



EVALUACIÓN FINANCIERA Y DE RIESGO DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL COMERCIAL EN ZIHUATEUTLA, PUEBLA

FINANCIAL AND RISK ASSESSMENT OF A COMMERCIAL FOREST PLANTATION IN ZIHUATEUTLA, PUEBLA

F. J. Zamudio Sánchez^{1*}; J. L. Romo Lozano¹; J. O. A. Cervantes Carrillo²

¹Departamento de Estadística, Matemática y Cómputo, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México- Texcoco. C. P. 56230, Chapingo, Estado de México. MÉXICO. Tel. 01 (595) 95 47078.

Correo-e: fjzams@yahoo.com

²Violeta 3, departamento 6, Col. La Conchita, Texcoco, Estado de México, C. P. 56170, MÉXICO. Tel. 01 (595) 95 573 39. *Autor para correspondencia

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar y analizar la rentabilidad y el riesgo de una plantación forestal comercial de la especie bracinga (*Mimosa scabrella* B.) en la región de Zihuateutla, Puebla, México, mediante los indicadores de rentabilidad financiera: Valor Actual Neto, Relación Beneficio Costo, Tasa Interna de Rentabilidad, Valor Esperado del Valor Actual Neto y Desviación Estándar del Valor Actual Neto. El horizonte de planeación fue de seis años, y se utilizó una tasa de descuento de 4.7 % y una tasa libre de riesgo de 8.79 %. Para realizar el análisis financiero y de riesgo se pronosticaron los volúmenes esperados de bracinga a los seis años. Los valores de los indicadores de rentabilidad obtenidos para la plantación fueron: a) Financieros: Valor Actual Neto = \$ 26,593.42, Relación Beneficio Costo = 2.32 y Tasa Interna de Rentabilidad = 32.74 %; b) Riesgo: Valor Esperado del Valor Actual Neto = \$ 18,825.33 y Desviación Estándar del Valor Actual Neto = \$ 3,944.60. De acuerdo con los resultados del estudio, se concluyó que la plantación comercial es rentable y con un riesgo muy pequeño, pues sus costos de producción son muy bajos y tiene altos beneficios.

Recibido: 8 de mayo, 2009
Aceptado: 28 de septiembre, 2009
doi: 10.5154/r.rchscfa.2009.05.012
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: *Mimosa scabrella* B., análisis financiero, riesgo, bosques plantados.

ABSTRACT

The purpose of this work was to estimate and analyze the profitability and risk of a commercial forest plantation of bracinga species in the region of Zihuateutla, Puebla, using indicators of financial profitability: Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (R B/C), Internal Rate of Return (IRR), Expected Value of the Net Present Value E(NPV) and Standard Deviation of the Net Present Value σ (NPV). The planning horizon was six years, and a discount rate of 4.7 % and a risk-free rate of 8.79 % were used. To accomplish the financial and risk analysis, the prospective volumes of bracinga were predicted at six years of age. The following values of the profitability indicators were obtained for the plantation: a) Financial: NPV = \$ 26,593.42, R B/C = 2.32 and IRR = 32.74 %; b) Risk: E(NPV) = \$ 18,825.33, and σ (NPV) = \$ 3,944.60. It is concluded that the commercial plantation is profitable and runs a very small risk since its production costs are very low and benefits are high.

KEY WORDS: *Mimosa scabrella* B., financial analysis, risk, cultivated forests.

INTRODUCCIÓN

La población de México, según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005), es de 103.26 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1.4 %. El constante crecimiento demográfico de las ciudades y de las zonas rurales ha traído consigo una demanda sostenida y creciente de bienes y servicios, susceptibles de obtenerse por el manejo de los recursos naturales. Sin embargo, tal demanda constituye una presión sobre los recursos y propicia cambios drásticos en los ecosistemas urbanos y naturales.

INTRODUCTION

According to estimates of the Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005), the population of Mexico is 103.26 million inhabitants with an annual growth rate of 1.4%. The constant demographic growth of the cities and rural areas has brought with it a sustained growing demand for goods and services that can be obtained through management of natural resources. This demand, however, puts pressure on resources and provokes drastic changes in urban and natural ecosystems.

Gracias a su ubicación geográfica, a su diversidad climática y de suelos, así como a sus condiciones fisiográficas, México presenta una de las floras más ricas del mundo. Del total de la superficie territorial, 141.6 millones de hectáreas son de vocación forestal, y de éstas 23.8 millones se consideran áreas perturbadas (SEMARNAT, 2003).

En un escenario en el que los recursos naturales cada día son más escasos, las tendencias mundiales apuntan hacia su protección, conservación y fomento con el fin de disminuir el deterioro ambiental.

Por otra parte, del Anuario de la Producción Forestal de 2003 (SEMARNAT, 2003) se desprenden los siguientes indicadores de la actividad forestal. La producción forestal maderable es de 7 millones de metros cúbicos rollo (Mm^3r), de los cuales 4.8 Mm^3r son para aserrío, 845 mil metros cúbicos rollo (m^3r) para productos celulósicos y 1.3 Mm^3r para tableros, pilotes, morillos y combustible. La balanza comercial es deficitaria en 657.7 millones de dólares (MUSD) con importaciones por 989.5 MUSD. El consumo aparente de productos forestales es de 27.5 Mm^3r , con un déficit de 20.5 Mm^3r y una relación producción-consumo de 0.25455.

