

# AN OPTION VALUE ANALYSIS OF THE MONARCH BUTTERFLY FORESTS

## UN ANALISIS DE VALOR DE OPCION SOBRE LOS BOSQUES DE LA MARIPOSA MONARCA

Antonio Kido<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Economía. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México.  
(ankido@colpos.mx)

### ABSTRACT

This study compares the timber and amenity value of a particular forest, and questions whether or not harvesting a larger area of a special biosphere reserve of the monarch sanctuary is more or less efficient from an economic perspective. Results show that, when only use value is taken into account, amenity value will exceed the critical amenity value, suggesting that larger exploitation should not be allowed.

**Key words:** Amenity value, critical amenity value, timber value.

### INTRODUCTION

Forests have two types of values: that of the harvested timber and the value of a preserved wilderness area. The value of preservation can be divided in use value (recreation) and those that stem from protection flooding and preservation of wildlife. All of them can be, globally, referred to as amenity value (Reed, 1993). This amenity value presents greater uncertainty regarding its future benefits to society. Therefore, harvesting a forest eliminates the annual dividend of its amenity value. The biosphere of the monarch sanctuary was declared a reserve area on October 9<sup>th</sup>, 1986. (Diario Oficial de la Federación, 1986). In 1999 the owners of the land asked the Mexican government to change the extension of the protected area. The specific proposal was to reduce it from 16 110 to 12 500 ha. With such a measure, the ejidatarios could use the difference for forestry. The petition to decrease the area argued the necessity of increasing the income from the forests and decreasing illegal forestry activities in the zone. The 1986 decree was revised in 2000. In November 10<sup>th</sup>, 2000, a new presidential decree established a total area of 56 259 ha for the biosphere, (Diario Oficial de la Federación, 2000). The former area (16 110 ha) was increased to 56 259 ha, of which 14 000 were considered core zones where no human activity would be allowed, while the remaining area (42 000 ha) are considered buffer zones where ejidatarios are allowed to extract a certain amount of timber from the forests, using government permits during the months when the monarch is not present.

The expansion of the protected area increased landowner's protests, and also the risk of illegal extraction

### RESUMEN

En este estudio se compara el valor forestal y el valor recreativo de un bosque en particular, y se discute la conveniencia de explotar una mayor área de ese bosque, considerado como reserva especial de la biosfera de la mariposa monarca. Los resultados señalan que, sólo considerando el valor recreativo como valor de amenidad del bosque, este valor excede un valor crítico que sugiere que no debe alentarse una política de mayor explotación forestal en esta reserva.

**Palabras clave:** Valor de amenidad, valor crítico de amenidad, valor forestal.

### INTRODUCCIÓN

Los bosques representan dos tipos de valores: el valor comercial de la madera que estos bosques generan y el valor de preservarlos como área natural. El valor de preservación puede dividirse en un valor de uso (recreación) y aquellos valores que se derivan del control de inundaciones y preservación de vida animal. Estos valores en conjunto pueden considerarse como el valor de amenidad que un bosque genera (Reed, 1993). Este valor de amenidad tiene una mayor incertidumbre en relación con sus beneficios futuros para la sociedad. Por tanto, explotar un bosque elimina el dividendo anual de su valor de amenidad. La biosfera del santuario de la mariposa monarca fue declarada zona de reserva el 9 de Octubre de 1986 (Diario Oficial de la Federación, 1986). En 1999, los propietarios promovieron un programa de cambio en la delimitación del área de reserva. La propuesta específica fue reducir la zona de reserva de 16 110 a 12 500 ha. De esta manera, los ejidatarios podrían usar el área restante para explotación forestal con la intención de incrementar ingresos y disminuir la tala ilegal de madera. El decreto de 1986 fue revisado en el año 2000, y en Noviembre 10 de ese mismo año, un nuevo decreto presidencial estableció un área de reserva de 56 259 ha (Diario Oficial de la Federación, 2000), de las cuales 14 000 se consideran zonas primarias, en las que no se permite ningún tipo de explotación del bosque y 42 000 se consideran zonas aledañas, donde los ejidatarios tienen derecho de realizar actividades de extracción de madera durante los meses en que la monarca no hiberna en los bosques.

of wood. After the 2000 decree, year after year, media coverage continued the discussion of this issue. Two opposite positions prevail. The landowners claim for a larger forest exploitation area, while the environmentalist groups demand a greater protection of the forest. The objective of this paper was to determine and compare harvest benefits and amenity value of the biosphere reserve of the monarch butterfly.

