en un área de Guatemala uniendo los aspectos técnicos con los sociales. En el aspecto técnico se tiene información de experiencias locales de establecimiento de pinabete o abeto (*Abies guatemalensis* Rehder), con la ayuda de plantas nodrizas a diferencia de reforestaciones convencionales, poniendo de manifiesto lo importante de esta práctica en la recuperación de bosques a partir de parches. Junto a esto se ha trabajado en el tejido social de tal forma que se cuenta con la organización social local de base, dispuesta a cooperar en proyectos de este tipo.

Palabras claves: Restauración ecológica, experiencias locales, plantas nodrizas, organización de base, conservación.

Summary

Ecological restoration is a viable alternative for the recovery of damaged ecosystems. The aim of this paper is to present the initial progress of ecological restoration in an area of Guatemala joining the technical aspects with social. Technically there are information local experiences setting fir (*Abies guatemalensis* Rehder), with the help of nurse plants unlike conventional reforestation, highlighting the importance of this practice in recovering from forest patches. Alongside this has worked in the social fabric so that it has the base organization, willing to cooperate in such projects.

Key words: Ecological restoration, local experiences, nurse plants, base organization, conservation.

Introducción

Guatemala es considerado como uno de los países megadiversos en América continental (Islebe & Véliz, 2001; UNEP, 2010), en 108,889 km², contiene 14 zonas de vida según el sistema de Holdridge y 14 ecorregiones con base en la clasificación del Fondo Mundial de la Vida Silvestre. Sin embargo, muchos de los ecosistemas forestales están deteriorados, por la demanda de los recursos (Reyes, 2008), por ejemplo el cambio en el uso del suelo ha provocado la pérdida de cobertura forestal de 500,129 ha entre los años 2006 a 2010 (INAB, 2012), con una tasa de deforestación anual que oscila entre los 40,000 a 80,000 ha/año (SEGEPLAN, 2009; Zamora & Barrera, 2010). De estos ecosistemas, los bosques de altura, dominados por la especie endémica y en peligro de extinción de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), se presentan en pequeños parches 1-50 ha, el 96% de ellos en el occidente del país. Debido a tensionantes como el aumento de la frontera agrícola, pastoreo, incendios, extracción ilícita, entre otros (Velásquez, 2005) se ha generado reducción y fragmentación, además de la pérdida de diversidad biológica y servicios ecosistémicos. Otras consecuencias del manejo inadecuado de la tierra en las partes altas son las inundaciones y deslaves en las partes medias y bajas de las cuencas. Por ejemplo, la tormenta tropical Stan en 2005 provocó daños y pérdidas a nivel nacional valoradas en 7,511.2 millones de quetzales (SEGEPLAN, 2006), siendo la parte más afectada el área que se menciona en este artículo.

Por lo tanto, se podría considerar de urgencia nacional el promover procesos de restauración en este ecosistema, tomando en cuenta que es una

especie protegida en el Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés). Hay algunas acciones que contribuyen a la institucionalización de esta labor, entre las que está la reciente política y estrategia nacional de diversidad biológica que contempla como uno los ejes temáticos la conservación y restauración ecológica (CONAP, 2011).

De reconocerse que sin bien hay esfuerzos para recuperar áreas de borde de bosque con *A. guatemalensis*, se han realizado con los métodos convencionales de reforestación, que no han dado resultado positivo, ya que el establecimiento después de un año es inferior al 25%. Este bajo porcentaje se le atribuye principalmente al fenómeno de heladas producidas en la estación seca, que no es más que la deposición de hielo en las superficies. Por lo que nuevas técnicas que incluyan conceptos funcionales de restauración ecológica (SER, 2004) y conocimiento tradicional local, pueden aportar maneras prácticas en la recuperación de la estructura del ecosistema en términos de diversidad biológica y en el proceso funcional de servicios ecosistémicos.

El objetivo de este artículo es difundir las técnicas y procedimientos de restauración en los ecosistemas de coníferas utilizando conocimiento científico y local a través de un estudio de caso. Además mencionar el impacto social, económico y de conservación en términos de diversidad biológica y servicios ecosistémicos.

Materiales y métodos

El análisis realizado corresponde a las actividades de restauración ecológica en bordes de bosques de *A. guatemalensis*, de los cuales se estudiaron diez de los 41 que se localizan en el departamento de San Marcos en altitudes de 2,700 a 3,500 m (Fig. 1).

