



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**EVALUACIÓN FINANCIERA DE UNA PLANTACIÓN
FORESTAL DE *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen**

EN TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA

LENI ZARAGOZA PERALTA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

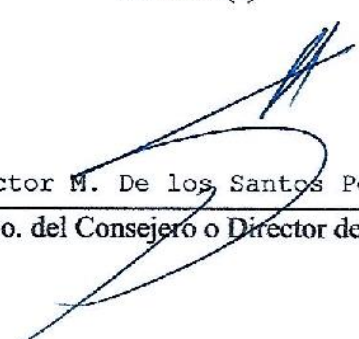
En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Leni Zaragoza Peralta, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Héctor M. De los Santos Posadas, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Evaluación Financiera de una Plantación forestal de Pinus chiapensis (Martínez) Andresen en Tlatlauquitec, Puebla

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 12 de febrero de 2018



Firma del
Alumno (a)



Héctor M. De los Santos Posadas

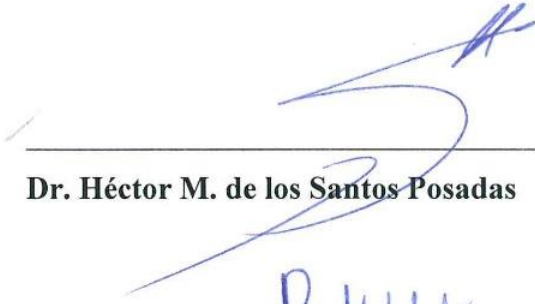
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada “**EVALUACIÓN FINANCIERA DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL DE *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen EN TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA**” realizada por la alumna: Leni Zaragoza Peralta bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
FORESTALES**

CONSEJO PARTICULAR

Consejero:
(Director de Tesis)



Dr. Héctor M. de los Santos Posadas

Asesor:



Dr. José René Valdez Lazalde

Asesor :



Dr. Juan Carlos Tamarit Urias

Montecillo, Texcoco, Estado de México, febrero de 2018

EVALUACIÓN FINANCIERA DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL DE *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen EN TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA

Leni Zaragoza Peralta, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Evaluar la rentabilidad de las plantaciones forestales comerciales es fundamental para establecer un plan de negocios congruente y realista. Si bien las plantaciones permiten obtener rendimientos acelerados de producción maderable, se debe maximizar la utilidad en términos financieros para que sean proyectos de inversión atractivos. Para evaluar la rentabilidad de una plantación de manera objetiva se debe conocer la dinámica de crecimiento y rendimiento, así como la distribución de productos esperada. Se presenta una actualización de un sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito con su componente implícito (distribución diamétrica) de una plantación forestal de *Pinus chiapensis* ubicada en el municipio de Tlatlauquitepec, al noreste del estado de Puebla. El sistema fue construido a partir de información dasométrica derivada de tres inventarios (2013, 2014 y 2017) realizados en 44 parcelas permanentes de muestreo de 400 m² medidas en una cronosecuencia de edades. El sistema incluye una familia de curvas de índice de sitio polimórficas basadas en el modelo de crecimiento de Hossfeld IV, además de ecuaciones compatibles de predicción y proyección para área basal, mortalidad y volumen total para estimar la productividad potencial. El sistema implícito utiliza el método de proyección de percentiles para obtener los parámetros de la distribución de probabilidad Weibull de tres parámetros. Se definieron cinco índices de sitio (IS) a una edad base de 8 años: 12, 14, 16, 18 y 20 m. El turno técnico en la calidad baja (IS 12) ocurre a los 25 años, en el promedio (IS 16) a los 21 años y en la productividad alta (IS 20) a los 17 años, con un rendimiento total de 478.65 m³ ha⁻¹ y un incremento medio anual de 28.15 m³ ha⁻¹/año. Los datos de producción maderable son la base para estimar la viabilidad financiera de las plantaciones. El turno financiero (TF) en IS 16 con una tasa de descuento del 5% ocurre a los 21 años, con un valor actual neto (VAN) de \$158,957.54, tasa interna de retorno (TIR) 14.0% y una relación beneficio costo (R B/C) de 3.7.

Palabras clave: Análisis financiero, crecimiento y rendimiento maderable, índice de sitio.

**FINANCIAL ASSESSMENT OF A *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen
PLANTATION IN TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA**

Leni Zaragoza Peralta, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

Assessing the profitability of a commercial forest plantation is fundamental to establish a consistent and realistic business plan. Although plantations allow for accelerated yields of timber, profit must be maximized to attract future investment. To objectively evaluate the profitability of a plantation the dynamics growth and yield dynamics as well as potential product distribution of the stands should be known. In this work an explicit (updated) and implicit system of growth and yield of a plantation of *Pinus chiapensis* located in the municipality of Tlatlauquitepec, northeast of the state of Puebla, is presented. The system was constructed based on data from three inventories (2013, 2014 and 2017) obtained in 44 permanent sampling plots of 400 m² measured in a chronosequence of ages. To estimate potential productivity, the system uses a family of polymorphic equations based on the Hossfeld IV model for dominant height. In addition, the system contains compatible prediction and projection equations for basal area, total volume and mortality. The implicit system uses the percentile projection method to obtain the parameters of the Weibull probability distribution of three parameters. Five site indexes (IS) were found at base age of 8-years: 12, 14, 16, 18 and 20 m. The volume rotation in low quality sites (IS 12) occurs at 25 years, in the average site (IS 16) at 21 years and highly productive site (IS 20) at 17 years with a total volume yield of 478.65 m³ ha⁻¹ and an mean annual increment of 28.15 m³ ha⁻¹/yr. The estimated yield per site index are the basis to the financial assesment. Calculating the financial indicators and three discount rates. The financial rotation (TF) for IS 16 m with a discount rate of 5% occurs at 21 years, with a net present value (NPV) of \$158,957.54, internal rate of return (IRR) 14.0% and a cost benefit ratio (RBC) of 3.7.

Keywords: Financial analysis, growth and yield, *Pinus chiapensis*

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de existir, y por todo lo otorgado.

A mi papá German Zaragoza Espíndola por instruirme con el ejemplo que, con trabajo duro y constante, se logran las metas y sueños.

A mi mamá Guadalupe Peralta Cuellar por impulsarme siempre a cumplir todos mis propósitos, por amarme y mostrarme el camino correcto... Sin ti estaría perdida.

A Yazmin por darme la oportunidad de compartir tantos momentos hermosos, risas, travesuras, enojos, tristezas, sueños...esta lista no tiene fin. Doy gracias a Dios por poner en mi camino a una amiga y a una hermana en la misma persona Eres muy importante en mi vida.

A mi hermano por su muestra de apoyo para continuar con esta etapa de preparación académica.

A Brayan, mi amor chiquito...llegaste a ser parte vital de nuestra familia.

A Gabriela Zacamolpa que a pesar de la distancia seguimos con nuestra amistad, gracias por darme la oportunidad de formar parte de tu vida y de tú familia.

A ti, por ser mi amigo, ante todo, por todo el apoyo y la comprensión que me diste durante esta etapa. Gracias por compartir 8 años de bellos momentos. Este logro es tuyo también.

Te amo...Fermin

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados por la oportunidad de continuar mi preparación durante dos años.

Agradezco al personal de investigación y administrativo del Postgrado en Ciencias Forestales por el apoyo que me brindaron durante mi formación.

Mi profundo agradecimiento por el apoyo brindado por mi consejero Dr. Héctor M. De los Santos Posadas. Gracias por aceptarme como su alumna y dirigir esta investigación, por las sugerencias, aportaciones y correcciones que enriquecieron mi trabajo, pero sobre todo por compartir sus conocimientos y experiencia profesional.

Agradezco al Dr. René Valdez Lazalde por su colaboración en mi formación académica y por sus comentarios tan acertados en la elaboración de esta investigación.

Agradezco al Dr. Juan Carlos Tamarit Urias por sus buenas sugerencias y la accesibilidad para la revisión del documento.

Gracias al Ing. Oscar Lemini por la disposición y el apoyo para realizar esta investigación en el predio y al Ing. Lauro Tonacatl por ser el contacto directo con el propietario.

A mi amigo Dorian Palacios por todo el apoyo recibido durante la fase de campo y en lo académico, además de la convivencia, pláticas y reuniones que permitieron crecer nuestra amistad. Gracias.

A compañeros y amigos que conocí durante estos dos años y que me brindaron la oportunidad de convivencia y amistad.