Actualmente las plantaciones forestales constituyen una alternativa real de abasto y producción de satisfactores. De acuerdo con el reporte "Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005" (FAO, 2006), para el año 2005 existían en el mundo alrededor de 109 millones de hectáreas con plantaciones forestales para la producción, mismas que constituían 2.8 % de del área boscosa mundial. La tendencia con que éstas se han desarrollado ha sido creciente: entre los años 1990 y 2000, el ritmo de crecimiento fue de 2 millones de hectáreas anuales, y de 2.5 millones anuales entre los años 2000 y 2005.

Desde la perspectiva técnica, combinando el conocimiento silvícola, económico, social, ecológico y financiero, existen argumentos suficientes para hipotetizar que en México las plantaciones forestales son una opción viable con posibilidades de contribuir, en su medida, al desarrollo económico del país. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la rentabilidad financiera y de riesgo de una plantación forestal comercial de la especie *bracatinga* en la región de Zihuateutla, Puebla.

Toda propuesta de inversión implica la consideración de dos aspectos fundamentales: por una parte está la conversión de cantidades monetarias que ocurren en alguna secuencia de puntos futuros, en criterios económicos evaluables tales como el Valor Actual Neto (VAN), Relación Beneficio Costo (R B/C), Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), entre otros; por otro lado, el entendimiento y evaluación de la incertidumbre. La inclusión de este último aspecto no es un asunto frecuente en la evaluación de propuestas de inversión en general, y es bastante escaso en las

Thanks to its geographic location, its diversity of climates and soils, as well as its physiographic conditions, Mexico has one of the most richly diverse flora in the world. Of its entire territory, 141.6 million hectares are apt for forests, and of these, 23.8 million are considered disturbed areas (SEMARNAT, 2003).

In a scenario in which natural resources are becoming scarcer, world trends point to protecting, conserving and planting forests to reduce environmental deterioration.

The 2003 Anuario de la Producción Forestal (Annual Report on Forest Production) (SEMARNAT, 2003) gives the following indicators of forestry activity. Lumber production is 7 million cubic meters (Mm^3r) of roundwood, of which 4.8 Mm^3r are sent to saw mills, 845 thousand (m^3r) are used in cellulose products, and 1.3 Mm^3r are used as boards, piles, posts and firewood. The trade balance reports a deficit of 657.7 million dollars (MUSD) with imports valued at 989.5 MUSD. Bulk consumption of forestry products is 27.5 Mm^3r , with a deficit of 20.5 Mm^3r , and a production/consumption ratio of 0.25455.

Today, forest plantations are a real alternative for supply and production of goods. According to FAO's 2005 report on the State of the World's Forests (FAO, 2006) there were around 109 million hectares of forests planted for production, accounting for 2.8% of the world's forested area. The development of these areas has followed an increasing trend: between 1990 and 2000 growth was 2 million hectares a year, and between 2000 and 2005 the annual growth rate was 2.5 million hectares.

From a technical perspective, combining silvicultural, economic, social, ecological and financial knowledge, there are sufficient arguments to hypothesize that in Mexico forest plantations are a viable option that could contribute in its measure to the economic development of the country. In this context, the present study was conducted to assess the financial profitability and risk of a commercial forest plantation of *bracatinga* in the region of Zihuateutla, Puebla.

Any investment proposal implies considering two fundamental aspects. On the one hand is the conversion of monetary amounts that occur in a sequence of points, in evaluable economic criteria, such as Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (R B/C), Internal Rate of Return (IRR), among others. On the other are understanding and assessment of uncertainty. The inclusion of the aspect of uncertainty is not frequent in the evaluation of investment proposals in general and is quite scarce in financial assessments of forest plantations in particular. In this study, a risk analysis was conducted using a development process of probability distributions of the relevant economic criteria: Expected Net Present Value ($E(NPV)$), Standard Deviation of the Net Present Value ($\sigma(NPV)$), and the Expected Internal Rate of Return ($E(IRR)$).

evaluaciones financieras de plantaciones forestales en particular. En esta investigación se incluyó un análisis de riesgo mediante un proceso de desarrollo de distribuciones de probabilidad de los criterios económicos relevantes, Valor Esperado del Valor Actual Neto (E(VAN)), Desviación Estándar del Valor Actual Neto (ó(VAN)) y el Valor Esperado de la Tasa Interna de Rentabilidad (E(TIR)).

Dada la importancia que tienen las plantaciones forestales comerciales, Carballo (1994) señala algunos de los beneficios que éstas proporcionan: a) En el aspecto ecológico disminuyen la presión sobre el bosque natural evitando la deforestación, integran superficies improductivas, mejoran la calidad del aire y el aspecto escénico, restablecen el hábitat natural de la fauna, incrementan los mantos acuíferos y disminuyen la erosión y pérdida del suelo; b) En el aspecto económico satisfacen la demanda de productos forestales, fortalecen la balanza comercial, integran el campo a la economía nacional, capitalizan a los dueños y poseedores de recursos, redistribuyen el ingreso *per cápita*, logran estabilidad de precios e integran a productores, instituciones e industriales; c) En el aspecto social generan empleos directos e indirectos, provocan una derrama económica, elevan el nivel de vida, desarrollan infraestructura y servicios y originan la creación de industrias, y d) En el aspecto técnico modernizan el sistema productivo, favorecen la capacitación del productor, permiten el manejo de especies de rápido crecimiento y favorecen el desarrollo de la investigación.