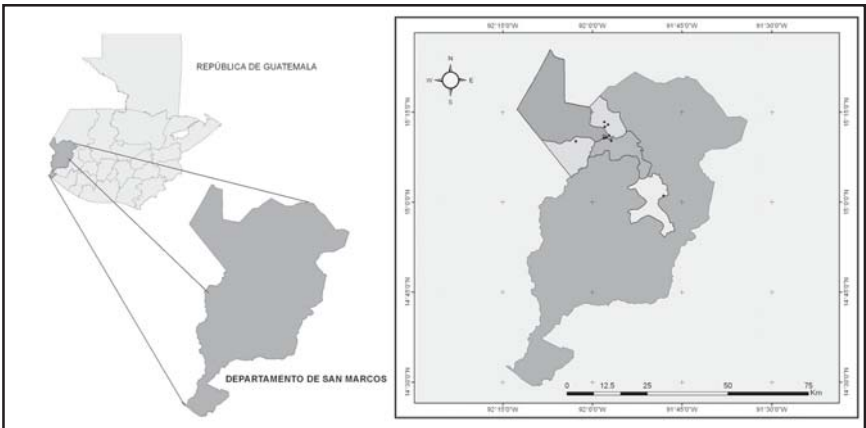


Figura 1. Mapa de Guatemala, mostrando el área de San Marcos donde crece *Abies guatemalensis*, los puntos negros en el lado derecho indican los lugares de investigación.

Figure 1. Guatemala map showing the San Marcos area where it the research sites.

En esta región nacen los ríos Coatán, Suchiate y Cuilco que proveen de diversos medios de vida para comunidades residentes en la parte fronteriza de Guatemala y México (IICA, 1995; Kauffer, 2010a, b).

Resultados y discusión

Condiciones actuales de la especie

El género *Abies* es un taxa predominantemente de bosques boreales con algunos casos hacia los bosques subtropicales de México y Guatemala, producto de los periodos interglaciares del Pleistoceno (Jaramillo-Correa et al., 2008). *Abies guatemalensis*, especie endémica para Guatemala, crece en las partes altas de 2,700 a 3,500m de altitud. Para 2008, se determinó que en el departamento de San Marcos, al occidente del país, se contaba con 41 bosques que cubren 1,791.39 ha, dichas áreas administradas por organizaciones comunitarias, municipales o privadas. La mayoría del bosque natural ha sido reducido a parches aislados dentro de un paisaje antropogénico. Sin embargo, es un especie protegida e incluida en el Apéndice I de la CITES desde 1979, también la Ley Forestal de Guatemala (artículos 34 y 99) y Ley de Áreas Protegidas regulan su manejo y conservación. Además actualmente la estrategia nacional para la conservación y protección del pinabete, describe los procesos de restauración ecológica como una herramienta funcional para su conservación (CONAP, 2010).

Los bosques de pinabete están fuertemente asociados con los pueblos que viven en sus cercanías y son estas comunidades las que manejan su

conservación. En Tacaná y San José Ojetenam en San Marcos, las comunidades a través de su comportamiento tradicional han desarrollado sus normas consuetudinarias para el bosque comunal Las Ventanas que ha permitido la conservación y manejo del mismo (UICN, 2009). Los bosques de pinabete en su mayoría se encuentran ubicados en las partes altas de la porción occidental y noroccidental de Guatemala, donde se registran los niveles más altos de natalidad, analfabetismo y pobreza. Si estos bosques se ven desde la perspectiva de conservación y a la vez de prestación de servicios ecosistémicos tangibles para la población (Eigenbrod et al., 2009), su valoración puede ser mejorpreciada y con resultados positivos a corto y largo plazo.

La necesidad de la restauración ecológica

El pinabete como especie endémica necesita de conservación y mejoramiento de sus ecosistemas, a lo cual puede contribuir el poner en marcha proyectos de restauración ecológica en sus partes circundantes. Es clara la fragmentación actual de estos bosques, que entre otros problemas ha provocado niveles de variación genética baja y altos niveles de endogamia dentro de poblaciones de *A. guatemalensis* (Aguirre-Planter et al., 2000), se esperaría que al establecer plantas de pinabete provenientes de otro acervo genético en el procesos de restauración, se pueda contribuir a disminuir esa endogamia en el largo plazo. Para una mejor intervención también es importante tener caracterizados estos parches y sus bordes para hacer una mejor intervención (Montenegro & Vargas, 2008).