CONTENIDO

RESUMEN-----	iv
ABSTRACT -----	v
LISTA DE CUADROS -----	ix
LISTA DE FIGURAS -----	x
INTRODUCCIÓN GENERAL -----	1
GENERALIDADES -----	2
SISTEMA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO MADERABLE-----	2
Sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito-----	3
Calidad de estación-----	3
Índice de sitio (<i>IS</i>)-----	4
Sistema de crecimiento y rendimiento maderable implícito -----	5
EVALUACIÓN FINANCIERA DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES -----	5
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO -----	6
Localización geográfica -----	6
Clima y precipitación -----	6
Geología -----	7
Descripción de la plantación-----	7
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE -----	7
Ubicación taxonómica -----	7
Distribución -----	8
Descripción botánica-----	8
Vegetación-----	9
Suelos -----	9
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE -----	10
JUSTIFICACIÓN -----	10
OBJETIVOS -----	10
General -----	10

Específicos-----	10
LITERATURA CITADA -----	11
1. CAPÍTULO I. SISTEMA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO MADERABLE PARA PLANTACIONES DE <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, EN TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA -----	15
1.1. RESUMEN -----	15
1.2. ABSTRACT -----	16
1.3. INTRODUCCIÓN-----	17
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS -----	18
1.4.1. Área de estudio-----	18
1.4.2. Toma de datos en campo-----	19
1.4.3. Modelación de la altura total del árbol -----	20
1.4.4. Cubicación de árboles en pie -----	20
1.4.5. Sistema de crecimiento y rendimiento maderable de tipo explícito-----	21
1.4.6. Sistema de crecimiento y rendimiento de tipo implícito mediante Weibull -	25
1.4.7. Variables de estado por categoría diamétrica -----	28
1.4.8. Técnica y prueba de bondad de ajuste-----	28
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	28
1.5.1. Modelos de altura total-----	28
1.5.2. Sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito -----	30
1.5.3. Simulación de escenarios-----	38
1.5.4. Sistema de crecimiento y rendimiento de tipo implícito mediante Weibull -	43
1.6. CONCLUSIONES-----	47
1.7. LITERATURA CITADA-----	48
2. CAPÍTULO II. EVALUACIÓN FINANCIERA DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL MADERABLE DE <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen -----	51
2.1 RESUMEN -----	51
2.2. ABSTRACT -----	52
2.3. INTRODUCCIÓN-----	53
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS -----	53
2.4.1. Área de estudio-----	53
2.4.2. Información financiera-----	54

2.4.3.	Información de crecimiento y rendimiento maderable-----	57
2.4.4.	Weibull para modelar la distribución diamétrica -----	58
2.4.5.	Modelo de distribución de productos-----	59
2.4.6.	Actualización de costos de producción y precios de productos -----	60
2.4.7.	Cálculo de indicadores de rentabilidad-----	60
2.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	63
2.5.1.	Distribución de productos y valor de la producción -----	63
2.5.2.	Evaluación financiera de la plantación de <i>Pinus chiapensis</i> -----	71
2.6.	CONCLUSIONES-----	75
2.7.	LITERATURA CITADA-----	76
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES-----	78
	Conclusiones-----	78
	Recomendaciones finales -----	79
	ANEXOS-----	81
	Volumen comercial y desperdicio por tipo de producto e índice de sitio -----	81
	IS 12 -----	81
	IS 14 -----	85
	IS 16 -----	89
	IS 18 -----	93
	IS 20 -----	98
	Distribución porcentual (%) de sub productos respecto al volumen total árbol con corteza -----	102
	IS 12 -----	102
	IS 14 -----	106
	IS 16 -----	110
	IS 18 -----	114
	IS 20 -----	118
	Valor total de la producción por índice de sitio-----	124
	IS 12 Tasa de descuento 5.0 % -----	124
	IS 12 Tasa de descuento 6.8 % -----	125
	IS 12 Tasa de descuento 8.7 % -----	125

<i>IS 14</i> Tasa de descuento 5.0 % -----	126
<i>IS 14</i> Tasa de descuento 6.8 % -----	127
<i>IS 14</i> Tasa de descuento 8.7 % -----	128
<i>IS 16</i> Tasa de descuento 5.0 % -----	128
<i>IS 16</i> Tasa de descuento 6.8 % -----	129
<i>IS 16</i> Tasa de descuento 8.7 % -----	130
<i>IS 18</i> Tasa de descuento 5.0 % -----	131
<i>IS 18</i> Tasa de descuento 6.8 % -----	131
<i>IS 18</i> Tasa de descuento 8.7 % -----	132
<i>IS 20</i> Tasa de descuento 5.0 % -----	133
<i>IS 20</i> Tasa de descuento 6.8 % -----	134
<i>IS 20</i> Tasa de descuento 8.7 % -----	134

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Ecuaciones utilizadas para modelar la altura total del árbol a partir de variables alométricas.	20
Cuadro 1.2. Estructura de los modelos de altura dominante de predicción y proyección....	22
Cuadro 1. 3. Estadísticos de bondad de ajuste de los modelos de predicción de altura total del árbol.	29
Cuadro 1. 4. Parámetros de regresión de los modelos de predicción de altura total del árbol.	29
Cuadro 1.5. Estadísticos de bondad de ajuste de los modelos para estimar la altura dominante y familia de curvas (predicción-proyección).	31
Cuadro 1.6. Parámetros de regresión de los modelos para estimar la altura dominante e índice de sitio.	31
Cuadro 1.7. Estadísticos de bondad de ajuste mediante la técnica SUR de los modelos de predicción-proyección del SCRM explícito.	34
Cuadro 1.8. Parámetros estimados y nivel de significancia mediante la técnica SUR del sistema de ecuaciones de predicción-proyección que conforman el SCRM explícito.	34
Cuadro 1.9. Tabla de predicción del crecimiento y rendimiento maderable para los IS de 12, 14 y 16 m, con una densidad inicial de 120 árboles por hectárea.	39
Cuadro 1.10. Tabla de predicción del crecimiento y rendimiento maderable para los IS de 18 y 20 m, con una densidad inicial de 120 árboles por hectárea.	41
Cuadro 1.11. Estadísticas de bondad de ajuste de los modelos para el sistema implícito basado en percentiles mediante la función Weibull.	43
Cuadro 1.12. Parámetros estimados de los modelos de percentiles de la función Weibull.	43
Cuadro 2.1. Actividades y costos para la etapa de establecimiento y mantenimiento de la plantación de <i>Pinus chiapensis</i> . Año base 2012 (Ramírez-Maldonado, 2011)...	54
Cuadro 2.2. Resumen de costos anuales para la plantación de <i>Pinus chiapensis</i> . Año base 2012 (Ramírez-Maldonado, 2011).	55
Cuadro 2.3. Descripción del tipo de producto maderable y precio real que rige el mercado regional. Año base 2012 (Parra, 2017).	56
Cuadro 2.4. Distribución de productos ($m^{-3} ha^{-1}$) proyectado de la plantación de <i>Pinus chiapensis</i> con IS 12, 14, 16, 18 y 20 m.	64
Cuadro 2.5. Valor de la producción ($\$ m^{-3} ha^{-1}$) por tipo de producto para IS 12, 14, 16, 18 y 20 para la plantación de <i>Pinus chiapensis</i>	67
Cuadro 2.6. Indicadores financieros con tasas de descuento 5, 6.8 y 8.7% para plantaciones de <i>Pinus chiapensis</i>	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo en la plantación forestal comercial.	19
Figura 1.2. Comportamiento gráfico de la predicción de la altura total de los árboles con el modelo (5) seleccionado tipo Chapman-Richards con la <i>HD</i> y la edad.	30
Figura 1.3. Curvas promedio de crecimiento en altura dominante para <i>Pinus chiapensis</i> en Tlatlauquitepec, Puebla para los tres modelos probados de proyección.	32
Figura 1.4. Curvas polimórficas de índice de sitio para <i>Pinus chiapensis</i> y trayectorias de los datos observados en parcelas permanentes de muestreo.	33
Figura 1.5. Comportamiento gráfico del crecimiento en volumen por calidad de estación y datos de las parcelas permanentes de muestreo.	35
Figura 1.6. Incremento Medio Anual (<i>IMA</i>) e Incremento Corriente Anual (<i>ICA</i>) por calidad de estación.	36
Figura 1.7. Comportamiento gráfico del crecimiento en área basal por calidad de estación y datos de las parcelas permanentes de muestreo.	37
Figura 1.8. Número de árboles por categoría diamétrica a diferentes edades de la plantación por índice de sitio estimados con la función Weibull.	44
Figura 1.9. Número de árboles por categoría diamétrica a diferentes edades de la plantación para el índice de sitio con la función Weibull.	45
Figura 1.10. Volumen por categoría diamétrica por índice de sitio 12, 14, 16 y 18.	46
Figura 1.11. Volumen por categoría diamétrica para el <i>IS</i> 20.	47
Figura 2.1 Ubicación de la plantación y las parcelas permanentes de muestreo.	54
Figura 2.2. Distribución de productos por <i>IS</i> 12, 16 y 20 mediante el modelo de volumen comercial variable para la plantación de <i>Pinus chiapensis</i>	71
Figura 2.3. Comportamiento del valor actual neto (<i>VAN</i>) de la producción por índice de sitio con tasa de descuento de 5.0, 6.8 y 8.7 % para una plantación de <i>Pinus chiapensis</i>	74

INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante años, la humanidad ha convertido terrenos forestales a tierras agrícolas como base fundamental del desarrollo económico, por ello, las presiones sobre los recursos naturales crecen al ritmo acelerado del progreso económico. Hasta finales del siglo XIX, la mayor deforestación se registró en las regiones de clima templado, actualmente, es más elevada en regiones tropicales (FAO, 2016).

