

# EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE MADERA DE PINO BAJO OPCIONES REALES EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA, MÉXICO

## EVALUATION OF PROFITABILITY OF PINE WOOD UNDER REAL OPTIONS IN NORTHERN SIERRA OF OAXACA, MÉXICO

Vásquez-García, A.<sup>1</sup>, Cetina-Alcalá, V.M.<sup>2\*</sup>, San Germán-Jarquín, D.M. de J.<sup>2</sup>, Matus-Gardea, J.A.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Postgrado en Economía, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, C. P. 56230, Montecillo Texcoco, Edo. de México. <sup>2</sup>Postgrado en Ciencias Forestal, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, C. P. 56230, Montecillo Texcoco, Edo. de México. <sup>3</sup>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Campo experimental Valle de México. Carretera Los Reyes- Texcoco, km. 13.5. INIFAP. C. P. 56250. Coatlinchán, Texcoco, Edo. de México.

\*Autor para correspondencia: vicmac@colpos.mx

### RESUMEN

Se realizó un análisis de rentabilidad de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México, donde el aprovechamiento forestal es únicamente maderable y se hace exclusivamente mediante la cosecha de árboles de diversas especies de pino, a través de sistemas de aprovechamiento de fustes enteros y de madera corta. La madera se clasifica a pie de calle según longitudes, calidades y se transporta al aserradero de propiedad comunal. Se recabó información económica para calcular los indicadores financieros y determinar la rentabilidad del aprovechamiento de madera de pino mediante el enfoque tradicional: Valor actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), complementada con el enfoque de opciones reales utilizando el método de Black Scholes considerando una opción de abandono y una opción de expansión. Mediante la evaluación de proyectos por el método tradicional se obtuvo un  $VAN > 0$ ,  $TIR = 34\%$  y relación beneficio costo = 1.04. Estos indicadores muestran que la empresa tiene una rentabilidad financiera positiva. La metodología de opciones reales indica que la opción de abandono es menos redituable comparada con la opción de expansión de acuerdo a los resultados obtenidos con una diferencia de \$14, 556,250 pesos mexicanos (\$18.90/USD).

**Palabras clave:** Valor actual neto, Tasa interna de retorno, opciones reales, abandono, expansión.

## ABSTRACT

A profitability analysis of pine wood was carried out in Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México, where forest exploitation is solely timber-yielding, and is done exclusively through the harvest of trees of various pine species, through exploitation systems of whole shafts and short wood. The wood is classified at street level according to lengths, qualities, and is transported to the communal property sawmill. Economic information was gathered to calculate the financial indicators and to determine the profitability of the pine wood exploitation through the traditional approach: Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), complemented by the real options approach using the Back Scholes method, considering an option of abandonment and an option of expansion. Through the evaluation of projects by the traditional method,  $NPV > 0$ ,  $IRR = 34\%$  and  $benefit-cost\ relation = 1.04$  were obtained. These indicators show that the enterprise has a positive financial profitability. The methodology of real options indicates that the option of abandonment is less profitable compared to the option of expansion, based on the results obtained, with a difference of \$14,556,250 MX pesos (\$18.90/USD).

**Keywords:** Net Present Value, Internal Rate of Return, real options, abandonment, expansion.

rez, inicio los primeros aprovechamientos forestales en la década de los cuarentas, con la concesión del bosque a Manuel F. García, quien generó empleo para los habitantes de la comunidad, sin retribuirles ningún otro beneficio colectivo de tipo económico o social (CONAFOR, 2013). El manejo de los recursos era realizado con metodologías europeas no adecuadas a las condiciones de los bosques mexicanos (Montes 1995). En el 2005, la comunidad toma el control del aprovechamiento de su bosque obteniendo el proceso productivo integrado desde el árbol en pie hasta su transformación en muebles (Figura 1).

Actualmente el aprovechamiento forestal maderable se realiza exclusivamente de acuerdo a la cosecha de árboles de las diversas especies de pinos, para madera en rollo y madera aserrada (Gasca, 2014). Esta última, sigue un proceso el cual se muestra en la Figura 2.