Hay dos elementos que han contribuido en la disminución del establecimiento del pinabete: sobrepastoreo de ganado ovino y asentamientos humanos. El pastoreo de ovejas fue introducido a mediados del siglo XVI e incluido en el sistema económico de subsistencia y comercio local (MacLeod, 1980), es así que varios poblados se establecieron alrededor de esta actividad y sus nombres tienen relación con la dedicación a la producción ovina (Gall, 1978). El número de cabezas de ganado ovino en el área llegó a alcanzar hasta 2 millones en el siglo XIX (MacLeod, 1980), pero de 1950 a la fecha hay una disminución del 44%. En San Marcos, para el año 2003 únicamente se reportaron 130,871 cabezas que corresponde al 33% del total a nivel nacional (INE, 2005). Esta disminución en la cantidad de ganado ovino puede deberse al uso de telas sintéticas y por lo tanto la baja en la demanda por lana. Esta disminución aunada a programas de encierro (estabulamiento) de ovinos, ha permitido que las comunidades vayan excluyendo el pastoreo en el interior de los bosques, permitiendo que la sucesión vegetal se inicie naturalmente.

Aunque los esfuerzos de reforestación son periódicos (anualmente al inicio de las lluvias), el porcentaje de éxito resulta ser bajo. Lo anterior puede deberse a las condiciones de la época seca, poca cobertura de sotobosque y la frecuencia de heladas. Varios agricultores, a cambio han logrado aumentar el porcentaje de establecimiento hasta en un 80 a 85% (Martínez, 2011) al realizar el establecimiento asociado a especies de arbustos. Este método que incluye conocimiento tradicional y científico puede ser una herramienta funcional en el proceso de restauración de ecosistemas de altura.

Por ejemplo en la parte comprendida de 2,900-3,400 m de altitud, en áreas con crecimiento de especies arbustivas que funcionan como plantas nodriza, se ubicaron seis parcelas con 500 plantas de pinabete cada una. Después de un año, el porcentaje de pegue fue de $84\% \pm 5.42$ y en reforestaciones convencionales $24\% \pm 17.38$ (Martínez, 2011). Esto pone de manifiesto la importancia de no continuar con la realización de reforestaciones convencionales y cambiarlas por establecimiento de árboles con criterios ecológicos.

Asimismo, se ha investigado el proceso sucesional alrededor de parches de bosque de pinabete, identificando 85 especies relacionadas directamente y 35 más que crecen en áreas cercanas (Martínez, 2013). Varias pueden ser utilizadas como especies nodrizas en el proceso de restauración, entre las principales especies están: arrayan (*Baccharis vaccinioides* Kunth), mozote (*Acaena elongata* L.), chicajol (*Stevia policephala* Bertol), salvia (*Buddleia megalocephala* Donn.Sm.), malacate (*Symphoricarpos microphyllus* Kunt), lupinus (*Lupinus ehrenbergii* Schlecht.) y mora (*Rubus trilobus* Ser.). Los estadios sucesionales determinados pueden utilizarse en la restauración ecológica de la siguiente forma: 1) en las áreas donde no hay arbustos promover la siembra de plantas arbustivas a partir de estacas, semilla o plántulas de vivero; 2) en los estadios donde hay arbustos, utilizarlos como plantas nodrizas y establecer cerca de ellos árboles de varias especies; y 3) en aquellos estadios donde ya hay árboles, enriquecer con establecimiento del pinabete. Esta propuesta de intervención se considera que puede acelerar el pro-

ceso de restauración a la vez que simula el proceso natural de sucesión ecológica (Martínez, 2011).