The biosphere of the monarch butterfly has a total area of 56 259 ha and it is located in portions of the states of Michoacán and México. This reserve includes 11 municipalities: Angangueo, Aporo, Contepec, Ocampo, Senguio, Tlalpujahua and Zitácuaro in the state of Michoacán; and Donato Guerra, San Felipe, Temascalcingo, and Villa de Allende in the state of México. The biosphere has, currently, five sanctuaries open to visitors: Cerro Altamirano, Sierra Chincua, El Campanario, Cerro Chivati, and Cerro Pelón. However, since data on visitors for the 1985-2002 period exists only for the Campanario Sanctuary, the analysis of visitation will be done only for this sanctuary.

## MATERIALS AND METHODS

Assuming that all benefits and costs are considered in the conservation option of the forest management, there is an important part of the benefits which is often ignored. Consequently, there is an increasing conversion of natural areas to other uses where natural habitat and environmental functions are destroyed. The option value approach is used to determine whether or not to preserve a forest with a known timber value and uncertain future amenity value. Option value takes into account two characteristics that are common to many investment decisions: irreversibility, and the ability to delay a decision. Making an irreversible investment decision has an opportunity cost that must be considered if the desirability of the investment is to be correctly evaluated. (Forsyth, 2000).

### Logistic or geometric process

This paper makes an application of Conrad (1997) and Forsyth (2000) examples of a wilderness area in a developing country. Therefore, the first step is to determine what process amenity value in the biosphere follows. A Dickey-Fuller test was performed on a data series of visitors of the sanctuary El Campanario located in the Michoacán State, one of the five sanctuaries included in the biosphere. The data series include 18 years, beginning with the 1984-85 season, when 7 500 visits were registered in the visitor's book of the sanctuary, (Table 1).

The regression model for testing geometric brownian motion was:

La expansión de la zona de reserva incrementó la in-conformidad de los ejidatarios y también el riesgo de una mayor extracción ilegal de madera. Después de este decreto del año 2000, año tras año ha continuado la discusión pública sobre este asunto. Prevalecen dos posiciones opuestas: por un lado, los propietarios demandan una mayor extensión de área forestal para su explotación y, por otro, los grupos ambientalistas demandan mayor protección del bosque. El objetivo de este estudio es determinar y comparar los beneficios generados por la actividad forestal y los de amenidad de la reserva de la biosfera de la mariposa monarca.

La biosfera de la mariposa monarca tiene un área total de 56 259 ha localizadas en los Estados de Michoacán y México. Esta reserva incluye 11 municipios: Angangueo, Aporo, Contepec, Ocampo, Senguio, Tlalpujahua y Zitacuaro en el Estado de Michoacán; y Donato Guerra, San Felipe, Temascalcingo y Villa Allende en el Estado de México. Esta reserva tiene, en la actualidad, cinco santuarios abiertos al público; Cerro Altamirano, Sierra Chincua, El Campanario, Cerro Chivati y Cerro Pelón. Sin embargo, dado que sólo existen datos sobre visitantes para el período 1985-2002 para el santuario El Campanario, el análisis se limitará a éste.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Suponiendo que se consideran todos los costos y beneficios en la opción de conservación del manejo de un bosque, hay una parte importante de los beneficios que a menudo se ignoran. En consecuencia, hay una creciente

**Table 1. Visitors to the sanctuary El Campanario. Michoacán, México.**

**Cuadro 1. Visitantes al santuario El Campanario. Michoacán, México.**

| season | visitors | ln (visitors) |
|--------|----------|---------------|
| 1985   | 7 500    | 8.92          |
| 1986   | 8 000    | 8.99          |
| 1987   | 30 000   | 10.31         |
| 1988   | 41 644   | 10.64         |
| 1989   | 39 434   | 10.58         |
| 1990   | 70 000   | 11.16         |
| 1991   | 73 182   | 11.20         |
| 1992   | 39 083   | 10.57         |
| 1993   | 57 216   | 10.95         |
| 1994   | 56 547   | 10.94         |
| 1995   | 101 487  | 11.53         |
| 1996   | 101 979  | 11.53         |
| 1997   | 98 435   | 11.50         |
| 1998   | 158 072  | 11.98         |
| 1999   | 166 457  | 12.02         |
| 2000   | 168 869  | 12.04         |
| 2001   | 120 000  | 11.70         |
| 2002   | 97 725   | 11.49         |