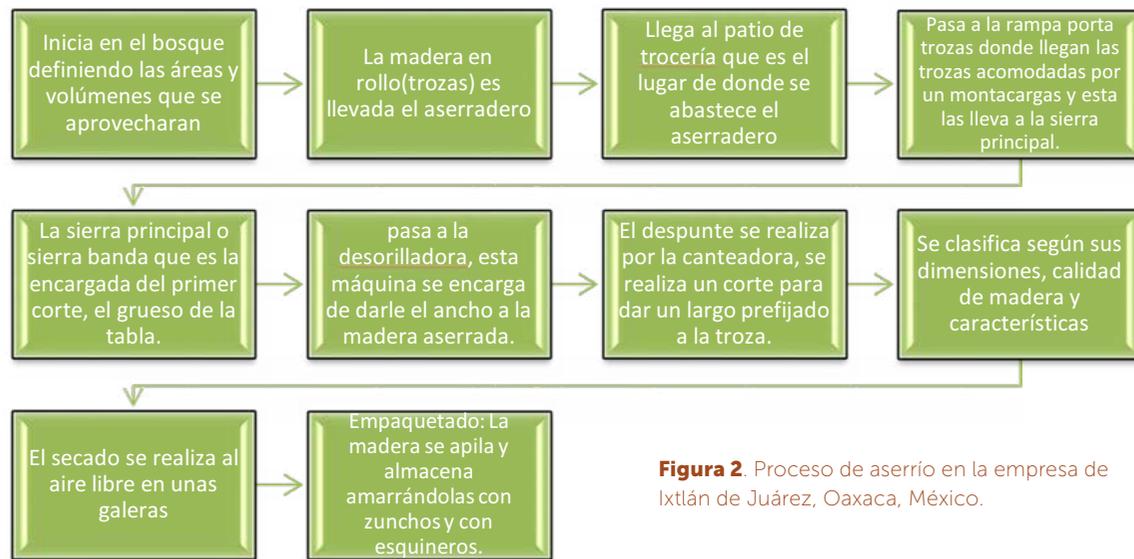
Sin embargo, desde el inicio del aprovechamiento forestal, ha habido una disminución importante en

## INTRODUCCIÓN

**El estado** de Oaxaca, México, tiene una superficie forestal de seis millones de hectáreas, equivalentes a 65.3% del territorio estatal. Los principales ecosistemas que integran esta superficie son: bosques de clima templado (51.7%), Selvas (44.2%), Matorral Xerófilo (0.7%), Manglar (0.4%), otras asociaciones (2.6%) y otras áreas forestales (0.4%). Estas cifras colocan a Oaxaca en el séptimo lugar a nivel nacional por su superficie forestal (PAT OAXACA, 2013). El municipio de Ixtlán de Juárez



**Figura 1.** Historia del aprovechamiento forestal en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Fuente: Elaboración propia con datos de Montes, 1995 y Sastre, 2008.



**Figura 2.** Proceso de aserío en la empresa de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.

la derrama económica, además hay poca información confiable de su productividad, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la rentabilidad financiera del aprovechamiento de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, por medio del método tradicional comple-

mentándolo con la metodología de opciones reales utilizando el método de Black Scholes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue en el estado de Oaxaca se ubica al sur del país; y el municipio de Ixtlán de Juárez se ubica a 65 km de la capital del estado en la región de la sierra norte, pertenece al Distrito de Ixtlán de Juárez (17° 20' N y 96° 29' O), a una altitud de 2,030 m. Ixtlán tiene una superficie total de 19.310,14 ha, de las cuales 12.389,5 están incluidas en el Programa de Manejo Forestal 2003-2013. En la Figura 3 se muestra la división del territorio en la zona urbana, la de aprovechamiento y la zona de conservación en el distrito de Ixtlán de Juárez.