Es importante notar que muchos agricultores y líderes de comités de microcuencia han empezado a tener experiencias de establecimiento de árboles de pinabete, con fines de conservación y para aprovechamiento en la época de navidad, esto utilizando criterios de restauración ecológica, que consiste en no realizar una limpia completa de sus áreas al momento de la siembra y utilizar arbustos ya establecidos, como plantas nodrizas. El porcentaje de pegue en esta modalidad, después de tres años de establecimiento es de $86\% \pm 6.29$, estos ejemplos están mostrando que la restauración ecológica es diferente a la reforestación tradicional que venían realizando donde los porcentajes de prendimiento habían sido muy bajos. Esto pone de manifiesto la importancia de no continuar con la realización de reforestaciones convencionales y cambiarlas por establecimiento de árboles con criterios ecológicos.

Aspectos sociales económicos y de conservación

En la región donde crece el pinabete hay una población aproximada de 75,000 habitantes. El Proyecto Tacana de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ha organizado Consejos de Microcuencia que están integrados principalmente por asociaciones, cooperativas y por los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES). Ellos tienen contemplado en su plan de manejo, proyectos de conservación y restauración de zonas de recarga hídrica, con la finalidad de

mantener los recurso actualmente utilizados (madera, agua potable y agua de riego).

Las parcelas piloto de restauración ecológica que se han establecido con estos grupos organizados, en colaboración con la UICN y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), además de los logros positivos en cuanto a porcentaje de establecimiento de árboles, también han servido para que algunos agricultores las registren como plantaciones voluntarias ante el Instituto Nacional de Bosques (INAB), que por medio del programa de incentivos a la reforestación, otorga una cantidad monetaria por la acción. Así es interesante notar que la restauración en el caso de *A. guatemalensis* tiene funcionalidad en dos sentidos, primero aprovechar los árboles directamente o por su ramilla en época de navidad y de esa manera mejorar sus condiciones económicas; y segundo permitir que parte de estos árboles se desarrollen con fines de conservación y contribuyan a la recarga hídrica de las microcuencas. Como apuntan Veluk (2010) y Strandby et al. (2008), es importante considerar esta dualidad de utilidad, que funciona como palancas en el proceso de desarrollo comunitario y la conservación de los recursos naturales que contribuyen a los capitales social y político local. Siguiendo los criterios de Clewell y Aronson (2006), se identifican al menos tres motivaciones para la restauración ecológica de estos ecosistemas, a) el razonamiento biótico por recuperar la biodiversidad de estos bosques, b) el razonamiento heurístico que procura unir los criterios ecológicos con los bióticos y c) la motivación pragmática que persigue a través de la recuperación de ecosistemas

obtener una amplia gama de servicios y productos naturales de la que dependen las economías humanas y para contrarrestar extremos en el clima causados por la pérdida de ecosistemas.

Aunque el concepto de restauración ecológica como tal no es aun suficientemente claro en los planes de manejo comunitario y municipal, la alianza entre científicos y comunitarios está generando metodologías funcionales en la restauración del ecosistema de coníferas de altura. Actualmente se continúa con la investigación de campo para demostrar las bondades de la aplicación de restauración ecológica. La restauración ecológica permite hacer incidencia con las municipalidades y organizaciones locales y a nivel nacional en las instituciones que tienen que ver con las políticas de conservación y reforestación. También es importante desde ahora hacer evaluaciones económicas que permitan cuantificar el valor de la restauración ecológica y su rentabilidad económica y social (Robbins & Daniels, 2012).

Conclusiones

El caso de restauración ecológica que se expone está en su primera fase de implementación, sin embargo puede notarse que en estos proyectos es necesario conjuntar los conocimientos científicos tecnológicos con los aspectos sociales que permitan la participación directa de las comunidades en el proceso.

En la restauración ecológica tanto la motivación biótica como la económica deben de enlazarse de tal forma que la estructura y función del ecosistema sirvan de beneficio para prestar servicios económicos a las comunidades locales, en este caso *A. guatemalensis* puede servir para los propósitos de conservación y utilización.