Las plantaciones forestales comerciales se consideran como proyectos de inversión que deben demostrar su rentabilidad a través del análisis financiero, económico, ecológico y de riesgo (Caballero, 2000).

Al respecto, Zamudio (1992) realizó un análisis beneficio-coste en el que maximiza la función de utilidad sujeta a restricciones de capital y tierra. El análisis permitió concluir que si se cuenta con mucho capital y poca área de tierra, la optimización obliga a invertir en cultivos intensivos cuyas relaciones beneficio-coste son bajas, y si se tiene exceso de tierra y escaso capital se tiene que invertir en cultivos extensivos, como es el caso de las plantaciones forestales, que proporcionan mucho beneficio (producción de madera) por relativamente pocos costos de producción (insumos), si se deja que crezcan a la velocidad natural definida por la tierra.

En México, Musálem (1993) señala que debido a los crecimientos acelerados que se han obtenido de *bracatinga*, ésta puede ser una fuente de abasto para la industria forestal. Se trata de una especie promisoriosa para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de producción múltiple, pues produce madera para aserrío, pulpa para papel, hojuelas para tableros aglomerados, carbón vegetal, leña para combustible, forraje y sombra para el cultivo del café.

Given the importance of commercial forest plantations, Carballo (1994) relates some of the benefits they provide. a) From an ecological perspective, they reduce pressure on natural forests and thereby prevent deforestation; they incorporate formerly unproductive areas into production and improve air quality and scenery. They also re-establish natural habitats of fauna, increase aquifers, and reduce erosion and soil loss. b) Economically, they supply the demand for forest products, strengthen the trade balance, incorporate the countryside into the national economy, capitalize the proprietors of resources, redistribute per capita income, stabilize prices, and integrate producers, institutions and enterprise. c) Socially, they generate direct and indirect employment, produce economic spillovers, elevate the living standard, and provide means for development of infrastructure and services and for creation of industries. Finally, d) from a technological perspective, forest plantations modernize the productive system, favor producer training, permit management of fast-growing species, and favor development of research.

Commercial forest plantations are considered investment projects that must demonstrate profitability through financial, economic, ecological, and risk analyses (Caballero, 2000).

Zamudio (1992) carried out a benefit-cost analysis in which he maximized the utility function subject to restrictions of capital and land. With this analysis, he concluded that if a producer has an excess of land and little capital, he must invest in extensive crops, such as a forest plantation, which provide much benefit (lumber production) for relatively little production cost (inputs) if it is left to grow at the natural rate defined by the land.

In Mexico, Musálem (1993) pointed out that because of the accelerated growth rates obtained, *bracatinga* can be a supply source for the forest industry. *Bracatinga* is a promising species for commercial forest plantations with multiple uses: lumber, pasteboard woodchips, paper pulp, charcoal, firewood, forage, and shade for coffee cultivation.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The commercial *bracatinga* forest plantation studied is located in the Municipality of Zihuatuetla, Puebla, 20°16'18" N and 97°43'54" W. Its climate, according to the Köppen classification, modified by García, is Cfm: hot humid climate with year round rain.

Methodology

Financial and risk assessment was based on financial profitability indicators within a planning horizon of six years,

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de la plantación forestal comercial de bracatinga se localiza en el Municipio de Zihuateutla, Puebla. Su ubicación geográfica se encuentra en los 20°16'18" de latitud norte y los 97°43'54" de longitud oeste. Su clima, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García, es Cfm: clima cálido húmedo, con lluvias todo el año.

Metodología

La evaluación financiera y de riesgo se realizó a partir de la obtención de los indicadores de rentabilidad financiera en un horizonte de planeación de seis años, con una tasa de descuento del 4.7 % (FIRA, 1990), una tasa libre de riesgo de 8.79 % para el análisis de riesgo (Hernández, 2001) y utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) y Microsoft Office Excel. La información se obtuvo de la plantación forestal comercial de la especie bracatinga establecida en 1992 por el grupo Cardona, donde se realizó esta investigación.

Para pronosticar el volumen por hectárea esperado a los seis años de la plantación de bracatinga, se realizaron cuatro inventarios forestales en cinco secciones de la finca: El Mirador, La Perseverancia, Fracción Taiwán, La Constancia y Los Nietos. Esto permitió obtener la información necesaria para la proyección y su relación con la rentabilidad de la plantación forestal comercial, mediante la elaboración del flujo de efectivo del proyecto. Asimismo, se obtuvieron las distribuciones de probabilidad de éste para determinar el análisis de riesgo.

Con la información del flujo de efectivo se obtuvieron los indicadores de rentabilidad financiera: VAN, R B/C, TIR (Caballero, 1993).

Como el riesgo es la probable variación de los resultados esperados, se elaboró la distribución de probabilidad de los flujos de efectivo que ocurrieron en cada uno de los años que forman el horizonte de planeación del proyecto. Para su elaboración se utilizó la distribución triangular con dos observaciones: una de 1995 y otra de 2005, a partir de la cual se obtuvieron la esperanza y la desviación estándar de los flujos de efectivo. Con éstos y con la aplicación de una tasa de descuento libre de riesgo, se calcularon el valor esperado y la desviación estándar del VAN con el propósito de determinar el riesgo de la inversión (Savvidees, 1988).