Ante esta situación, en 1997 el gobierno mexicano, a través de la Subsecretaría Forestal implementó el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), el cual fue rediseñado en el 2001 a través de la Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales de CONAFOR. El objetivo general definido fue establecer 875,000 ha de plantaciones forestales comerciales (PFC) para el año 2025 (García *et al.*, 2011).

Las plantaciones forestales constituyen una alternativa real de abasto y producción de satisfactores. Desde la perspectiva técnica, combinando el conocimiento silvícola, económico, social, ecológico y financiero, existen argumentos suficientes para decir que en México las plantaciones forestales son una opción viable con posibilidades de contribuir, en gran medida, al desarrollo económico del país (Zamudio *et al.*, 2010).

Evaluar la rentabilidad de las PFC es un proceso difícil pero necesario, para hacer de los pronósticos alentadores sobre ellas una realidad económica y financiera. Sin embargo, hay poca información confiable de su productividad, rentabilidad o de su adaptación a diferentes sitios y regímenes de manejo (Synnott, 2005), por lo que existe la necesidad de analizar si es viable o rentable invertir capital para su aprovechamiento comercial.

Evaluar la rentabilidad muchas veces se complica por el celo de la mayoría de las empresas plantadoras, que muchas veces se muestran reacias a proporcionar información sobre sus gastos operativos por hectárea, lo que dificulta comparar rendimientos financieros esperados al querer ejecutar proyectos similares (Parra, 2016).

En el estado de Puebla, se tiene un potencial de 75 mil 285 hectáreas para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales, tanto para clima templado como tropical (Méndez,

2014). Puebla se encuentra entre los cinco estados con la mayor superficie cubierta por plantaciones forestales comerciales (PFC). Dentro de las zonas con potencial en Puebla se encuentran los municipios de Teziutlán y Tlatlauquitepec.

La presente investigación aborda tres temas que son la base en el negocio de las plantaciones forestales de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla: (1) sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito, (2) sistema de crecimiento y rendimiento maderable implícito para estimar distribución de productos y (3) evaluación financiera bajo tres tasas de descuento y un esquema de gastos estandarizado.

GENERALIDADES

La presente investigación está compuesta por dos capítulos: el capítulo 1 detalla la construcción del sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito e implícito para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen; el sistema implícito se obtuvo mediante una modelación de distribuciones diamétricas de la plantación con la función de densidad de Weibull. Y en el capítulo 2 se presenta la evaluación financiera de la plantación mediante el cálculo de los indicadores valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio – costo, periodo de retorno y el valor esperado del suelo (*VAN*, *TIR*, *R B/C*, *PR* y el *VES*).

SISTEMA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO MADERABLE

Los sistemas de crecimiento y rendimiento maderable (SCRM) son un conjunto de herramientas cuantitativas para la planificación y administración forestal, ya sea en árboles o rodales. Estas herramientas generan información útil para el desarrollo del manejo forestal (Uranga, 2014) como el cálculo de posibilidad, regulación de cortas, realizar corridas financieras y comparar alternativas de uso de la tierra (Zepeda, 1998).

Los componentes clásicos de un SCRM son la altura dominante, diámetro cuadrático, área basal, número de árboles vivos y volumen que interrelacionados como un conjunto de ecuaciones describen cuantitativamente la dinámica del crecimiento forestal a través del tiempo (Galán *et al.*, 2008). Cada ecuación describe una relación diferente entre el conjunto de variables, sin embargo, se asume que todas esas relaciones ocurren de manera simultánea

(Borders y Bailey, 1986; Santiago-García *et al.*, 2013). Hay dos tipos de SCRM explícito e implícito.

Sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito

Los sistemas explícitos pueden clasificarse en compatibles o no compatibles. Buckman (1962) y Clutter (1963), iniciaron el desarrollo de los sistemas compatibles y establecieron que los componentes del crecimiento están relacionados entre sí y de manera alternativa. También fueron precursores en el desarrollo de ecuaciones de diferencia algebraica o funciones de transición, donde se pueden generar ecuaciones dinámicas de predicción y proyección, partiendo de un modelo de crecimiento base.

Con base a esto Torres y Magaña (2005), mencionan que el uso de las funciones expresadas en diferencia algebraica para altura dominante, área basal, número de árboles vivos y volumen pueden generarse ecuaciones dinámicas de predicción y proyección, que al obtenerse de un mismo modelo base suelen ser compatibles al compartir los mismos parámetros, ya que en el ajuste simultáneo de las ecuaciones se mejora la ganancia en la estimación de los parámetros al reducirse la suma de cuadrados de los residuos del sistema.

La técnica de ajuste de las ecuaciones del sistema es por regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios. No obstante, existen otras técnicas como la regresión aparentemente no correlacionada, que al usarla en ajustes simultáneos permite la mayor ganancia en la estimación de los parámetros y la compatibilidad total entre el modelo de predicción y el de proyección (Galán *et al.*, 2008). Por otro lado, se debe tener en cuenta que el sistema debe cumplir con las siguientes propiedades: interpretación biológica, comportamiento sigmoide con un punto de inflexión y con techos o pisos asintóticos, invarianza de ruta (transitividad) y parsimonia (Tamarit, 2013).

Calidad de estación

Se define como el potencial de producción de madera de un rodal o sitio para una especie o grupo de especies creciendo en una masa forestal definida (rodal). La calidad de estación permite clasificar los bosques según su potencial productivo (Clutter *et al.*, 1983), el cual es afectado por la suma de los factores bióticos y abióticos (suelo, topografía, clima y vegetación), que a su vez son el resultado de la historia geológica, de la fisiografía, el microclima y la sucesión vegetal (Lomelí, 2006).

La calidad de estación aporta información sobre la capacidad productiva de los sitios, por lo tanto, el conocimiento de la silvicultura que debe aplicarse. Su importancia radica en que puede convertirse en un estimador preciso de la máxima producción a una edad predeterminada (Ortega y Montero, 1988).

Para evaluar la calidad de estación, existen métodos directos e indirectos, en los primeros se considera la estimación en función de los datos dasométricos. Mientras que los segundos se realiza a partir de la relación que hay entre especies, de las características de la vegetación y de factores topográficos, climáticos y edáficos (Arteaga, 2000).

Índice de sitio (IS)

Es un método común en la evaluación de la calidad de estación en bosques coetáneos, dado por la relación entre la altura y edad de árboles dominantes de una especie, en respuesta a las condiciones ambientales en las que se encuentre y en un tiempo determinado a una determinada edad de referencia (Lomelí, 2006).

Las curvas de índice de sitio han sido ampliamente usadas por su relativa facilidad de interpretación y ser significativas en el cálculo de la productividad, como por su utilidad práctica en la aplicación de tablas de producción y operatividad en la toma de datos. Las curvas de índice de sitio pueden ser desarrolladas a partir de información de crecimiento en altura, de parcelas permanentes y análisis troncales. Comúnmente se obtienen de parcelas permanentes de muestreo, donde la muestra debe contener un amplio rango de clases de edad y altura (Ortega y Montero, 1988).

La relación de edad y altura dominante se obtiene mediante modelos de crecimiento y se usa para predecir el patrón de crecimiento y con este evaluar la calidad de estación. Las curvas de índice de sitio generadas con estos modelos, deben cumplir propiedades como un crecimiento sigmoide con un punto de inflexión, capacidad de alcanzar una asíntota horizontal a edades avanzadas y tener un comportamiento lógico, ser transitivas (invariantes de ruta) e invariantes con respecto a la edad base o edad de referencia (Vargas *et al.*, 2010).

Existen distintos modelos de crecimiento y procedimientos matemáticos para generar curvas de índice de sitio, los cuales modelan distintos patrones de desarrollo en altura. De

acuerdo a las técnicas de construcción, las curvas de índice de sitio básicas pueden ser anamórficas o polimórficas (Acosta, 1991).

Las curvas anamórficas, se caracterizan porque todas presentan la misma forma, ya que son proporcionales con pendiente constante entre ellas a una misma edad, con una tasa de crecimiento invariable para todos los sitios (Artega, 2000). Las curvas polimórficas, tienen pendientes variables, que generalmente no son proporcionales entre sí, no dependen unas de otras, por tal razón sus puntos de inflexión ocurren en edades diferentes (Acosta, 1991).

Sistema de crecimiento y rendimiento maderable implícito

El sistema implícito es un complemento del SCRM, que consiste en la modelación del número de árboles por categoría diamétrica, en un rodal sometido a intervenciones silvícolas que permite caracterizar las distribuciones diamétricas de poblaciones forestales.

Estas distribuciones son una herramienta importante para la planificación del manejo forestal. Es decir, al tener un rodal con una estructura bien definida de categorías diamétricas, permite definir claramente los tratamientos silvícolas que se le aplicarán, ya que el tamaño de los diámetros determina el destino industrial de la madera, el precio de los productos a obtener y el tipo de maquinaria a utilizar para la extracción y el transporte (Gorgoso *et al.*, 2007).