Source: Sanctuary record book. Several years.

$$\ln R_t - \ln R_{t-1} = \alpha + \beta T + (\rho - 1) \ln R + \varepsilon \quad (1)$$

where  $R$  is the number of visitors and  $T$  refers to time. Using the data from 1985 to 2002 the null hypotheses were rejected. This means that the geometric brownian proceses was rejected. The  $\beta$  estimator was statistically different from zero ( $p \leq 0.01$ ), and  $\rho$  different from one ( $p \leq 0.01$ ).

### Models

The stochastic process for amenity value is modeled as a logistic process in this paper, even though a geometric process can also be used. When amenity value is defined as user value only, it can be assumed that amenity value follow a logistic process, with a maximum limit in that value plus a variance, growing both linearly with time.

$$dA = rA (1 - A/A_{\max}) dt + \sigma dz \quad (2)$$

where  $A$  is amenity value,  $r$  the discount rate, and  $A_{\max}$  the maximum expected amenity value.

The relevant equations are:

$$\delta V(A) = A + (1/dt) E_t [dV(A)] \quad (3)$$

where  $\delta$  is the instantaneous discount rate, and the second term on the right hand is an expected capital gain. This equation tells us that the owners of the forest must receive a return equal to  $A$ , plus the expected capital gain and this value must equal, in equilibrium, what they would receive if they sold the forest and put the proceeds in the bank at rate  $\delta$ . The following equation indicates the rules of thumb for harvesting or conserving a forest.

$$\delta V(A) = A + \mu AV'(A) + (\sigma^2/2)A^2V''(A) \quad (4)$$

The homogeneous portion has a solution which takes the form:

$$V_H(A) = k_1 A^{-\alpha} + k_2 A^\beta \quad (5)$$

Where  $k_1$  and  $k_2$  are constants, and  $\beta$  and  $\alpha$  are defined as:

$$\beta = (1/2 - \mu/\sigma^2 + [(1/2 - \mu/\sigma^2)^2 + 2\delta/\sigma^2]^{1/2}) \quad (6)$$

$$-\alpha = (1/2 - \mu/\sigma^2 - [(1/2 - \mu/\sigma^2)^2 + 2\delta/\sigma^2]^{1/2}) \quad (7)$$

If  $\delta < \mu$ , it will never be optimal to cut the forest. For  $\delta > \mu$  there will exist a critical lower bound for amenity value, denoted  $A^*$ . If amenity value ever drops to this level, it would be optimal to cut the forest.

$$A^* = \alpha (\delta - \mu) N / (\alpha + 1) \quad (8)$$

conversión de áreas naturales a otros usos, en los que el hábitat natural y las funciones ambientales se destruyen. El análisis de valor de opción se usa para determinar la conveniencia de preservar o no un área boscosa, con un valor comercial conocido de la extracción de madera y un valor de amenidad incierto. Este análisis toma en cuenta dos características que son comunes a muchas decisiones de inversión: la irreversibilidad y la capacidad para retrasar una inversión. La toma de una decisión irreversible tiene un costo de oportunidad que debe considerarse, si se desea evaluar correctamente la deseabilidad de la inversión (Forsyth, 2000).

### Proceso logístico o geométrico

En este estudio se hace una aplicación de la metodología utilizada por Conrad (1997) y Forsyth (2000) para un caso de estudio de áreas naturales en un país en desarrollo. Por tanto, el primer paso es determinar qué proceso de crecimiento sigue el valor de amenidad de la biosfera. Se aplicó la prueba de Dickey-Fuller sobre la serie de datos de visitantes al santuario del El Campanario, uno de los cinco incluidos en la biosfera. La serie incluye 18 años, iniciando con la temporada 1984-85 cuando se registraron 7500 personas en el libro de visitas del santuario, (Cuadro 1).