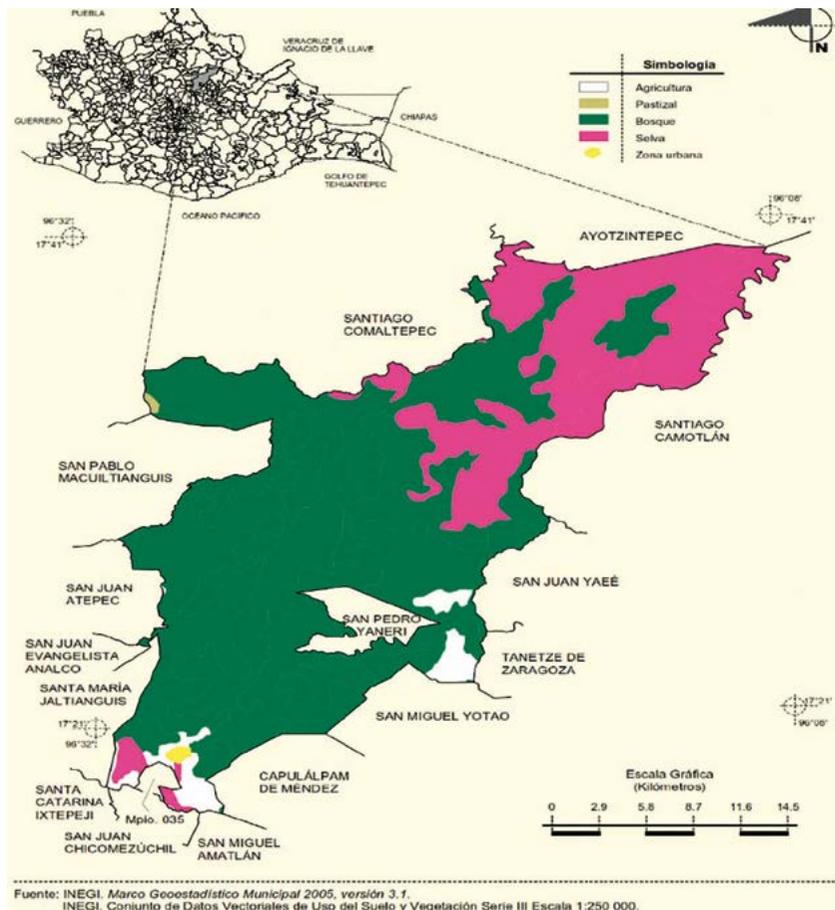
## METODOLOGIA

### Evaluación Tradicional

Se elaboró el presupuesto de inversión con todos los activos financieros que necesita la empresa para trabajar, así también el presupuesto de costos e ingresos. Con los presupuestos se calculó el flujo de efectivo, el punto de equilibrio y los datos necesarios para calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

### Valor Actual Neto (VAN)

Este indicador se determinó según Baca, (2010), el cual expresa que el valor actual



**Figura 3.** Uso de suelo y vegetación de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.  
Fuente: INEGI. Marco geo estadístico municipal 2005, versión 3.1.

neto se define como la sumatoria de los flujos netos anuales actualizados menos la Inversión inicial. Este indicador de evaluación representa el valor del dinero actual que se reportará en el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado. El VAN se determinó de la expresión:

$$VAN = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

Dónde:  $A$ : Inversión inicial;  $Q_i$ : Flujo neto del periodo  $i$ ;  $k$ : tasa de descuento o TREMA;  $n$ : años de duración del Proyecto

La tasa de descuento representa la tasa de interés a la cual los valores futuros se actualizan al presente. Un valor significativo se produce para  $VAN > 0$ , y significa que el proyecto cumple con las exigencias del inversionista, es decir, es la mejor alternativa que las que hay en el mercado en ese momento. Los criterios para la toma de decisión fueron:  $VAN > 0$ , el proyecto es rentable,  $VAN = 0$ , es indiferente realizar,  $VAN < 0$ , el proyecto no es rentable.

#### Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA)

González *et al.* (2002) explican que la TREMA es la tasa que representa una medida de rentabilidad, la mínima que se le exigirá al proyecto de tal manera que permita cubrir la totalidad de la inversión inicial, los egresos de operación, los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con capital ajeno a los inversionistas del proyecto, los impuestos, la rentabilidad que el inversionista exige a su propio capital invertido.