Para determinar la distribución de probabilidad acumulada de la TIR, se aplicaron diferentes valores a la tasa de descuento con el objeto de obtener los correspondientes valores del VAN y encontrar la TIR esperada (Coss, 2000).

with a discount rate of 4.7% (FIRA, 1990) and a risk-free rate of 8.79% for the risk analysis (Hernández, 2001): Data were processed with the Statistical Analysis System (SAS) and Microsoft Office Excel. The information was obtained from the commercial bracatinga plantation established in 1992 by the Cardona Group.

To predict the per hectare volume expected from the bracatinga plantation 6 years after establishment, four forest inventories were taken in five sections of the farm: El Mirador, La Perseverancia, Fracción Taiwán, La Constancia, and Los Nietos. In this way, the necessary information was obtained for the projection and its relationship to profitability of the forest plantation, permitting the calculation of the project's effective flow. Also, the probability distributions of the effective flow were obtained for the risk analysis.

With the information on effective flow, financial profitability indicators were obtained: NPV, R B/C, IRR (Caballero, 1993).

Since risk is the likely variation in the expected results, the probability distribution of effective flows that occurred during each of the years comprising the project planning horizon was generated. For this, the triangular distribution was used with two observations: one in 1995 and the other in 2005. With this, the expected effective flows and its standard deviation were obtained and, applying a risk-free discount rate, the expected value and the standard deviation of NPV were calculated to determine investment risk (Savvidees, 1988).

To determine the cumulative probability distribution of IRR, different values of the discount rate were applied to obtain the corresponding NPV values and to find the expected IRR (Coss, 2000).

RESULTS AND DISCUSSION

Forest inventory

The average values obtained from the forest inventories are shown in Table 1. To predict average growth in height and diameter of the bracatinga forest plantation at seven years of age, the Chapman-Richards model was used. The models were fit to the means of the height and diameter variables using four ages, resulting from the four forest inventories taken consecutively. This model was selected because previous dasometric studies have provided statistically significant descriptions of growth for forest variables. The model is presented in the following form:

$$y = a[1 - \exp(-bt)^c] \quad (1)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inventario forestal

Los valores promedio obtenidos de los inventarios forestales realizados se muestran en el Cuadro 1. Para pronosticar el crecimiento promedio en altura y diámetro de la plantación forestal de bracatinga a la edad de seis años, se utilizó el modelo de Chapman-Richards. Se ajustaron modelos a las medias de las variables altura y diámetro usando cuatro edades, resultado de los cuatro inventarios forestales realizados consecutivamente. Tal modelo fue seleccionado porque, de acuerdo con investigaciones dasométricas anteriores, ha proporcionado descripciones estadísticamente significativas del crecimiento de las variables forestales. El modelo se presenta en la forma:

$$y = a[1 - \exp(-bt)]^c \quad (1)$$

CUADRO 1. Crecimiento promedio de altura y diámetro en bracatinga (*Mimosa scabrella* B.) de las plantaciones forestales en Zihuateutla, Puebla.

TABLE 1. Average growth in height and diameter of bracatinga (*Mimosa scabrella* B.) in forest plantations located in Zihuateutla, Puebla.

Localidad	Edad (Meses)	Densidad (arb-ha ⁻¹)	Altura (m)	Diámetro (cm)
La Perseverancia	35	400	10.48	10.70
Fracción Taiwán	37	400	10.86	12.20
El Mirador	33	400	10.22	10.94
La Constancia	35	400	10.76	10.42
Los Nietos	37	400	11.38	12.60

Donde:

y: Variable respuesta, en nuestro caso diámetro o altura.

t: Edad.

a, *b*, y *c*: Parámetros no negativos a estimar del modelo.

Se ajustaron las curvas de diámetro y altura para cada una de las localidades: La Perseverancia, Fracción Taiwán, El Mirador, La Constancia y Los Nietos.

Después de analizar la información se encontró que, en el caso del diámetro, se podía usar un modelo para las localidades Fracción Taiwán y Los Nietos y otro para las localidades La Perseverancia, El Mirador y La Constancia. Lo mismo ocurrió con la altura.

Los modelos ajustados para cada una de las variables respuesta, fueron:

Where:

y: Response variable, in our case, diameter or height.

t: Age.

a, *b*, and *c*: Non-negative model parameters to be estimated.

Diameter and height curves were adjusted for each of the locations: La Perseverancia, Fracción Taiwán, El Mirador, La Constancia and Los Nietos.

After analyzing the information, it was found that, in the case of diameter, one model could be used for the locations Fracción Taiwán and Los Nietos, while another could be used for La Perseverancia, El Mirador and La Constancia. The same occurred with height.

The adjusted models for each of the response variables were the following:

1. Diameter

1.1. Fracción Taiwán and Los Nietos
 $y = 40 [1 - \exp(-0.18104889t)]^{1.36547643}$ with a Pseudo $R^2 = 0.9994$,

1.2. La Perseverancia, El Mirador and La Constancia
 $y = 40 [1 - \exp(-0.14518778t)]^{1.27068045}$ with a Pseudo $R^2 = 0.9981$.