Existen varias funciones de probabilidad, las más comunes son la distribución Normal, la Weibull, la Log-Normal y la S_B de Jhonson. Sin embargo, la que ha sido más aplicada en la silvicultura es la función Weibull de tres parámetros (3P) porque es flexible y sencilla para la modelación de las estructuras diamétricas de especies forestales creciendo en bosques coetáneos y uni-específicos (Torres-Rojo *et al.*, 2000).

EVALUACIÓN FINANCIERA DE PLANTACIONES FORESTALES COMERCIALES

La diferencia entre los proyectos forestales y los demás tipos de proyectos agropecuarios es su largo periodo de maduración (intervalo de tiempo entre la inversión inicial y los beneficios productivos) (FAO, 1980). Los proyectos de plantaciones forestales son inversiones a largo plazo, por ello es relevante aplicar evaluaciones periódicas para comprobar si se están cumpliendo los objetivos. La evaluación de plantaciones es una

actividad dinámica que deben realizarse antes de su establecimiento (Torres y Magaña, 2001).

La evaluación de los proyectos de plantaciones forestales se divide en varias fases: evaluación técnica, evaluación financiera, evaluación socioeconómica, evaluación ambiental. Independientemente del objetivo de la evaluación, el proyecto enfatiza las prioridades y necesidades del propietario, grupo o beneficiarios; sus impactos y su eficiencia (Ruokonen, 1994).

El propósito de la evaluación de inversiones es esencialmente predecir el resultado de una inversión propuesta. Tal evaluación usa un conjunto de reglas para calcular el rendimiento a partir de los pronósticos estimados futuros de las variables de un proyecto. Los criterios de decisión que se aplican en los proyectos de inversión son: el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y la Relación Beneficio-Costo (Gittinger, 1982); adicionalmente, para los proyectos forestales, el período de retorno de la inversión (*PR*), el valor esperado del suelo (*VES*) y el valor actualizado de la riqueza (*VAR*) (Klemperer, 1996).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Localización geográfica

El municipio de Tlatlauquitepec se encuentra en la parte noreste del Estado de Puebla, sus coordenadas centrales son: 19° 50' 46" de latitud norte y 97° 29' 50" latitud oeste. Colinda al norte con Cuetzálán del Progreso; al este con Chignautla, Atempan y Yaonáhuac; al sur con Cuyoaco y al oeste con Zautla, Zaragoza y Zacapoaxtla, la altura sobre el nivel de mar varía entre 300 y 3,000 metros.

Clima y precipitación

Por su localización la zona de Tlatlauquitepec presenta una variedad de climas, una transición entre los climas templados y los cálidos. Siendo los siguientes tipos: semifrío subhúmedo con lluvias en verano, templado subhúmedo con lluvias en verano, templado húmedo con abundantes lluvias en verano y templado húmedo con lluvias todo el año. La precipitación tiene un rango de 600 a 4,100 mm. La temperatura media anual de 15.6°C.

Geología

En el municipio confluyen tres regiones morfológicas: el extremo noreste se ubica en la porción sur oriental del declive del Golfo; la parte central de la sierra norte y el declive austral de la Sierra de Puebla. El relieve es accidentado como característica topográfica principal, presenta un suave y después pronunciado, irregular y larguísimo declive de más de 25 kilómetros de largo que se inicia al sur en la zona montañosa de los oyameles, presenta una altitud de más de 3,000 metros, culmina en la ribera del río Apulco, a menos de 800 metros.

Descripción de la plantación

En los años 2007 y 2008 se estableció una plantación forestal comercial de *P. chiapensis* en una superficie de 70 ha. Posteriormente, durante los años 2009 al 2013 se estableció una plantación de 30 ha, sumando una superficie plantada de 100 hectáreas. La densidad de la plantación fue de 1,100 árboles ha⁻¹ con un espaciamiento de 4 m entre hileras y 2.25 m entre plantas. Asimismo, se utilizó un espaciamiento de 4 m entre hileras y 1.50 m entre plantas en tres hectáreas de las plantadas en 2007.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Ubicación taxonómica

Pinus chiapensis (Martínez) Andresen, identificado originalmente como *Pinus strobus* L. Es nativo de América del Norte, causó sorpresa al ser encontrado en el estado de Chiapas, sin haberse localizado en algún lugar intermedio, ni en el centro o el norte de México.

Se pensó al principio que podían haber sido árboles cultivados, pero una amplia investigación demostró que era silvestre. Martínez (1948) realizó una comparación con ejemplares de *Pinus strobus* de Estados Unidos y no encontró diferencia específica con el pino de Chiapas, sin embargo, fundado en que las hojas son más delgadas y finas, y los canales resiníferos son comúnmente tres en vez de dos, lo consignó como una variedad del *P. strobus* L. Andresen en 1966 recomendó que *P. strobus* var. *Chiapensis* Martínez fuera elevado de variedad a rango específico, como *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, dicha propuesta se basó en observaciones de campo de este taxón y evidencias de estudios de morfología y datos de progenie (Martínez, 2000).

Distribución

Pinus chiapensis es un árbol nativo de México y América Central. En México, es abundante en los estados de Oaxaca y Chiapas, aunque también se encuentra en manchones aislados en los estados de Guerrero, Puebla y Veracruz (Farjon y Styles, 1997). El rango altitudinal de la especie va de 150 a 2,300 m, su distribución se ubica dentro de los 15° 35' a 20° 00' de latitud norte y 92° 15' a 101° 20' de longitud oeste (Eguiluz, 1978). Se encuentra en bosques montañosos, áreas subtropicales a templados y cálidos, aledaños a las selvas altas con gran cantidad de lluvia y neblina del sureste mexicano y noreste de Guatemala (Del Castillo y Acosta, 2002; Romero, 2005).

Descripción botánica

Son árboles de tronco recto, de 25 a 30 m de altura o más, con un diámetro de un metro aproximadamente a la edad de 30 años, lo que representa incrementos medios anuales de 2 a 2.17 cm en diámetro y 0.83 a 1.0 metros de altura; con base a esto se considera una especie de rápido crecimiento (Domínguez, 1986). Presenta fuste recto, a veces bifurcado; con ramas extendidas que a veces cubren más de la mitad del fuste, libre de éstas hasta unos 10 o 20 m aproximadamente; copa densa con forma piramidal o cónica (Martínez, 1948; Andresen, 1964; Eguiluz, 1978).

La corteza es de color café, lisa a poco agrietada de superficie irregular, de unos 2 cm de espesor; en árboles jóvenes, en la parte superior del tallo y ramas es lisa y de color grisáceo a verde grisáceo; la parte baja del tallo es áspera, rugosa, fuerte y escamosa, descascarándose, con fisuras verticales largas, poco profundas, en color gris encendido y café (Téllez, 1999).

Fascículos con 5 acículas, de 7.5 a 13.0 cm de longitud, muy delgadas y finas, flexibles, colgantes, con color verde encendido a verde amarillento y glaucos en caras internas; tres ductos resiníferos usualmente, rara vez menos (algunas veces cuatro canales resiníferos). Vainas café amarillentas brillantes en acículas muy jóvenes, pronto deciduas, de 13-15 mm de longitud, yemas subcilíndricas, café rojizas y resinosas (Martínez, 2000).

Los conos se presentan solitarios y frecuentemente en grupos de dos y tres, laterales, colgantes, cilíndricos a ovoide-oblongos cuando abren, ligeramente ahusados en el ápice, muy resinosos, de 10 a 15 cm de longitud y de color café amarillento pálido, con pedúnculos largos, débiles y encorvados de 28 a 35 mm de longitud (Téllez, 1999).

Las semillas son vagamente triangulares, color negro, café oscuro o pardas; pequeñas, de 5.4 a 9 mm de largo por 4 a 8 mm de ancho; con una testa frágil y delgada, provista de un ala a la base, bien desarrollada, café oscuro con estrías longitudinales, de 25 mm de longitud y 5 a 7 mm de ancho, cotiledones 6 a 10; con 20 a 40 mm de longitud, hipocótilo de 20 a 70 mm de longitud (Téllez, 1999).

Vegetación

En el estado de Puebla *Pinus chiapensis* se encuentra asociado con *P. pseudostrobus*, *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya* spp., y *Platanus* spp. En Veracruz con *Platanus mexicana* y *Ulmus mexicana* en la zona de transición entre el bosque caducifolio y selva mediana subperenifolia (Romero, 2005). Eguiluz (1978) reportó que en los estados de Oaxaca y Guerrero la especie se encuentra en asociación con *Quercus acutifolia*, *Carpinus caroliniana*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus patula* var. *longipedunculata*, *Podocarpus* spp., *Clethra* spp., *Fraxinus* spp., *Populus* spp., y varias especies de Laurácea. En Chiapas generalmente se asocia con *Pinus patula* var. *longipedunculata* Mart., *Liquidambar* sp., y *Cedrela* sp.