Se determinó la TREMA de acuerdo a Ocampo (2006) quien considera lo siguiente la tasa de interés o costo de capital, la inflación y la utilidad del inversionista.

$$TREMA = i + f + u$$

Dónde:  $i$ : tasa de interés;  $f$ : índice inflacionario (inflación);  $u$ : utilidad del inversionista.

El valor de la TREMA influye significativamente en el resultado del VPN: a mayor TREMA, menor VPN y viceversa.

#### La Tasa Interna de Retorno TIR

Se determinó según Baca (2010) que la define como la

tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero con la siguiente ecuación:

$$0 = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1 * TIR)^i}$$

La TIR muestra al inversionista la tasa de interés máxima a la que puede comprometer préstamos, sin que incurra en futuros fracasos financieros. Para lograr esto se busca aquella tasa que aplicada al Flujo neto de caja hace que el VAN sea igual a cero. A diferencia del VAN, donde la tasa de actualización se fija de acuerdo a las alternativas de Inversión externas, aquí no se conoce la tasa que se aplicará para encontrar la TIR; por definición la tasa buscada será aquella que reduce el VAN de un Proyecto a cero. En virtud a que la TIR proviene del VAN, primero se debe calcular el valor actual neto. La TIR se determina mediante aproximaciones sucesivas hasta acercarnos a un  $VAN = 0$ .

#### La relación beneficios a costos B/C

Este indicador muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Esta se determinó dividiendo los ingresos brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados. Para el cálculo generalmente se emplea la misma tasa que la aplicada en el VAN.

$$B/C = \frac{\text{Valor actual de los beneficios}}{\text{Valor actual de los costos}}$$

#### Evaluación con opciones reales por el método Black-Scholes

##### Opción de expansión

Las opciones de expansión constituyen la posibilidad de realizar inversiones adicionales ligadas al proyecto de inversión, en este proyecto la finalidad de esta inversión es aumentar la producción y la capacidad de la empresa al doble de acuerdo al supuesto de que el bosque se puede aprovechar y la demanda de madera aserrada es suficiente. Esto se realizará estableciendo un aserradero con la misma capacidad de producción y el mismo tipo de maquinaria, pagando un costo extra de \$15, 000,000 de pesos. Pudiendo elegir en el año cuatro continuar con la escala de producción o expandirla.

Para calcular la opción de expandir se usaron los siguientes datos:

- X: Precio del ejercicio (costo de la inversión).  
 S: El valor actualizado de los flujos de fondo por un periodo de cinco años.  
 T: El tiempo hasta el vencimiento del proyecto en este caso cinco años.  
 $\sigma$ : la volatilidad.

La volatilidad se calculó según Serna (2004) sobre el índice real de precios mensuales de madera aserrada obtenidos de deflactar los precios nominales para cada producto por el índice nacional de precios al consumidor (INPC) y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Volatilidad} = \sigma (\ln(p_t / p_{t-1})) * \sqrt{T}$$

Dónde:  $\sigma$ : desviación estándar;  $P_t$ : precio actual;  $P_{t-1}$ : precio anterior;  $T$ : Intervalo de acuerdo a los datos (12).

- Para calcular el valor de la opción de compra se utilizaron las fórmulas de Black Scholes (1973):

$$C = SN(d_1) - Xe^{rT}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

- Para calcular N (d1) y N (d2), se utiliza la tabla de distribución normal estandarizada. Y se sustituye en C.
- Para calcular la VAN con opción se usa la fórmula que sigue:

$$VAN\ TOTAL = VAN\ CLASICA + VAN\ CON\ OPCION$$

### Opción de abandono

Para la opción de abandono se usó la fórmula del modelo de Black-Scholes (1973) de vender

$$P = Xe^{rT}N(-d_2) - SN(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Dónde:  $P$ : Valor de la opción real de venta;  $X$ : Lo que me ofrecen por el proyecto en el año elegido;  $S$ : El valor presente del flujo de efectivo;  $r$ : tasa continua libre de riesgo;  $\sigma$ : volatilidad;  $d_1$  y  $d_2$ : Valores que se localizan en las tablas z de distribución normal.