2. Height

2.1. Fracción Taiwán and Los Nietos
 $y = 40 [1 - \exp(-0.13434103t)]^{1.17879282}$ with a Pseudo $R^2 = 0.9982$,

2.2. La Perseverancia, El Mirador and La Constancia
 $y = 40 [1 - \exp(-0.13434103t)]^{1.17879282}$ with a Pseudo $R^2 = 0.9916$.

Where the Pseudo R^2 was calculated by dividing the sum of the squares of the non-linear model by the total sum of the squares.

The models were adjusted under the restriction that the "a" parameter of the models must be less or equal to 40, since this is considered the maximum possible average dimension of height (in meters) and diameter (in centimeters).

Parameters were estimated using weighted least squares. In the analysis, more weight was given to the last measurement since it was the one done in this study and which, because of time lacking in the planning horizon,

1. Diámetro

- 1.1. Fracción Taiwán y Los Nietos
 $y = 40 [1 - \exp(-0.18104889t)]^{1.36547643}$ con una
 Pseudo $R^2 = 0.9994$,
- 1.2. La Perseverancia, El Mirador y La Constancia
 $y = 40 [1 - \exp(-0.14518778t)]^{1.27068045}$ con una
 Pseudo $R^2 = 0.9981$.

2. Altura

- 2.1. Fracción Taiwán y Los Nietos
 $y = 40 [1 - \exp(-0.15157058t)]^{1.3296777}$ con una
 Pseudo $R^2 = 0.9982$,
- 2.2. La Perseverancia, El Mirador y La Constancia
 $y = 40 [1 - \exp(-0.13434103t)]^{1.17879282}$ con una
 Pseudo $R^2 = 0.9916$.

Donde la Pseudo R^2 se calculó dividiendo la suma de cuadrados del modelo no lineal entre la suma de cuadrados total.

Los modelos se ajustaron bajo la restricción de que el parámetro "a" de los modelos fuera menor o igual a 40, ya que se considera como la posible máxima dimensión promedio de la altura (en metros) y el diámetro (en centímetros).

La estimación de los parámetros se hizo utilizando mínimos cuadrados ponderados. En el análisis se dio mayor peso a la última medición, ya que fue una de las realizadas en este estudio y la que, por el tiempo que falta en el horizonte de planeación, será la que más influya en el resultado final.

Se usó el paquete estadístico SAS, con el procedimiento NLIN, y el método computacional utilizado fue el de Marquardt.

Usando una tabla de volúmenes (V) comerciales elaborada por Ahrens (1991) para esta especie, cuya ecuación estimada es $V = 0.3879(D^2 H)$ y la ecuación (1) para determinar diámetros (D) y alturas (H) promedio, se pronosticaron los volúmenes a los seis años, los cuales fueron en promedio de 144 m³r por hectárea, lo cual implicaría un incremento promedio de 24 m³r por hectárea.

En los Cuadros 2 y 3 se muestra el diámetro normal, la altura total y los volúmenes pronosticados a los seis años para los dos modelos seleccionados con una densidad de 400 árboles por hectárea, que es la densidad presente en las localidades bajo estudio.

Como se observa, de manera consistente, en las variables Diámetro y Volumen, las estimaciones en los valores son superiores para las localidades Fracción Taiwán y Los Nietos. Para el caso de los Volúmenes, esto se hace evidente en la Figura 1, lo que concuerda con los datos

would have the biggest influence in the final result.

The statistical software SAS was used with the NLIN procedure and the computational method used was that of Marquardt.

Using the table of commercial volumes (V) constructed by Ahrens (1991) for this species, for which the estimated equation is $V = 0.3879(D^2 H)$ and equation (1) to determine average diameters (D) and heights (H), it was estimated that volumes at 6 years of age would be 144 m³r·ha⁻¹, implying an average annual increase of 24 m³r·ha⁻¹.

Tables 2 and 3 show diameter at breast height, total height and volumes predicted at six years of age for the models selected with a density of 400 trees h⁻¹, which is the current density of the plantations under study.

As can be observed, estimations of the variables diameter and volume are consistently higher in the locations Fracción Taiwán and Los Nietos. For volumes is evident in Figure 1, coinciding with the data obtained from the inventory (Table 1), where the diameters of the trees are observed to be significantly higher in both sections. This denotes that the environmental conditions in Fracción Taiwan and Los Nietos are better for bracing growth than those in the other locations.

Financial analysis

After updating current costs and benefits of the project, we proceeded to calculate the financial profitability indicators for the commercial bracing plantation. Table 4 presents the concentrated data of the information used.

The NPV obtained, \$ 26,593.40, is the current monetary value obtained as additional profit after recovering

CUADRO 2. Pronósticos de volúmenes comerciales por hectárea de la plantación de bracinga (*Mimosa scabrella* B.) para las localidades La Perseverancia, El Mirador y La Constancia.

TABLE 2. Forecast of comercial volumes per hectare planted with bracinga (*Mimosa scabrella* B.) for the locations La Perseverancia, El Mirador and La Constancia.