Literatura citada

- AGUIRRE-PLANTER, E.; FURNIER, G.R. & EGUIARTE L.E. Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among populations of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *American Journal of Botany*, 87(3): 362-371, 2000.
- CONAP. Estrategia nacional para la conservación del pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), 2008-2017. Guatemala, CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), 2010. 106 p.
- CONAP. Política Nacional de Diversidad Biológica. Guatemala, CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), 2011. 41 p.
- CLEWELL, A.F. & ARONSON J. Motivations for the Restoration of Ecosystems. *Conservation Biology*, 20(2): 420-428, 2006.
- EIGENBROD, F.; ANDERSON B.J.; ARMSWORTH P.R.; HEINEMEYER A.; JACKSON S.F.; PARNELL M.; THOMAS C.D. & GASTON K.J. Ecosystem service benefits of contrasting conservation strategies in a human-dominated region. *Proceedings the Royal Society Biological Science*, 276: 2903-2911, 2009.
- Gall, F. Diccionario Geográfico de Guatemala, Tomo II. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional, 1978. 1999 p. CD ROM.
- IICA. Diagnóstico preliminar de las cuencas fronterizas México-Guatemala. Cuencas de los ríos Suchiate, Coatan, Cuilco, Selegua y Nenton. San José, Costa

Rica, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 1995.190 p.

INAB. Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010. Guatemala, INAB (Instituto Nacional de Bosques), CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), UVL (Universidad del Valle de Guatemala), URL (Universidad Rafael Landívar), 2012.114 p.

INE. Número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca censal y del productor(a) agropecuario. Tomo IV. IV Censo Nacional Agropecuario, Guatemala, INE (Instituto Nacional de Estadística), 2005. 365 p.

Islebe, G.A. & Véliz P., M.E. Guatemala. In Kappelle M. & Brown A. eds. Bosques Nublados del Neotrópico. San Pedro de Heredia, Costa Rica, Editorial INBio, Instituto Nacional de Biodiversidad, 2001. p. 231-242.

Jaramillo-Correa, J.P.; Aguirre-Planter, E.; Khasa, D.P.; Eguiarte, L.E.; Piñero, D.; Furnier, G.R. & Bousquet J. Ancestry and divergence of subtropical montane forest isolates: molecular biogeography of the genus *Abies* (Pinaceae) in Southern México and Guatemala. *Molecular Ecology*, 17: 2476-2490, 2008.

Kauffer, E.F. La cuenca del río Suchiate: entre inundaciones y movilidad de la frontera México-Guatemala. In Cotler, H. ed. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México DF, México, Instituto Nacional de Ecología, 2010a. p. 198-200.

- Kauffer, E. F. La cuenca del río Coatán: entre inundaciones y escasez, un escenario complejo para la cooperación México-Guatemala. In Cotler H. ed. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México DF, México, Instituto Nacional de Ecología, 2010b. p. 201-202.
- MacLeod, M. Historia socioeconómica de la América Central Española 1520-1720. Guatemala, Piedra Santa, 1980. 522 p.
- Martínez, J.V. Evaluación y caracterización de la sucesión vegetal secundaria y propuestas para la restauración ecológica alrededor de áreas con pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en San Marcos. Informe final proyecto FODECYT 055-2009. Guatemala, Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología, 2011. 143 p.
- Martínez, J.V. Plantas asociadas a los bosques de *Abies guatemalensis* (Pinaceae) del occidente de Guatemala. Rev. Biol. Trop., 61(1): 321-333, 2013.
- Montenegro, A.L. & Vargas O. Caracterización de bordes de bosque alto Andino e implicaciones para la restauración ecológica en la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). Rev. Biol. Trop., 56(3): 1543-1556, 2008.
- Reyes, R. Biodiversidad y amenazas. In Azurdía, C.; García, F. & Ríos, M. eds. Guatemala y su biodiversidad. Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico, Documento técnico 67(06-2008). Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2008. p. 497-556.
- Robbins, A.S.T. & Daniels, J.M. Restoration and economics: a union waiting to happen? Restoration Ecology, 20(1): 10-17, 2012.