Suelos

La especie habita generalmente en laderas de cerros, filos de serranías, pequeños lomeríos, cañadas, en zonas rocosas y en terrenos con pendientes de 24° a 42°. Cuando se le encuentra sobre lomas, las pendientes son muy suaves. También se le encuentra en terrenos expuestos a influencia marítima, en zonas donde existe humedad como en el fondo y laderas de cañadas (Romero, 2005). En su rango de distribución natural los suelos profundos, arenos-arcillosos y con pH de 5.5 a 6.5 (Martínez, 2000), mientras que Rodríguez (2004), reporta valores de 4.5 y 5.5 en las comunidades de Atzalán (Veracruz) y Tlatlauquitepec (Puebla) con suelos de buen drenaje, arenos-limosos y arcillo-arenos-limosos y con profundidades mayores a un metro. En Oaxaca se encontró en suelos con textura arcillo-arenosa de color pardo oscuro y un pH de 5.0 (Domínguez, 1986). Así como en suelos de Oaxaca y Guerrero con textura arenos-arcillosa, con menor profundidad y buen drenaje (Téllez, 1999). En Chiapas se encuentra en suelos con bajos contenidos de nitrógeno, fosforo, potasio, y calcio, en general baja fertilidad (Romero, 2005).

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

Desde el punto de vista comercial, es considerada como una especie prometedora para plantaciones en regiones tropicales y subtropicales. Su importancia radica en el rápido crecimiento alcanzado anualmente, con un máximo de 3 cm en diámetro (Donahue *et al.*, 1991). Por la ligereza, resistencia y color de su madera, se aprovecha de forma intensiva en zonas de transición de bosque mesófilo a bosque templado. Esto aunado a su reducida área de distribución, hace que se considere una especie en peligro de extinción, por lo cual se encuentra bajo el estatus de protección especial, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.

JUSTIFICACIÓN

La finalidad del establecimiento de las plantaciones forestales comerciales es principalmente para la producción de madera y sus derivados con el fin de abastecer la industria. Sin embargo, otro enfoque del establecimiento, es para proporcionar servicios ambientales (captura de carbono, estabilización de suelos, restauración de áreas degradadas, entre otras). Por otra parte, existe poca información sobre un Sistema de Crecimiento y Rendimiento Maderable construido para la plantación en base a una remediación. Aún se desconoce el aspecto financiero, por lo que existe la necesidad de analizar los indicadores que se basan en la relación de los costos y los beneficios económicos actualizados.

OBJETIVOS

General

Determinar la rentabilidad financiera de una plantación forestal comercial de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en Tlatlauquitepec, Puebla

Específicos

- Actualizar los modelos que integran el sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito (SCRM) y generar un SCRM implícito utilizando la función Weibull para determinar las distribuciones diamétricas.
- Evaluar la viabilidad financiera de la plantación mediante los criterios de decisión que se aplican en los proyectos de inversión.

LITERATURA CITADA

- Acosta, M. M. 1991. Modelo de Crecimiento para *Pinus montezumae* Lamb., en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- Andresen, J. W. 1964. The taxonomic status of *Pinus chiapensis*. *Phytologia* 10: 417-421.
- Arteaga, M. 2000. Evaluación dasométrica de plantaciones de cuatro especies de pinos en Ayotoxtla, Guerrero. *Ciencias Forestales y del Ambiente* 6 (2): 151-157.
- Buckman, R. 1962. Growth and yield of red pine in Minnesota. USDA Forest Service, Tech. Bull. 1272. 50 p.
- Clutter, J. L. 1963. Compatible growth and yield models for loblolly pine. *For. Sci.* 9: 354-371.
- Clutter, J. L., J.C. Forston, L. V. Pienaar, G. H. Brister, y R. L. Bailey. 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2007. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. 472 p.
- Del Castillo, R. F y S. Acosta. 2002. Ethnobotanical notes on *Pinus strobus* var. *chiapensis*. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 73 (2): 319-327.
- Domínguez, A. F. 1986. *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen: nuevo registro para Oaxaca, México. *Rev. Ciencia Forestal en México* 21(80): 131-137.
- Donahue, J. K., W. S. Dvorak y E. A. Gutiérrez. 1991. The distribution, ecology and gene conservation of *Pinus ayacahuite* and *Pinus chiapensis* in Mexico and Central America. *CAMCORE. Bulletin on Tropical Forestry* 8:1-28
- Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de Integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 623 p.

- FAO. 1980. Análisis económico de proyectos forestales. FAO: Montes 17. Roma, Italia. 280 p.
- FAO. 2016. El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. 137 p.
- Farjon, A. y B. T. Styles, 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. New York Botanical Garden. Bronx. 291 p.
- Galán, L. R., H. M. De los Santos-Posadas, y J. I. Valdez H. 2008. Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Madera y Bosques 14: 65-82
- García, C. X., B. Rodríguez S. y J. Islas G. 2011. Evaluación financiera de plantaciones forestales de caoba en Quintana Roo. Rev. Ciencia Forestal en México. 2 (7): 7-26.
- Gittinger H., P. 1976. Análisis económico de proyectos agrícolas. Tecnos-Serie Banco Mundial. Madrid, España. 241 p.
- Gorgoso, J. J., J. G. Álvarez G., A. Rojo, y J. A. Grandas Arias. 2007. Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales. 16(2): 113-123.
- Klemperer, W. D. 1996. Forest resource economics and finance. McGraw-Hill. 551 p.
- Lomelí, J. A. 2006. Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio de *Pinus douglasiana* en el ejido La Bautista, municipio de Ayutla, en el estado de Jalisco. Tesina de Maestría Tecnológica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 49 p.
- Martínez, C., M. 2000. Edad de transición de la madera juvenil a la madera madura de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen de Tanetze de Zaragoza, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 65 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2da. Ed. Botas. México, D. F. 361 p.

- Méndez, P. 2014. Impulsa Puebla el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. e-consulta. 12 p.
- Ortega, A. y G. Montero. 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica. *Ecología*. 2: 115-184
- Parra, P. J. P. 2016. Crecimiento y evaluación financiera para plantaciones de *Pinus patula* Schiede. *ex* Schltdl. *et* Cham., en Zacualpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 127 p.
- Rodríguez, A. M. 2004. Índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en su área de distribución natural en los estados de Puebla y Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- Romero, H. A. 2005. Tabla de Volúmenes para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en su área de distribución natural en los estados de Puebla y Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Ruokonen, M. 1994. Evaluación técnica de las plantaciones forestales en el estado de Veracruz. Estudio técnico No. 8 en Estudios Técnicos Forestales Realizados en Veracruz en el Marco del Acuerdo México – Finlandia. Veracruz. México.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. De la Maza. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 104 p.
- Synnott., T. J. 2005. Evaluación de las Plantaciones Forestales en el Área de Sian Ka'an–Calakmul en los estados de Quintana Roo y Campeche. Informe Final. Estudios Forestales Synnott S.C. Saltillo, Coahuila. México. 66 p.
- Tamarit, U. J.C. 2013. Cubicación, crecimiento y rendimiento maderable e inventario operativo para *Tectona grandis* en el sureste de México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 108 p.

- Tellez, P. M. 1999. Estado del Conocimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 396 p.
- Torres, R. J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa. D.F., México. 472 p.
- Torres-Rojo, J. M., O. S. Magaña-Torres, y M. Acosta-Mireles. 2000. Metodología para mejorar la predicción de parámetros de las distribuciones diamétricas. *Agrociencia* 34: 627-637.
- Vargas, L. B., G. J. G. Álvarez, R. J. J Corral y C. O. A. Aguirre. 2010. Construcción de curvas dinámicas de índice de sitio para *Pinus cooperi* Blanco. *Fitotecnia Mexicana*. 33 (4): 343-351.
- Zamudio, S. F. J., J. L. Romo L., J. O. A. Cervantes C. 2010. Evaluación financiera y de riesgo de una plantación forestal comercial en Zihuateutla, Puebla. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(1): 69-78.
- Zepeda, B. E. M. y A. Domínguez P. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engl., de El Poleo, Chihuahua. *Madera y Bosques* 4: 27-39.

**1. CAPÍTULO I. SISTEMA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO
MADERABLE PARA PLANTACIONES DE *Pinus chiapensis* (Martínez)
Andresen, EN TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA**

1.1. RESUMEN

Pinus chiapensis (Martínez) Andresen es considerada una especie prometedora para la producción de madera en regiones tropicales y subtropicales por su rápido crecimiento y alto valor comercial. Sin embargo, se conoce poco respecto a su dinámica de crecimiento y rendimiento maderable. El objetivo de este estudio fue actualizar un Sistema de Crecimiento y Rendimiento Maderable explícito con nuevas mediciones y generar el componente implícito que permita proyectar el volumen maderable, por categoría diamétrica, en plantaciones de *P. chiapensis* en Tlatlauquitepec, Puebla. El sistema explícito se ajustó mediante regresión aparentemente no correlacionada. Para ello, se utilizó información dasométrica derivada de tres inventarios 2014, 2015 y 2017 realizados en parcelas permanentes establecidas en una cronosecuencia de edades. La altura dominante se modeló con la ecuación de crecimiento polimórfica de Hossfeld IV. Para el resto de los componentes (área basal, mortalidad y volumen) se usaron ecuaciones compatibles de predicción y proyección obtenidas a partir de diferencia algebraica. Los datos de altura dominante sugieren que es posible identificar tres índices de sitio (IS) a una edad base de 8 años (12, 16 y 20 m). El turno técnico para producción maderable, en cada IS, se estimó en 25, 21 y 17 años respectivamente, con un volumen probable de 476, 493 y 478 m³ ha⁻¹. El sistema implícito utilizó la función de la distribución de probabilidad Weibull de tres parámetros y sugiere que el volumen maderable en arboles mayores de 30 cm de diámetro sucede a partir de los 8 años en el mejor índice de sitio, pero para el IS pobre es los 10 años.