Edad (años)	Diámetro (m)	Altura total (m)	Volumen Comercial (m ³ ·ha ⁻¹)
3.0	0.10663	10.8924	30.188
3.5	0.12430	12.5920	38.433
4.0	0.14123	14.2134	43.990
4.5	0.15738	15.7554	60.547
5.0	0.17271	17.2183	79.694
5.5	0.18724	18.6035	101.200
6.0	0.20097	19.9130	124.792

CUADRO 3. Pronósticos de volúmenes comerciales por hectárea de la plantación de bracatinga (*Mimosa scabrella* B.) para las localidades Fracción Taiwán y Los Nietos.

TABLE 3. Predictions of commercial volumes per hectare planted with bracatinga (*Mimosa scabrella* B.) in the locations Fracción Taiwán and Los Nietos.

Edad (años)	Dn (m)	Altura total (m)	Volumen comercial (m ³ ·ha ⁻¹)
3.0	0.12199	10.4866	38.667
3.5	0.14240	12.2902	48.425
4.0	0.16176	14.0233	56.932
4.5	0.18000	15.6790	78.823
5.0	0.19711	17.2537	104.016
5.5	0.21310	18.7461	132.089
6.0	0.22799	20.1564	162.568

obtenidos del inventario realizado (Cuadro 1), donde se observa que los diámetros de los árboles son significativamente superiores en ambas secciones. Esto denota que las condiciones ambientales en Fracción Taiwán y Los Nietos, favorecen el crecimiento de mejor manera que en el resto de las localidades.

Análisis financiero

Después de actualizar la corriente de costos y beneficios del proyecto, se procedió al cálculo de los indicadores de rentabilidad financiera para la plantación forestal comercial de bracatinga. El Cuadro 4 presenta los datos concentrados de la información utilizada.

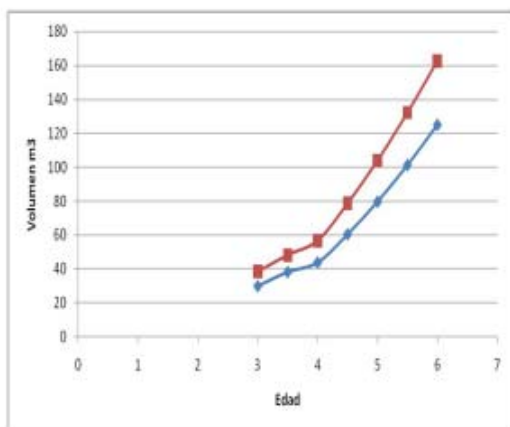


FIGURA 1. Pronóstico de volúmenes por hectárea de la plantación. La curva superior corresponde a Fracción Taiwán y Los Nietos. La curva inferior corresponde a las localidades de La Perseverancia, El Mirador y La Constancia.

FIGURE 1. Prediction of volumes per hectare of plantation. The upper curve corresponds to Fracción Taiwán and Los Nietos. The lower curve represents the locations La Perseverancia, El Mirador and La Constancia.

the investment. The R/B/C is the result of dividing the updated benefits by the updated costs, in this case 2.32. That is, for each peso spent in production costs, a benefit of 2.32 pesos is earned. The IRR has different interpretations. It is the project's (internal) yield, regardless of the rate of return on capital that operates on the market, and assuming the veracity of the costs and benefits, it represents a datum that is free from the subjectivity that is often present in considering the discount rate. Also, the IRR is the rate applied in updating the project's net flow and makes NPV take a value of zero. In our case IRR is 32.74 %, meaning that if the market discount rate is higher than IRR, NPV will be negative. The opposite occurs when the market discount rate is lower than IRR.

Risk analysis

Based on the project's 1995 and 2005 cash flows, the probability distribution of the cash flows of all of the project's years was estimated for each respective year as (X_j) , $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$, considering a parametric estimation and assuming a triangular distribution. This was done to obtain the expected value $(E(X_j) = \mu_j = (a+b+c)/3)$ and the standard deviation $([Var(X_j)]^{1/2} = \sigma_j = (a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)^{1/2})$ of the flow for each year of the project (Table 5).

With the expected μ_j values, their corresponding deviations σ_j and an annual risk-free rate of 8.79 % (inflation plus risk premium), the expected value and standard deviation of the project NPV were calculated (Table 6). It should be kept in mind that for the years 0-4 the flows are costs, and year 5 is the harvest year.

Table 6 considers that $NPV = \sum C_j X_j$, and therefore, $E(NPV) = \sum C_j \mu_j = \mu$. In addition, under the assumption that of cash flows X_j are independent (which is feasible in projects such as this), $Var(NPV) = \sum C_j^2 \sigma_j^2 = \sigma^2$, in which all of the sums are over $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$.

The resulting values give an a priori idea of the project's feasibility. However, an objective criterion is necessary to confirm it.

Since NPV is a linear combination of independent random variables under conditions that generally are satisfied in everyday problems, it can be approximated to a standard normal distribution as the number of observations grows. That is, formally, $Z = (\sum C_j X_j - \mu) / \sigma$ approximates a normal standard distribution when the number of observations grows. Having used triangular distribution for cash flows, convergence should be fast.