El modelo de regresión para probar crecimiento geométrico browniano fue:

$$\ln R_t - \ln R_{t-1} = \alpha + \beta T + (\rho - 1) \ln R + \varepsilon \quad (1)$$

donde  $R$  es el número de visitantes y  $T$  el tiempo. Usando los datos de 1985 a 2002, se rechazaron las hipótesis nulas, lo que significa que se rechazó el proceso geométrico browniano. El estimador para  $\beta$  fue estadísticamente diferente de cero ( $p \leq 0.01$ ) y  $\rho$  fue diferente de uno ( $p \leq 0.01$ ).

### Modelos

El proceso estocástico para el valor de amenidad se modela bajo un proceso logístico en este artículo, aunque podría usarse también un proceso geométrico. Cuando el valor de amenidad se define sólo como valor del usuario, puede suponerse que aquel sigue un proceso logístico, con límite máximo en ese valor más una varianza, ambos incrementándose linealmente en el tiempo:

$$dA = rA (1 - A/A_{\max}) dt + \sigma dz \quad (2)$$

donde  $A$  es el valor de amenidad,  $r$  la tasa de descuento y,  $A_{\max}$  el máximo valor esperado de amenidad.

Las ecuaciones relevantes son:

Equation (8) gives the critical value, and  $N$  represents the forestry value. This critical value may be interpreted as the minimum amenity value necessary to justify continued preservation from a social point of view (Conrad, 1997).

For estimation purposes the following regression model was used to get the relevant estimators of the critical amenity value with ordinary least squares, and it responds to the idea of estimation amenity value for only one period of time.

$$(V_{t+1} - V_t) / V_t = r (1 - V_t / V_{\max}) + \varepsilon_t \quad (9)$$

where  $V$  is the number of visitors to the sanctuary,  $V_{\max}$  the maximum number of visitors allowed in it,  $r$  is the drift rate in discrete time, and  $\varepsilon_t$  is normally distributed with mean zero and standard deviation  $\sigma$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Carrying capacity

It is thought that crowdedness and congestion of any place makes it less enjoyable (Cornes and Sandler, 1986). The idea is that when more visitors are in a forest, less amenity value is assigned to it. A calculation of the maximum allowable number of tourists in the sanctuary El Campanario was made, taking into account some basic elements. The length of the trail is 2500 m, 5000 m with the return trip. With a width of 3 m it was assumed that 11 people per group can easily walk on the trail, leaving a distance of 100 meters between each group. Each person, when walking, occupies 1 m<sup>2</sup>, so that each group needs 11 m<sup>2</sup>. According to these numbers, the optimal number of people at the same time on the trail is about 227 (2500/11). The sanctuary is open nine hours each day, (from 9 to 18 h) and each visit takes 1:30 h, so different groups can walk the trail six times. Multiplying the number of times a group can walk the sanctuary by the total number of visitors at each time, we can obtain the optimal number of visitors per day in the sanctuary. In this example 1363 people were estimated as the optimum number. Because the sanctuary is open from November to March each season, the carrying capacity of the sanctuary would be about 181 146 persons.

### Willingness to pay

In a contingent valuation, 353 surveys were conducted in the sanctuary in March, 2002, asking people about their willingness to pay to protect and conserve the sanctuary El Campanario. Fifteen surveys were dropped because of inconsistencies in the income reported, remaining 338. From these 338, 97 (28.6%) represented bid responses. According to Loomis (1997) nonresponse rates of 20 to

$$\delta V(A) = A + (1/dt) E_t [dV(A)] \quad (3)$$

donde  $\delta$  es la tasa instantánea de descuento y el segundo término de la derecha representa la ganancia esperada del capital. Esta ecuación nos señala que los propietarios de los bosques deben recibir una tasa de retorno de inversión igual a  $A$ , más una ganancia futura y este valor debe ser igual, en equilibrio, a lo que recibirían si vendieran sus bosques e invirtieran sus ganancias en el banco a una tasa  $\delta$ . Las siguientes ecuaciones indican las reglas empíricas de decisión para conservar o no un bosque.