Palabras clave: Índice de sitio, volumen, distribución diamétrica, *Pinus chiapensis*.

1.2. ABSTRACT

Pinus chiapensis (Martínez) Andresen is considered a promising species for plantations in tropical and subtropical regions. Its importance lies in its rapid growth and its high economic value. However, the dynamics of growth and timber yield of this species is unknown. Based on this, an explicit growth and yield system (SCRM) update is presented with an implicit component to describe diameter distribution of a *Pinus chiapensis* plantation. The first system is re-fitted with seemingly unrelated regression approach. Data was obtained from three inventories (2014, 2015 and 2017) made in 44 permanent plots sampling measured in a chronosequence of ages at Tlatlauquitepec, Puebla. The site index models consists of a polymorphic Hossfeld IV family and the SCRM was built for compatible prediction and projection equations for basal area, total volume and mortality. The implicit system used the three parameters Weibull probability distribution function. Three site indexes (IS) labeled as: low, average and high productivity (12, 16 and 20 base age 8 years) were identified. A timber yield table was constructed, which indicated the volume rotation for each IS are: 25, 21 and 17 years, with a potential yield of 476, 493 and 478 m³ ha⁻¹ respectively. The diameter distribution projects that timber volume for trees larger than 30 cm starts at age 8 for the best site index and 10 for the poorest site quality.

Key words: Timber yield and growth, diameter distribution, *Pinus chiapensis*.

1.3. INTRODUCCIÓN

En el manejo forestal es fundamental que los silvicultores tengan herramientas cuantitativas que les permitan simular y predecir los efectos que resultan de aplicar las actividades correspondientes al manejo forestal, en especial la silvicultura intensiva para que les permita conducir satisfactoriamente los rodales hacia cierta estructura meta y lograr un rendimiento sostenido de los productos forestales deseados (Santiago-García *et al.*, 2014). En este sentido, en bosques que estén bajo un manejo intensivo es necesario contar con modelos de crecimiento y rendimiento en donde se involucren un gran número de condiciones de manejo que describan el comportamiento de las variables del rodal en el tiempo (Zepeda y Acosta, 2000).

Los sistemas de crecimiento y rendimiento maderable (SCRM) son herramientas que facilitan la toma de decisiones, porque permiten predecir rendimientos y por lo tanto planear la cosecha del bosque, evaluar tratamientos de manejo alternativos y son básicos para la evaluación financiera (Quiñones *et al.*, 2015). Aunque se cuenta con algunos estudios sobre este tema en México, para algunas especies de coníferas y de latifoliadas, ya sea en poblaciones naturales o plantaciones forestales comerciales con el fin de satisfacer el mercado de productos maderables (Zepeda y Domínguez, 1998; De la Fuente *et al.*, 1998; Valdez-Lazalde y Lynch, 2000; Galán *et al.*, 2008; Magaña *et al.*, 2008, Santiago-García *et al.*, 2013; Santiago-García *et al.*, 2014; Fierros-Mateo *et al.*, 2017; Parra-Piedra *et al.*, 2017), aún se carece de información sobre modelos de crecimiento y rendimiento para muchas de las condiciones más promisorias.

La función de un SCRM es describir cuantitativamente el crecimiento maderable a través del tiempo, modelando las variables dasométricas de interés como altura dominante (*HD*), área basal (*AB*), número de árboles (*NA*) y volumen (*V*) (Santiago-García *et al.*, 2013). Las ecuaciones que componen el sistema describen relaciones diferentes entre el conjunto de variables, con base en el supuesto de que todas las relaciones ocurren simultáneamente (Borders y Bailey, 1986). Se identifican dos tipos de SCRM, el explícito y el implícito. El primero puede clasificarse en compatible o no compatible. Buckman (1962) y Clutter (1963), iniciaron el desarrollo de los sistemas compatibles y establecieron que los componentes del crecimiento están relacionados entre sí de manera alternativa, también fueron precursores en

el desarrollo de ecuaciones de diferencia algebraica o funciones de transición, donde se pueden generar ecuaciones dinámicas de predicción y proyección, partiendo de un modelo de crecimiento base.

Un SCRM implícito es un complemento del explícito que permite caracterizar la masa a partir de su distribución diamétrica potencial estimada con una función de probabilidad. Con la finalidad de mejorar la caracterización tanto del volumen por tipo de producto como del valor de los productos forestales a obtener. Existen varias funciones de distribución de probabilidades que se han usado, siendo las más comunes la distribución Normal, la Weibull, la Log-Normal y la S_B de Jhonson. Sin embargo, la que ha sido más aplicada en la silvicultura es el modelo Weibull de tres parámetros (3P) ya que tiene una variedad amplia de formas para modelar (Torres-Rojo *et al.*, 2000) y es matemáticamente sencilla. Se ha aplicado en México y se incluyen los trabajos de De la Fuente (1998) en *P. rudis* Endl, Maldonado y Navar (2002) en *P. durangensis*, *P. cooperi*, *P. engelmannii* y *P. arizonica* y de Parra-Piedra *et al.* (2017) en *P. patula*.

Los SCRM explícito e implícito son herramientas útiles para la toma de decisiones en el plan de cortas, abastecimiento de madera, ingresos futuros; asimismo para la cuantificación de biomasa y carbono. Los objetivos de este estudio fueron 1) actualizar un SCRM explícito desarrollado por Fierros-Mateo *et al.* (2017) y, 2) generar el SCRM implícito que permitirá proyectar el volumen maderable por categoría diamétrica de una plantación forestal comercial de *Pinus chiapensis* ubicada en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Área de estudio

El estudio se desarrolló con datos dasométricos de una plantación de *Pinus chiapensis*, establecidas al noroeste del municipio de Tlatlauquitepec en el estado de Puebla, la plantación está ubicada entre las coordenadas geográficas 19° 36' 24'' N y 97° 14' 42'' O y una altitud entre 1,110-1,512 m (Figura 1). El clima es templado húmedo, con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 15.6° C y un rango de precipitación de 600 - 4,100 mm. En la zona existen áreas de vegetación diversa, encontrando bosque mesófilo de montaña constituido por liquidámbar y jaboncillo, bosque de pino-encino y oyamel, además de áreas extensas de pastizal inducido,

1.4.2. Toma de datos en campo

Se realizó una medición y dos remediciones en parcelas permanentes. La primera medición y remediación se llevó a cabo en 2014 y 2015 respectivamente, en 44 parcelas permanentes. Mientras que la segunda remediación se hizo en 2017 en 32 parcelas (Figura 1.1). Las parcelas son cuadradas de 400 m² establecidas en 100 ha de plantaciones comerciales de *Pinus chiapensis*. La información dasométrica seminal obtenida de cada parcela fue: diámetro normal (*DN* en cm) con corteza de todos los árboles, altura de cinco árboles dominantes y codominantes (*HD* en m) (con la finalidad de optimizar la proporcionalidad y equivalencia de muestrear en promedio 100 árboles ha⁻¹), número de árboles vivos (*NA*) y edad de los árboles (*E*).