With this approximation, we are in a position to make probabilistic inferences about the project. For example, the probability that NPV be positive can be calculated:

$$P[VAN > 0] = P[(VAN - \mu) / \sigma > (0 - \mu) / \sigma]$$

CUADRO 4. Flujos del proyecto actualizados al año 2005*.**TABLE 4. Project flows updated to 2005*.**

Año	Costos	Ingresos	Costos Actualizados	Ingresos Actualizados	Flujo Neto Actualizado
0	10,251.00	-	10,251.00	0	- 10,251.00
1	1,181.00	-	1,127.92	0	- 1,127.92
2	1,000.00	-	912.13	0	- 912.13
3	1,000.00	-	871.13	0	- 871.13
4	1,000.00	-	831.98	0	- 831.98
5	7,760.00	58,840.00	6,166.01	46,753.57	40,587.57
		Suma	20,160.17	46,753.57	26,593.40

*El detalle de los conceptos de la información se puede consultar en Cervantes (2005).

CUADRO 5. Estimación de la distribución probabilística de los flujos de efectivo.**TABLE 5. Estimation of the probability distribution of cash flows.**

Año (j)	Estimación del flujo de efectivo				
	Inferior (a)	Más probable (b)	Superior (c)	μ_j	σ_j
0	6,055.07	10,251.00	12,348.97	9,551.68	1,308.31
1	799.84	1,181.00	1,371.58	1,117.47	118.85
2	475.15	1,000.00	1,262.42	912.53	163.65
3	475.15	1,000.00	1,262.42	912.53	163.65
4	475.15	1,000.00	1,262.42	912.53	163.65
5	32,933.12	51,080.00	60,153.44	48,055.52	5,658.28

El VAN obtenido, \$ 26,593.40, indica el importe de dinero a valor presente que se obtiene como ganancia adicional, después de haber recuperado la inversión de la plantación. La R B/C resulta de dividir los beneficios actualizados entre los costos actualizados, en este caso 2.32. De este modo, nos indica que por cada peso incurrido en los conceptos que corresponden a los costos, se obtiene un beneficio de 2.32 pesos. La TIR permite diferentes interpretaciones: es el rendimiento (interno) del proyecto, independientemente de la tasa de rendimiento del capital que opere en el mercado y, asumiendo la veracidad de los costos y beneficios, representa un dato ajeno a la subjetividad que frecuentemente se presenta en la consideración de la tasa de descuento. Asimismo, la TIR es la tasa que aplicada a la actualización del flujo neto del proyecto, hace que el VAN tome el valor de cero. En nuestro caso la TIR es del 32.74 %, significando que si la tasa de descuento del mercado es superior a la TIR, el VAN será negativo. Ocurre lo contrario cuando la tasa de descuento del mercado es inferior a la TIR.

Análisis de riesgo

Con base en los flujos de efectivo del proyecto de los años 1995 y 2005, para cada uno de los años del mismo, se estimó la distribución probabilística en cada uno de ellos

$$= P[Z > (-18,825.33/3,944.60)] = P[Z > -4.77] = 0.9999$$

A probability such as this indicates that it is almost certain that benefits will be obtained from a commercial bracinga plantation. A V_0 value can also be calculated so that the probability that NPV be bigger than V_0 is 0.95, that is,

$$P[VAN > V_0] = P[(VAN - \mu) / \sigma > (V_0 - \mu) / \sigma] \\ = P[Z > (V_0 - 18,825.33) / 3,944.60] = 0.95$$

Thus, $(V_0 - 18,825.33) / 3,944.60 = -1.645$, that is, $V_0 = 12,336.47$. And so, there is a 0.95 probability that a NPV bigger than 12,336.47 can be obtained in the project under analysis.

The analysis shows that investing in this type of projects does not involve any risk. The indicators suggest that the commercial bracinga forest plantation project is financially profitable.

CONCLUSIONS

Based on the results of this study, it is concluded that:

de los flujos de efectivo (X_j), $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$, considerando una estimación paramétrica y bajo el supuesto de una distribución triangular. Lo anterior, con el objeto de obtener el valor esperado ($E(X_j) = \mu_j = (a+b+c)/3$) y la desviación estándar ($[Var(X_j)]^{1/2} = \sigma_j = (a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)^{1/2}$) del flujo en cada uno de los años del proyecto (Cuadro 5).

Con los valores esperados μ_j , sus correspondientes desviaciones σ_j y una tasa anual libre de riesgo del 8.79 % (inflación más premio al riesgo), se calcularon el valor esperado y la desviación estándar del VAN del proyecto (Cuadro 6). Debe tenerse en cuenta que para los años de 0-4 los flujos son costos, y el año 5 es de cosecha.

El cuadro anterior considera que el $VAN = \sum C_j X_j$, por tanto, $E(VAN) = \sum C_j \mu_j = \mu$, además, bajo el supuesto de independencia de los flujos de efectivo X_j (lo cual es plausible en proyectos como el que se analiza), $Var(VAN) = \sum C_j^2 \sigma_j^2 = \sigma^2$, en donde todas las sumatorias son sobre $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$.

Los valores resultantes, a priori, dan una idea de la factibilidad del proyecto; sin embargo, es necesario un criterio objetivo que nos dé bases para afirmarlo.

El VAN, siendo una combinación lineal de variables aleatorias independientes, bajo condiciones que generalmente se satisfacen en los problemas cotidianos, se aproxima a una distribución normal estándar conforme el número de observaciones crece, formalmente: $Z = (\sum C_j X_j - \mu) / \sigma$ se aproxima a una normal estándar cuando el número de observaciones crece. Habiendo usado distribuciones triangulares para los flujos de efectivo, la convergencia debe ser rápida.