- SEGEPLAN. Plan de reconstrucción tormenta Stan. Guatemala, SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación), 2006. 29 p.
- SEGEPLAN. Análisis del cumplimiento del objetivo de desarrollo del milenio relativo a la “Sostenibilidad del medio ambiente” en Guatemala y determinación de acciones y costos para alcanzar las metas al año 2015”. Guatemala, URL-IARNA (Universidad Rafael Landívar-Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente) y SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación), 2009. 105 p.
- SER. The SER primer on ecological restoration. SER (Society for Ecological Restoration, Science & Policy Working Group), Tucson, Arizona, USA. 2004. Disponible en www.ser.org/. Consultada 8 de noviembre 2008.
- Strandby, U.; Prado C., J.P.; Nielsen U.B.; Olsen, C.S.; Sørensen C.N.M. & Kollmann, J. Conservation through utilization: A case study of the vulnerable *Abies guatemalensis* in Guatemala. *Oryx*, 42(2): 206-213, 2008.
- UICN. Caso sistematización de normas consuetudinarias para bosque comunal Las Ventanas. Guatemala, San Marcos, Proyecto Tacana, UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), 2009. 18 p.
- UNEP. Conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica Décima reunión Convenio sobre diversidad biológica. Nagoya, Japón. UNEP/CBD/COP/10/27, 2010. 368 p.
- Velásquez V., M. 2005. La sucesión ecológica una opción para recuperar áreas de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala. en www.dama.gov.co. Consultada el 15 mayo 2010.

Veluk, F. Restauración del paisaje forestal y planificación participativa como herramientas para la transformación del territorio y medios de vida en el altiplano de San Marcos, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, Tesis de Maestría, Escuela de Posgrado CATIE, 2010.182 p.

Zamora, R. & Barrera I. Diagnóstico y Marco de Referencia de la Estrategia y Plan de Acción para el Desarrollo Foresto-Industrial de Guatemala. Guatemala, UICN-FAO, 2010. 115 p.



REVISTA TIKALIA



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

La **Revista Tikalia** es editada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC). Se publica semestralmente.

En la revista se publican trabajos originales de contribución técnico-científica (artículos) en el campo de las ciencias sociales, biológicas, agrícolas y forestales; en las áreas de: desarrollo rural, conservación de la biodiversidad y medio ambiente, manejo y mejoramiento de plantas, protección de plantas, ingeniería agrícola, manejo de suelo y agua, administración y comercialización agrícola, silvicultura, tecnología y utilización de productos forestales. Así mismo se publican trabajos de revisión bibliográfica, únicamente a invitación del Consejo Editorial.

Exclusivamente se presentan trabajos escritos en idioma Español para su publicación, los mismos serán evaluados

en su contenido científico-tecnológico por el Consejo Editorial de la Facultad de Agronomía, quien podrá invitar “referees” anónimos, dependiendo de la naturaleza del artículo presentado. Los trabajos pueden aprobarse sin correcciones, sujetos a correcciones, o no ser aceptados para su publicación.

POLÍTICA EDITORIAL

Mantener conducta ética en relación a la publicación y a sus colaboradores, rigor con la calidad de los artículos científicos y revisiones bibliográficas, integrar el Consejo Editorial con profesionales de calidad científica y ética con carácter imparcial en el proceso de análisis de los trabajos.

PÚBLICO OBJETIVO

Comunidad nacional e internacional vinculada con las ciencias agrícolas y forestales o campos afines. Estudiantes de licenciatura, postgrado y Profesores de las ciencias agrícolas y forestales.

FORMA Y PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos deben presentar las siguientes características: espacio 1,5; papel tamaño carta (21.59 x 27.94mm), con márgenes superior, inferior, izquierda y derecha de 2,5cm;

fuelle Arial 12; y con tener un máximo de 10 páginas, incluyendo cuadros y figuras.

En la primera página deberá con tener el título del trabajo, el resumen y las palabras clave. En los trabajos en Español, los títulos de cuadros y figuras deberán ser escritos también en inglés; y para los artículos en Inglés en Español. Los cuadros y figuras deberán ser numerados con números arábigos consecutivos y aparecer referidos en el texto.

Los títulos deben identificarse con números arábigos y escribirse con letras mayúsculas (en negrita); los subtítulos, sí necesarios, deben identificarse con dos números arábigos (ejemplo: 1.1) y escribirse con letra inicial mayúscula (en negrita).

Los títulos de las figuras deberán aparecer en la parte inferior antecidos de la palabra “Figura” seguida de su número de orden (en negrita). Los títulos de los cuadros deberán aparecer en la parte superior y ser antecidos de la palabra “Cuadro” seguida de su número de orden (en negrita).

En la figura, la fuente (sí es pertinente) debe de escribirse por arriba del título, sin punto final; en el Cuadro, en la parte inferior y con punto final. Las figuras deberán estar exclusivamente en escala de grises elaboradas en Microsoft

Excel. A las fotografías se aplican los mismos criterios que para las figuras, deben estar en formato JPG.