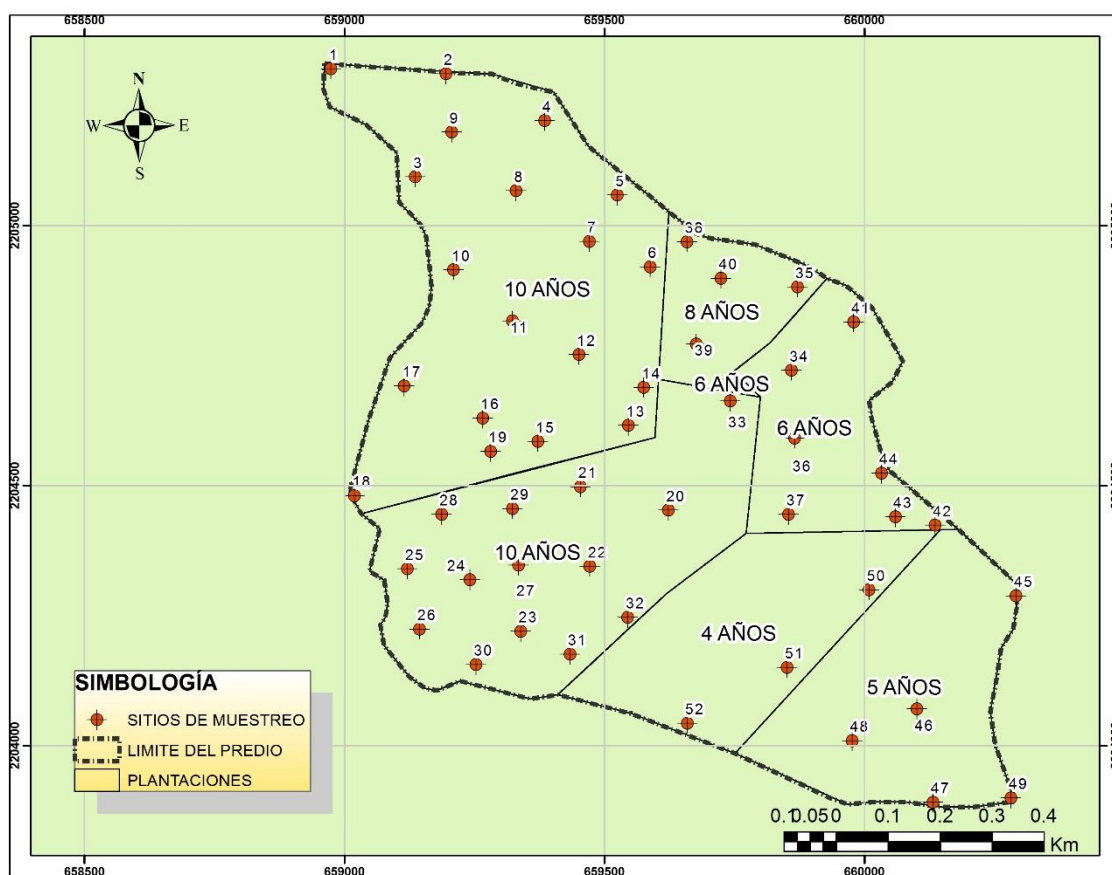


Figura 1.1. Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo en la plantación forestal comercial.

1.4.3. Modelación de la altura total del árbol

La altura total del árbol está fuertemente correlacionada con el diámetro normal; es por ello que las alturas medidas se usaron como una submuestra para estimar la altura total de cada árbol y cubicar los árboles a los cuales no se les midió la altura total mediante el ajuste de los modelos de crecimiento que se muestran en el Cuadro 1.1.

Cuadro 1.1. Ecuaciones utilizadas para modelar la altura total del árbol a partir de variables alométricas.

Nombre	Ecuación	Modelo
Tipo Chapman-Richards	$H = \alpha_0 \times (1 - e^{(-\alpha_1 \times DN)})$	(1)
Schumacher	$H = \alpha_0 \times e^{\left(\frac{-\alpha_1}{DN}\right)}$	(2)
Schreuder	$H = 1.3 + \alpha_0 \times DN^{\alpha_1}$	(3)
Tipo Chapman-Richards con altura	$H = \alpha_0 \times HD^{\alpha_1} \times (1 - e^{(-\alpha_2 \times DN)})$	(4)
Tipo Chapman-Richards con edad	$H = \alpha_0 \times HD^{\alpha_1} \times (1 - e^{(-\alpha_2 \times DN)}) \times E^{\alpha_0}$	(5)

H : altura total, HD : altura dominante, DN : diámetro normal, E : edad, α_i : parámetros a ser estimados por regresión.

1.4.4. Cubicación de árboles en pie

El volumen en pie se obtuvo con la ecuación de volumen total con corteza generada para esta especie por Martínez (2016), que proviene de datos de análisis troncales de 31 árboles, la cual tiene la siguiente estructura:

$$V = 0.000065 \times DN^{1.630512} \times H^{1.15635} \quad (6)$$

Donde:

V : volumen total con corteza en m^3 .

D : diámetro normal en cm.

H: altura total del árbol en m.

Posteriormente se estimaron las variables de estado (las variables para caracterizar una condición de crecimiento particular de un rodal) considerando la hectárea como unidad de superficie; los atributos del rodal generados fueron:

- Altura promedio de los árboles dominantes (*HD*, m)
- Área basal (*AB*, m²)
- Número de árboles vivos (*NA*)
- Volumen total (*V*, m³)

Todas referidas al índice de sitio (*IS*) como criterio para clasificar la calidad de estación (Clutter *et al.*, 1983)

1.4.5. Sistema de crecimiento y rendimiento maderable de tipo explícito

El SCRM explícito se conformó por, ecuaciones de predicción y de proyección para las variables de estado *HD*, *AB*, *NA* y *V*. El resultado de cada una de las variables fueron modelos para estimar el rendimiento futuro por hectárea y por índice de sitio (Clutter *et al.*, 1983). El primer paso para construir el sistema fue la selección de modelos de crecimiento base, para la altura dominante. Posteriormente mediante el método de diferencia algebraica (*ADA*) se derivó una condición futura en función de una situación inicial (Pienaar y Rheney, 1993). La altura dominante, área basal, número de árboles vivos y volumen se ajustaron como un sistema compatible.

Funciones de altura dominante

En este estudio se definió la altura dominante como el promedio de los cien árboles dominantes y codominantes por hectárea, por lo cual fue necesario identificar los cinco árboles de mayor altura por sitio y promediarlos para obtener la altura dominante de cada parcela permanente de muestro.

Para reajustar los modelos en *HD* generado por Fierros-Mateo *et al.* (2017) de predicción y proyección se utilizaron 76 pares de datos no traslapados, correspondientes al promedio de alturas dominantes y edades que van de 4 a 10 años. La familia de curvas de índice de sitio (*IS*) al utilizarse el método de diferencia algebraica (*ADA*) tiene la forma:

$H_2 = f(A_1, E_2, E_1, \beta)$, donde A_2 : altura dominante proyectada o índice de sitio a la edad E_2 (edad de proyección), A_1 : altura dominante (a una edad base de 8 años) medida a una edad inicial (E_1), β : vector de parámetros de regresión (De los Santos-Posadas *et al.*, 2006; Parra-Piedra *et al.*, 2017).

Se consideraron dos hipótesis de crecimiento: anamórfica y polimórfica (Cuadro 1.2). La hipótesis básica de las curvas anamórficas, es que las tasas relativas de crecimiento en HD entre sitios es constante pero su potencialidad máxima varía (Clutter *et al.*, 1983). La hipótesis de las curvas polimórficas se basa en que la tasa de crecimiento es variable en todos los sitios, pero la potencialidad máxima es común (asíntotas constantes) (Bailey y Clutter, 1974).

Cuadro 1.2. Estructura de los modelos de altura dominante de predicción y proyección.

Nombre	Modelo de predicción	Modelo de proyección
Hossfeld IV polimórfico	$HD_1 = \frac{\alpha_0}{1 + e^{\alpha_1} \times e^{[-\alpha_2 \ln(E_1)]}}$	$HD_2 = \frac{\alpha_0}{1 + \left(\frac{\alpha_0}{HD_1} - 1\right) \times \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\alpha_2}}$
Weibull polimórfico	$HD_1 = \alpha_0 \times \left(1 - e^{-\alpha_1 \times E_1^{\alpha_2}}\right)$	$HD_2 = \alpha_0 \times \left[1 - \left(1 - \frac{HD_1}{\alpha_0}\right)^{\left(\frac{E_2}{E_1}\right)^{\alpha_2}}\right]$
Schumacher anamórfico	$HD_1 = \alpha_0 \times e^{\left[-\alpha_1 \left(\frac{1}{E_1}\right)\right]}$	$HD_2 = HD_1 \times \left[\frac{e^{\left(\frac{-\alpha_1}{E_2}\right)}}{e^{\left(\frac{-\alpha_1}{E_1}\right)}}\right]$

Donde:

HD_1, E_1 : altura dominante en metros a la edad E_1 en años (condiciones iniciales).

HD_2, E_2 : altura dominante a proyectar en metros a la edad E_2 de proyección en años.

ln : logaritmo natural

α_i : parámetros a estimar

e : función exponencial

Funciones de área basal

Se reajustó en forma simultánea y compatible el sistema de crecimiento en área basal conformado por modelos de predicción y proyección. Para el ajuste del área basal (AB), se utilizaron 76 pares de datos sin traslape.

El AB es una variable altamente correlacionada con el volumen total, mide de manera directa la densidad del rodal, por lo que el siguiente paso fue ajustar los modelos de predicción y proyección (compatibles) para caracterizar el estado promedio del rodal a una edad definida. Los modelos ajustados fueron los desarrollados por Torres y Magaña (2001), teniéndose las siguientes estructuras de diferencia algebraica:

Modelo de predicción

$$AB_1 = e^{\left(\frac{-\beta_1}{E_1}\right)} \times HD_1^{\beta_2} \quad (7)$$

Modelo de proyección

$$AB_2 = AB_1 \times \left(\frac{HD_2}{HD_1}\right)^{\beta_2} \times e^{\left(\frac{-\beta_1 + \beta_1}{E_2 + E_1}\right)} \quad (8)$$

Donde:

AB_1, HD_1, E_1 : área basal, altura dominante y edad por ha a la edad inicial.

AB_2, HD_2, E_2 : área basal, altura dominante y edad por ha a la edad proyectada.

β_i : son los parámetros a estimar.