Con la aproximación señalada se está en posibilidades de hacer inferencias probabilísticas importantes sobre el proyecto. Por ejemplo, se puede calcular la probabilidad de que el VAN del proyecto sea positivo, es decir,

$$P[VAN > 0] = P[(VAN - \mu) / \sigma > (0 - \mu) / \sigma] = P[Z > (-18,825.33 / 3,944.60)] = P[Z > -4.77] = 0.9999$$

- The commercial volumes estimated per hectare of bracatinga plantation in the locations studied yield attractive economic benefits.

- Commercial bracatinga plantations are financially profitable, according to the values of the profitability indicators obtained in the financial analysis.

- The risk analysis shows that investment in projects such as that presented here involves very low risk.

End of English Version

Tal probabilidad nos indica que es casi certeza obtener beneficios de una plantación forestal comercial de bracatinga. También se podría calcular un valor V_0 , de modo que la probabilidad de que el VAN sea mayor que él sea de 0.95, es decir,

$$P[VAN > V_0] = P[(VAN - \mu) / \sigma > (V_0 - \mu) / \sigma] = P[Z > (V_0 - 18,825.33) / 3,944.60] = 0.95$$

Por lo que, $(V_0 - 18,825.33) / 3,944.60 = -1.645$; es decir, $V_0 = 12,336.47$. De modo que se tiene una probabilidad de 0.95 de obtener un VAN mayor a 12,336.47 en el proyecto bajo análisis.

El análisis muestra que invertir en este tipo de proyectos no supone ningún riesgo. Estos indicadores muestran que el proyecto de la plantación forestal comercial de bracatinga es financieramente rentable.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de la investigación, se concluye:

CUADRO 6. Estimación del valor esperado y desviación estándar del VAN.

TABLE 6. Estimation of the expected value and standard deviation of NPV.

Año	$C_j = (1/1.0879)^j$	μ_j	$E(VAN)_j = C_j \mu_j$	C_j^2	σ_j^2	$Var(VAN)_j = C_j^2 \sigma_j^2$
0	1	-9,551.68	-9,551.68	1	1,711,677.78	1,711,677.78
1	0.9192	-1,117.47	-1,027.18	0.8449	14,124.83	11,934.53
2	0.8449	-912.53	-771.02	0.7139	26,781.42	19,119.55
3	0.7767	-912.53	-708.73	0.6032	26,781.52	16,154.79
4	0.7139	-912.53	-651.46	0.5097	26,781.08	13,649.49
5	0.6562	48,055.52	31,535.40	0.4306	32,016,177.45	13,787,315.40
		$\mu = E(VAN) =$	18,825.33		$\sigma = [Var(VAN)]^{1/2} =$	3,944.60

- Los volúmenes comerciales estimados por hectárea de la plantación de bracatinga en los predios considerados, presentan rendimientos económicamente atractivos.
- Las plantaciones forestales comerciales de bracatinga son financieramente rentables, de acuerdo con los valores de los indicadores de rentabilidad obtenidos en el análisis financiero.
- El análisis de riesgo desarrollado nos muestra que el invertir en proyectos como el que aquí se presenta supone un riesgo muy bajo.

LITERATURA CITADA

- AHRENS, S. 1991. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais, 4., 1981, Curitiba. Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 77-90.
- CABALLERO D., M. 1993. Análisis económico de plantaciones forestales. SARH-INIFAP. México. 25 p.
- CABALLERO D., M. 2000. La actividad forestal en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 227 p.
- CARBALLO, C. 1994. Proyectos de plantaciones forestales en México. Evaluación financiera y económica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 107 p.
- CERVANTES C., J. O. A. 2005. Evaluación Financiera de Riesgo de una Plantación Forestal Comercial en la Región de Zihuateutla, Pue. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 115 p.
- COSS B., R. 2000. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial LIMUSA. México. 349 p.
- FAO 2006. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Estudios FAO, Montes Núm. 147. Roma, Italia. 351 p.
- FIRA 1990. *Aplicación de la tasa de rentabilidad financiera en proyectos agropecuarios*. Banco de México. México. 71 p.
- GARCÍA, C. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones en la República Mexicana) UNAM 10ma ed. Instituto de Geografía 220 p.
- HERNÁNDEZ H., A. 2001. *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Editorial ECAPSA. México. 430 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA 2005. Censo de Población y Vivienda <http://www.inegi.gob.mx>. 15 de Enero de 2010.
- MUSÁLEM S., M. A. 1993. Estudio de prefactibilidad para el establecimiento de una plantación de bracatinga en la Región de Zihuateutla, Puebla. Puebla. México. 19 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1992. SAS/STAT. User's guide. Release 6.03 edition. Cary, N. C. USA. 1028 p.
- SAVVIDEES 1988. Risk analysis investment appraisal. Development discussing paper. Núm. 276. Harvard Institute for international development. Harvard University. EU. 120 p.
- SEMARNAT 2003 Anuario de la producción forestal año 2003. SEMARNAT. México. 70 p.
- ZAMUDIO S., F. 1992. Un análisis elemental Beneficio-Costo sobre la optimización de la utilidad en un sistema agroforestal. UACH. Chapingo, México. 18 p.