$$\delta V(A) = A + \mu AV'(A) + (\sigma^2/2) A^2 V''(A) \quad (4)$$

La parte homogénea tiene una solución que toma la siguiente forma:

$$V_H(A) = k_1 A^{-\alpha} + k_2 A^{\beta} \quad (5)$$

En donde  $k_1$  y  $k_2$  son constantes y  $\beta$  y  $\alpha$  están definidas como:

$$\beta = (1/2 - \mu/\sigma^2 + [(1/2 - \mu/\sigma^2)^2 + 2\delta/\sigma^2]^{1/2}) \quad (6)$$

$$-\alpha = (1/2 - \mu/\sigma^2 - [(1/2 - \mu/\sigma^2)^2 + 2\delta/\sigma^2]^{1/2}) \quad (7)$$

Si  $\delta < \mu$ , entonces nunca será óptimo explotar el bosque. Para  $\delta > \mu$  debe existir un valor crítico mínimo del valor de amenidad, que se denota por  $A^*$ . Si el valor de amenidad se ubica debajo de este valor mínimo crítico, entonces la solución óptima será la explotación del bosque.

$$A^* = \alpha (\delta - \mu) N / (\alpha + 1) \quad (8)$$

La ecuación (8) da el valor crítico, donde  $N$  representa el valor comercial forestal, el cual puede interpretarse como el valor de amenidad mínimo necesario para justificar la preservación de un bosque desde una perspectiva social (Conrad, 1997).

El siguiente modelo de regresión se usó para obtener los estimadores relevantes del valor crítico de amenidad por mínimos cuadrados ordinarios, y calcula el valor de amenidad crítico sólo para un período.

$$(V_{t+1} - V_t) / V_t = r (1 - V_t / V_{\max}) + \varepsilon_t \quad (9)$$

donde  $V$  es el número de visitantes en el santuario,  $V_{\max}$  el máximo número de visitantes permitidos en él,  $r$  la tasa de crecimiento en tiempo discreto y,  $\varepsilon_t$  tiene distribución Normal con media cero y desviación estándar  $\sigma$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Capacidad de carga

Se cree que las multitudes y la congestión de cualquier lugar lo hacen lo menos disfrutable (Cornes y Sandler,

30 % are common when the object under valuation is an amenity which people have little information about or do not know how to assign an economic value to it. From the 97 bid responses, 67 were considered protest responses, and were not included in the WTP calculation. Two of the most common protest responses were that households do not have to pay for conserving the sanctuary and the management of money was not clear and safe. The average WTP was found to be 26.2 dollars, using an exchange rate of 9.5 pesos per dollar.

### Timber value

Pine and oyamel are the two types of trees found in the sanctuary. Of the forest surface, 90% is covered by pines and only 10% by oyamel. The trees have an average age of 60 years and it is permitted to cut some trees in buffer zones. It is assumed that 100 m<sup>3</sup> of wood can be extracted from one hectare of forest. In March 2002 the cost of a cubic meter of pine was estimated at 450 pesos (47.4 dollars) and that of oyamel at 300 pesos (31 dollars). The average weighed price for a cubic meter of wood in the area was 45.76 dollars. The total value of logging the forests of the biosphere is 3 411 072 U.S. dollars. This is a rough estimate proportioned by personnel of the Dirección General Forestal (SEMARNAT, 2002).

### Amenity value

Conrad (1997) and Forsyth (2000) assumed that amenity value (A) is proportional to the number of visitors (R). This is also assumed in this paper. Since no time series data exist for amenity value, user values are used as a proxy.

$$A = \gamma R, \gamma > 0 \quad (10)$$

where A is amenity value,  $\gamma$  is willingness to pay and R is number of visitors. Once it has been defined a maximum number of visitors to the sanctuary, amenity value in period t and maximum amenity value can be calculated

$$A_t = \gamma R_t$$

$$A_{2002} = (26.2) (97\ 725) = 2\ 560\ 395 \text{ dollars}$$

The maximum amenity value would be:

$$A_{\max} = \gamma R_{\max}$$

$$A_{\max} = (26.2) * (181\ 146) = 4\ 746\ 025 \text{ dollars.}$$

The relevant parameters for a logistic process were estimated through equation (9). Results are shown in Table 2.