Primero se calculan los valores  $d_1$  y  $d_2$ . Para obtener los valores de  $N(-d_1)$  y  $N(-d_2)$  se buscan en la tabla z y nótese que se debe cambiar de signo.

Para comprobar que los cálculos son correctos se usa la ecuación de comprobación

$$C - P = S - Xe^{-rT}$$

Para poder comprobar con la fórmula anterior se utilizó el mismo año que la opción de expansión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción anual de acuerdo al tipo y calidad de madera aserrada es la que se muestra en la Figura 4, la cual indica, que la madera aserrada que más se produce es la de tercera y cuarta calidad también se puede ver que la de menor producción es la de primera y segunda calidad.

Los resultados de acuerdo a la evaluación tradicional fueron los que se muestran en el Cuadro 1.

El  $VAN > 0$  por lo tanto el proyecto se acepta dado que es rentable, y que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del

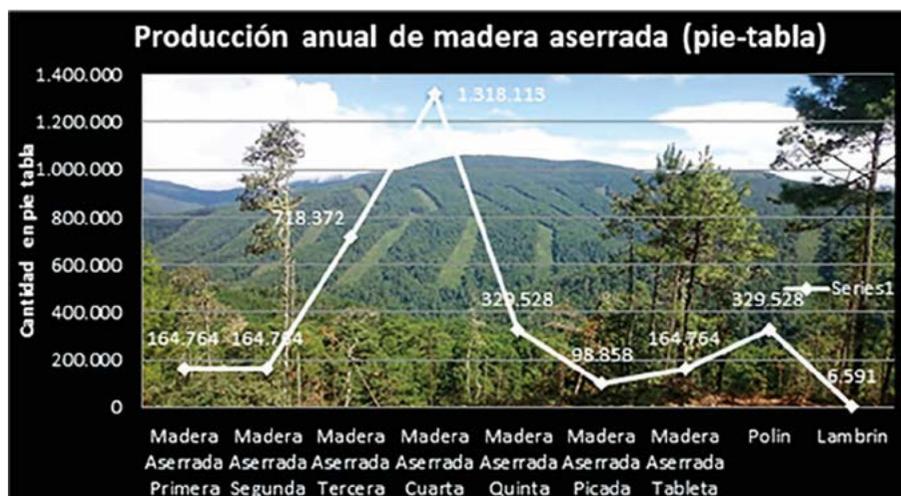


Figura 4. Cantidad producida en pie tabla de acuerdo a las calidades de madera.

**Cuadro 1.** Indicadores financieros de aprovechamiento de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.

Indicador	Valor
TREMA	25.74%
Valor Actual Neto	8,329,080
Relación Beneficio/Costo	1.05
Tasa Interna de Retorno	34%

Fuente: Elaboración propia.

27.74%, se va obtener una utilidad neta de \$8, 329,080 pesos. La TIR > que la tasa de actualización (TREMA), y esto quiere decir que se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad promedio de 34%. La Relación B/C es >1, A una tasa de actualización del 27.74%, por cada peso invertido se recupera la inversión y se tendrá 0.05 centavos de beneficio.

Los resultados obtenidos de la evaluación de opciones reales son los siguientes:

$$C = SN(d1) - Xe^{-rT}N(d2)$$

$$P = Xe^{-rT}N(-d2) - SN(-d1)$$

Fórmula de comprobación

$$C - P = S - Xe^{-rT}$$

$$15,993,965 - 1,437,714 = 29,325,905 - 14,769,654$$

$$14,556,51 = 14,556,251$$

De acuerdo a los resultados obtenidos por la metodología de opciones reales usando los datos del mismo año para efectuar una comprobación se puede ver cómo donde hay expansión el valor de la opción es de \$15,993,965, es decir, para tener la opción a comprar en el año nueve, un proyecto que vale hasta ese mismo año \$29,325,905 y en la fórmula de comprobación se observa que los cálculos son correctos debido a que nos da resultados iguales de acuerdo a la formula.