Los trabajos deben presentarse de acuerdo con el siguiente esquema: TÍTULO en Español, RESUMEN (seguido de palabras clave), TÍTULO DEL ARTÍCULO en Inglés, ABSTRACT (seguido de key words); 1. INTRODUCCIÓN (incluyendo revisión de literatura); 2. MATERIAL Y MÉTODOS; 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN; 4. CONCLUSIONES; 5. AGRADECIMIENTOS (si pertinente); y 6. LITERATURA CITADA, alineadas a la izquierda.

ENVÍO DE TRABAJOS (ARTÍCULOS Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)

Para enviar un trabajo para publicación el o los autores pueden hacerlos llegar al Consejo Editorial, por vía electrónica a: ceditorialfausac@gmail.com El Consejo Editorial le notificará sobre la recepción de su trabajo.

Recomendaciones de edición:

Presentación

Los trabajos deben iniciarse con el título, luego abajo colocar los apellidos y nombres del o los autor(es). En esa misma hoja, como pié de página, los títulos y el cargo y lugar de trabajo del o los autor(es).

Título: Conciso e indicar el contenido del trabajo.

Resumen: Presenta una frase introductoria que justifica el trabajo, describe lo que fue estudiado, presenta los principales resultados y conclusiones. Es seguido de las palabras clave.

Abstract: Consiste en la traducción del resumen al idioma Inglés. Es seguido de key words.

Introducción: Breve, esclareciendo la problemática estudiada, plantea hipótesis con base en revisión bibliográfica y finaliza con la indicación del objetivo del trabajo.

Material y métodos: reúne la información necesaria para la reproducción del trabajo por otros investigadores, los diferentes métodos deben referenciarse con base en la bibliografía.

Resultados: Presentación concisa de resultados, incluye cuadros, figuras y fotos.

Discusión: Análisis y discusión de los resultados obtenidos con base en la información bibliográfica.

Conclusión: Con base en la información discutida.

Agradecimiento(s): Sucinto(s), no deben aparecer en el texto. Opcional(es).

Literatura citada: incluye solo las referencias citadas en el texto. Ejemplos:

Periódicos científicos: Nombre de todos los autores, Título del artículo. Título abreviado del periódico, volumen: páginas inicial y final, año de publicación. Ejemplo:

KERN, J.S. & JOHNSON, M.G. Conservation tillage impacts on national soil and atmosphere carbon levels. Soil Sci. Soc. Am. J., 57: 200-210, 1993.

Libro: Autores. Título de la publicación. Número de edición. Local, Editora, año de publicación. Número de páginas. Ejemplo:

FISHER, R.F. & BINKLEY, D. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2000. 489p.

Participación en obra colectiva: Autores. Título de la parte referenciada seguida de In: Nombre del editor. Título de la publicación, número de edición. Ciudad de Publicación, Editorial, año. Páginas inicial y final. Ejemplo:

Capítulo de libro:

ECK, H.V. & STEWART, B.A. Manures. In: RECHCIGL, J.E., ed. Soil amendments and environmental quality. 2.ed. Florida, CRC press, 1995. p.169-198.

Publicación en Memorias:

VETTORI, L. Ferro “livre” por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.


CD-ROM

LIMA, P.C.; MOURA, W.M.; LIMA, W.A.; HIZUMI, S.; MATOS, E.S.; PENNA, B.A., PERTEL, J. Avaliação de leguminosas utilizadas na adubação verde de cafezais orgânicos na zona da Mata de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 4., 2005. Memórias. Londrina, PR., EMBRAPA, 2005. CD-ROM

Internet:

Cambio climático y calentamiento global en:< <http://www.cambioclimaticoglobal.com>.> Consultada el 13 julio 2007.

La literatura citada en el texto se presenta como: Fisher & Binkley (2000) o (Fisher & Binkley, 2000). Cuando se trata de más de dos autores usar la forma reducida (Hedley et al., 1982). Cuando se trate de más de dos obras del mismo autor en el mismo año, identificar con letras minúsculas. Ejemplo: Martens, 2002a,b.

Revista  se terminó de imprimir en el mes de octubre de 2013, en los talleres de Editora Arizandieta, con una tirada de 500 ejemplares en papel bond beige de 80 gramos.