1986). Cuando una mayor cantidad de visitantes acude a un bosque, su valor de amenidad disminuye. Se hizo un cálculo del número máximo permisible de turistas en el santuario El Campanario, tomando en cuenta algunos elementos básicos. La longitud del sendero es 2500 m, o 5000 considerando el retorno. Con una anchura de 3 m, se supuso que podrían caminar holgadamente 11 personas por grupo en el sendero, con una distancia de 100 m entre grupos. También se estimó que cada persona ocupa 1 m<sup>2</sup> y cada grupo 11 m<sup>2</sup>. De acuerdo con estas cifras, el número óptimo de visitantes al santuario al mismo tiempo sería 227 (2500/11). El santuario está abierto al público nueve horas cada día, (de 9 am a 6 pm) y cada visita recorre todo el camino en 1:30 h. Entonces, grupos diferentes de visitantes podrían recorrer el camino seis veces. Multiplicando este número de veces por el total de visitantes al mismo tiempo, se obtiene el número posible total de visitantes en el santuario por día. En este ejemplo, el número fue 1363. Debido a que el santuario abre de noviembre a marzo, la capacidad de carga del santuario se calculó en 181 146 personas.

### Disponibilidad para pagar

En un estudio de valoración contingente, se realizaron 353 entrevistas en el santuario durante el mes de marzo del año 2002, inquirendo sobre la disponibilidad de los visitantes para aportar una cuota para proteger y preservar al santuario. Quince entrevistas se eliminaron por inconsistencias en el ingreso reportado. De las 338 restantes, 97 (28.6%) se consideraron respuestas de postura. De acuerdo con Loomis (1997) tasas de no respuesta de 20% y 30% son comunes cuando el objeto evaluado es una amenidad sobre la cual la gente tiene poca información, o a la cual ignora como asignarle un valor económico. Del total de las 97 entrevistas de postura, 67 se consideraron de protesta y no se incluyeron en el cálculo de la disponibilidad a pagar. Dos de las respuestas más comunes indicaban que los hogares no tenían obligación alguna de pagar por preservar el santuario, y que el manejo y la administración del dinero eran inciertos. El promedio de la disponibilidad a pagar por conservación se estimó en 26.2 dólares, usando una tasa de cambio de 9.5 pesos por dólar.

### Valor comercial de la madera

El pino y el oyamel son las dos clases de árboles que se localizan en la región de estudio (90% pino y 10% oyamel). Los árboles tienen una edad promedio de 60 años y se permite cortar algunos en las zonas de atemperación. Se supone que pueden cortarse 100 m<sup>3</sup> de madera de una hectarea de bosque. En marzo de 2002, el costo por m<sup>3</sup> de pino se calculó en 450 pesos

Table 2. Regression results for equation (9).

Cuadro 2. Resultados de la regresión para la ecuación (9).

| Ordinary least squares regression         |             |                |         |          |
|-------------------------------------------|-------------|----------------|---------|----------|
| Dep. var. = DEP Mean= 0.289, S.D.= 0.7269 |             |                |         |          |
| Variable                                  | Coefficient | Standard Error | t-ratio | P[ T >t] |
| Constant                                  | -0.413      | 0.528          | -0.783  | 0.4460   |
| INDEP                                     | 1.040       | 0.446          | 2.405   | 0.1803   |

Assuming a logistic process, values of the relevant parameters for calculating the option value are  $\delta = 0.1$ ,  $\mu = r = 1.04$ ,  $N = 3.4$  million dollars, and  $\alpha = -0.413$ . The critical value of  $A^*$  is 2 312 400 dollars, meaning that annual amenity value would need to be in excess of this amount, per year, to justify preservation. The amenity value for 2002 biosphere forests was 2 560 395 dollars and maximum amenity value was 4 746 025 dollars, indicating the convenience of preserving the forests of the biosphere of the monarch butterfly.

## CONCLUSIONS

Results show that for a relatively high discount rate of 10%, and under the assumption of 26.2 dollars as the average willingness to pay per person, the amenity value obtained from the biosphere forests is 2 560 395 dollars. The critical amenity value  $A^*$  was found at 2 312 400 dollars, below the amenity value. These results suggest that best use of the biosphere is as a wilderness area, despite an appeal to the maximum amenity value and other non-user values. These results also suggest the need of finding out another causes of illegal exploitation.