### CONCLUSIONES

La metodología de opciones reales no elimina a la metodología de evaluación de proyectos por el método tradicional, si no que se complementan. El valor de la opción a expandirse es de \$15,993,965. Esto es, para tener el derecho de comprar el proyecto en el noveno año por \$25,344,827, se debe pagar en la actualidad \$15,993,965, la opción de compra es muy redituable, por lo que conviene expandir el aserradero ya que se obtendrá un VAN total de \$24,323,045 comparado con el VAN inicial de \$8,853,919, por lo que hay una diferencia de \$15,993,965 que es el valor de la opción. El valor de la opción de abandono es de \$1, 437,714. Esto es, para tener el derecho de vender el proyecto en el noveno año por \$25,344,827, se debe pagar \$1,437,714, por lo cual la opción de venta es redituable. De acuerdo a los resultados obtenidos en los dos tipos de opciones la de abandono es menos redituable comparada con la opción con una diferencia de \$14,556,250 pesos. Con la

**Cuadro 2.** Evaluación de rentabilidad de aprovechamiento de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México por el método Black Scholes.

Opción a expandirse		Opción de abandono	
VAN	8,329,080.19	VAN	8,329,080.19
S=	29,325,905	S=	29,325,905
X=	25,344,827	X=	25,344,827
r=	0.06	r=	0.06
T=	9	T=	9
$\sigma^2$ =	0.062	$\sigma^2$ =	0.062
$\sigma$ =	0.248	$\sigma$ =	0.248
d1=	1.29	d1=	1.29
d2=	0.55	d2=	0.55
N(d1)	0.90	N(-d1)	0.10
N(d2)	0.71	N(-d2)	0.29
$Xe^{-rt}$	14,769,654	$Xe^{-rt}$	14,769,654
$s*N(d1)$ =	26,451,655	$s*N(-d1)$ =	2,874,250
C=	<u>15,993,965</u>	P=	<u>1,437,714</u>
VAN total=VAN+VAN de la opción	24,323,045	VAN total=VAN+VAN de la opción	9,766,794

Fuente: Elaboración propia.

metodología de opciones reales se mostró que se puede cuantificar el costo de la opción, ya sea de compra o venta que los productores tendrían que pagar para evitar pérdidas convirtiendo la incertidumbre y la flexibilidad en una oportunidad para invertir.

## LITERATURA CITADA

- Black F., Scholes M. 1973. The pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of political Economy*. N° 81. Mayo-Junio. Pp. 637-659
- Baca-Urbina G., 2010. Evaluación de proyectos. Sexta edición. Editorial Mc Graw Hill. 333 p
- CONAFOR. 2013. (Comisión Nacional Forestal), Gerencia Estatal de Oaxaca. Programa de Fomento a la Organización Social, Planeación y Desarrollo Regional Forestal. Oaxaca México 60 p
- Gasca-Zamora J., 2014. Gobernanza y gestión comunitaria de recursos naturales en la Sierra Norte de Oaxaca, Región y Sociedad. Vol.26. Num.60. Pp. 89-120.
- Montes N.A., González A., Correa A., Acosta M. 2002. Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Revista española de financiación y contabilidad*. Vol. 31. (112) pp. 395-492.
- INEGI. 2005. Marco geoestadístico municipal, versión 3.1. Áreas geostadísticas municipales. [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m\\_g\\_0.aspx](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_g_0.aspx)
- Montes N.A. 1995. "Uso y manejo de los recursos naturales en la comunidad de Ixtlán de Juárez." Tesis Licenciatura Biología. D.F., México, IPN. 74 p.
- Ocampo J.E. 2006. Costos y Evaluación de proyectos. México. Compañía Editorial Continental. Primera Edición, México. 143 p.
- Sastre-Merino S. 2008. Análisis de la gestión forestal comunitaria y sus implicaciones sociales en Ixtlán de Juárez, Oaxaca México. Documento de la Escuela Técnica de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. España. 290 p.
- Serna\_Calvo G.M. 2002. Valoración de opciones con sonrisas de volatilidad: Aplicación al mercado español de opciones sobre el futuro del índice IBEX-35. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*. Vol. XXXI (113) España. pp. 1203-1227.