## REFERENCES

- Conrad, M. J. 1997. On the option value of old-growth Forest. *Ecol. Econ.* 22: 97-102.
- Cornes, R., and T. Sandler. 1986. *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods*. Cambridge; New York: Cambridge University Press. 301 p.
- Diario Oficial de la Federación. Octubre, 1986. Decreto que establece la reserva de la mariposa monarca. Ciudad de México. pp: 65-98.
- Diario Oficial de la Federación. Noviembre, 2000. Decreto que amplía el área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera de la mariposa monarca. pp: 137-158.
- Forsyth, M. 2000. On estimating the option value of preserving a wilderness area. *Can. Econ.*, 33: 413-434.
- Loomis, J. 1997. Panel estimators to combine revealed and stated preference dichotomous choice data. *J. Agr. Res. Econ.*: 233-245.
- Reed, J. W. 1993. The decision to conserve or harvest old-growth forest. *Ecol. Econ.*, 8: 45-69.
- Sanctuary Record Book (Several years). Ejido El Rosario, Ocampo, Michoacán, México. 150 p.
- SEMARNAT. 2002. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. México, DF. (Draft). pp: 10-27.

(47.7 dólares) y el de oyamel en 300 pesos (31 dólares). El precio promedio ponderado de madera por metro cúbico se estimó en 45.76 dólares y el total del valor comercial de extraer toda la madera de los bosques del santuario se calculó en 3 411 072 dólares americanos. Este cálculo es una aproximación tosca y fue proporcionado por personal de la Dirección General Forestal (SEMARNAT, 2002).

## Valor de amenidad

Conrad (1997) y Forsyth (2000) supusieron que el valor de amenidad ( $A$ ) es proporcional al número de visitantes al sitio ( $R$ ). Este supuesto también se usa en este estudio. Puesto que no hay una serie de tiempo para el valor de amenidad, se usaron los valores de usuario como aproximación.

$$A = \gamma R, \gamma > 0 \quad (10)$$

donde  $A$  es el valor de amenidad,  $\gamma$  la disponibilidad promedio a pagar por visitante, y  $R$  es el número de visitas al santuario. Una vez definida la capacidad de carga del santuario, el valor de amenidad en el periodo  $t$  y el máximo valor de amenidad esperado se pueden calcular de la siguiente manera:

$$A_t = \gamma R_t$$

$$A_{2002} = (26.2) (97\ 725) = 2\ 560\ 395 \text{ dollars}$$

Y el máximo valor de amenidad esperado se calculó como sigue:

$$A_{\max} = \gamma R_{\max}$$

$$A_{\max} = (26.2) * (181\ 146) = 4\ 746\ 025 \text{ dollars.}$$

Los parámetros relevantes para el proceso logístico se estimaron a través de la ecuación (9) y se muestran en el Cuadro 2.

Suponiendo un proceso de crecimiento logístico, los valores relevantes para calcular el valor crítico de amenidad son:  $\delta = 0.1$ ,  $\mu = r = 1.04$ ,  $N = 3.4$  millones de dólares y  $\alpha = -0.413$ . El valor crítico de amenidad  $A^*$  se calculó en 2 312 400 dólares, implicando que el valor de amenidad anual necesitaría ser mayor al valor crítico, para justificar la preservación de los bosques. El valor de amenidad calculado para los bosques de la reserva en 2002 fue 2 560 395 y el valor máximo de amenidad 4 746 025 dólares, indicando la conveniencia de preservar los bosques de la biosfera de la mariposa monarca.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que, para una tasa de descuento relativamente alta de 10%, y bajo la suposición de 26.2 dólares como la disponibilidad promedio a pagar, el

valor de amenidad obtenido de los bosques de la biosfera fue 2 560 395 dólares. El valor crítico de amenidad  $A^*$  se estimó en 2 312 400 dólares, por debajo del valor de amenidad. Estos resultados sugieren que el mejor uso de los bosques del santuario de la mariposa monarca es como área silvestre, a pesar de apelar al máximo valor de amenidad y otros valores no de uso. Estos resultados también sugieren la necesidad encontrar otras causas de la explotación ilegal.

*-Fin de la versión en Español-*

---