Dentro del SCRM es imprescindible esta función, para conocer y evaluar el efecto de los diferentes niveles de densidad y rendimiento maderable, así como planear las actividades

silviculturales para cada condición del bosque como la aplicación de aclareos (Santiago *et al.*, 2014).

Número de árboles vivos

Para la predicción explícita, es necesario realizar una estimación del número de árboles vivos en un tipo futuro: sin embargo, esta es la más difícil de predecir, ya que son funciones de riesgo que se modelan como variables continuas (Santiago *et al.*, 2013). No obstante, es posible lograr buenas predicciones siempre que se pueda contar con un amplio rango de los cambios en el número total de individuos (Torres y Magaña, 2001).

Para determinar el número de árboles vivos en un tiempo determinado se ajustaron las siguientes funciones compatibles propuestas por Torres y Magaña (2001). Donde se destaca un parámetro que representa la tasa de mortalidad (ω_1); este parámetro multiplica directamente a la edad (Parra-Piedra *et al.*, 2017). Teniéndose las siguientes estructuras de diferencia algebraica:

Modelo de predicción

$$NA_1 = \omega_0 \times e^{(-\omega_1 \times E_1)} \quad (9)$$

Modelo de proyección

$$NA_2 = NA_1 \times e^{[-\omega_1(E_1 - E_2)]} \quad (10)$$

Donde:

NA_1, E_1, NA_2, E_2 : número de árboles por ha y edad en la condición inicial y proyectada respectivamente.

ω_i : parámetros de regresión.

Funciones de volumen

Para modelar el volumen se utilizaron las siguientes ecuaciones compatibles de predicción y proyección que incluyen en su estructura las variables: área basal, altura

dominante y número de árboles propuestas por Tamarit *et al.* (2013), teniéndose las siguientes expresiones en diferencia algebraica:

Modelo de predicción

$$V_1 = \gamma_0 AB_1^{\gamma_1} \times HD_1^{\gamma_2} \times e^{\left(\gamma_3 \frac{NA_1}{E_1}\right)} \quad (11)$$

Modelo de proyección

$$V_2 = V_1 \times \left(\frac{AB_2}{AB_1}\right)^{\gamma_1} \times \left(\frac{HD_2}{HD_1}\right)^{\gamma_2} \times e^{\left(\gamma_3 \times \left(\frac{NA_2}{E_2} - \frac{NA_1}{E_1}\right)\right)} \quad (12)$$

Donde:

$V_1, AB_1, HD_1, NA_1, E_1$: son volumen, área basal altura dominante, número de árboles por ha en su condición inicial.

$V_2, AB_2, HD_2, NA_2, E_2$: son volumen, área basal, altura dominante, número de árboles por ha en la condición proyectada.

γ_i : parámetros a ser estimados.

Los modelos incorporan las variables de estado más importantes del rodal, con las que es posible predecir en tiempo actual y futuro el rendimiento maderable.

1.4.6. Sistema de crecimiento y rendimiento de tipo implícito mediante Weibull

Las variables de estado propuestas son área basal por hectárea (AB , $m^2 ha^{-1}$), número de árboles por hectárea (NA) y el diámetro cuadrático (Dq) que corresponde al diámetro del árbol de área basal media, se estimó como:

$$Dq = \sqrt{\frac{40,000}{\pi} \times \frac{AB}{NA}} \quad (13)$$

Las alturas medidas se usaron para estimar la altura total de cada árbol mediante un modelo que relaciona la altura dominante (HD), diámetro normal (DN) y la edad (E): $H_i = 4.943241 \times HD^{0.234637} \times (1 - e^{(-0.103358 \times DN)}) \times E^{0.264676}$ donde HD : altura dominante, DN : diámetro normal y E : edad. El volumen total con corteza se calculó con el modelo: $V =$

$0.000065 \times DN^{1.630512} \times H^{1.15635}$ (Martínez, 2016) dónde H : altura total del árbol y DN : diámetro normal.

Para realizar la predicción implícita del rendimiento se implementó la metodología con base al enfoque de distribuciones sugerido por Clutter *et al.* (1983). Las distribuciones teóricas se obtuvieron con la función de densidad de probabilidad (fdq) Weibull de tres parámetros (16); con los parámetros: a de localización, b de escala y c de forma. Los parámetros b y c siempre son positivos. El parámetro a , puede tomar valores negativos, cero o positivos, pero se limita a ser positivo para representar una distribución de diámetros y es el valor mínimo de la variable.

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} e \left[-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right] \quad (14)$$

$(a \leq x \leq \infty) = 0$, de otra forma

Donde a es el parámetro de localización, b el de escala y c el de forma. La función define el valor de densidad de probabilidad asociada a una variable aleatoria, para este estudio fue el diámetro normal ($x = DN$) (Santiago-García *et al.*, 2014; Parra-Piedra *et al.*, 2017). La distribución acumulada de forma cerrada de la función es:

$$f(x) = 1 - e \left[-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right] \quad (15)$$

$(a \leq x \leq \infty); = 0$, de otra forma

Los valores de los parámetros b y c son positivos, en tanto que a puede ser negativo cero o positivo. Sin embargo en la modelación de distribución de clases diamétricas a no debe ser negativo (Clutter *et al.*, 1983). Conociendo los parámetros de esta función la proporción de la población comprendida dentro de un cierto intervalo está dada por:

$$P(L < X < U) = e \left[-\left(\frac{L-a}{b} \right)^c - \left(\frac{U-a}{b} \right)^c \right] \quad (16)$$

Donde P es la proporción de árboles de la clase diamétrica correspondiente, L y U son el límite inferior y superior de la categoría diamétrica, e es la función exponencial y X es la categoría diamétrica.

Para el estudio se consideraron categorías diamétricas de 5 cm. Para generar

estimaciones de distribuciones diamétricas, se estimaron los tres percentiles centrados en el diámetro cuadrático. Los percentiles 0, 63 y 95 resultaron eficientes. Así, las ecuaciones de predicción de percentiles tomaron la siguiente forma:

$$p0 = \varphi_0 \times Dq^{\varphi_1} \times AB^{\varphi_2} \quad (17)$$

$$p63 = \omega_0 \times Dq^{\omega_1} \quad (18)$$

$$p95 = \xi_0 \times Dq^{\xi_1} \quad (19)$$

Donde $p0$, $p63$, $p95$: corresponden al percentil cero, 63 y 95, respectivamente, Dq : diámetro cuadrático medio en cm y AB : área basal en $m^2 ha^{-1}$, $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \omega_0, \omega_1, \xi_0, \xi_1$: son los parámetros a ser estimados mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios.

Los percentiles se utilizan para la recuperación de parámetros de la distribución Weibull bajo el criterio de Piennar *et al.* (1996). Los parámetros se estimaron mediante el método de momentos, el cual ha sido probado con resultados satisfactorios (Santiago-García *et al.*, 2014; Quiñonez-Barraza *et al.*, 2015; Parra-Piedra *et al.*, 2017), utilizando las siguientes ecuaciones:

Para el parámetro de localización (a):

$$a = \begin{cases} p0 - 2.5 & \text{si } p_0 \geq 5 \text{ cm} \\ \frac{p0}{2} & \text{de otra forma} \end{cases} \quad (209)$$

Con el parámetro de localización se estimó el parámetro de forma (c) y de escala (b):

$$c = \ln[(-\ln(1 - 0.95))/(-\ln(1 - 0.63))] / \ln((p95 - a)/(p63 - a)) \quad (21)$$

$$b = a \times \frac{\Gamma_1}{\Gamma_2} + \left[\left(\frac{a}{\Gamma_2} \right)^2 \times (\Gamma_1^2 - \Gamma_2) + \frac{Dq^2}{\Gamma_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

Dónde $\Gamma_1 = \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$, $\Gamma_2 = \Gamma\left(1 + \frac{2}{c}\right)$, $\Gamma(\cdot)$ es la función Gamma, las demás variables ya fueron definidas previamente.

1.4.7. Variables de estado por categoría diamétrica

El número de árboles por clase diamétrica se obtuvo como se muestra a continuación:

$$NA_{(CD)} = P(L < X < U) \times NAHA$$

Donde: $NA_{(CD)}$ es la distribución de la clase diamétrica por hectárea, $P(L < X < U)$ es la función de densidad de probabilidad para el intervalo de esa misma categoría diamétrica (CD) y $NAHA$: es el número de árboles por hectárea residuales a una edad determinada. El volumen por hectárea por categoría diamétrica se obtuvo con la expresión:

$$V_{(CD)} = NA_{(CD)} \times V_i$$

Donde:

$NA_{(CD)}$: número de árboles de la distribución de la clase diamétrica.

1.4.8. Técnica y prueba de bondad de ajuste

Todos los elementos del SCRM (altura dominante, área basal, número de árboles y volumen) se ajustaron simultáneamente con regresión aparentemente no correlacionada (SUR, siglas en inglés) utilizando SAS/ETS® (SAS Institute Inc., 2008). En la selección del mejor modelo para HD se consideraron como criterios de bondad, el coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros R_{adj}^2 , la suma de cuadrados del error (SCE), el cuadrado medio del error (CME), el nivel de significancia de los parámetros ($Pr > |t|$) y la modelación lógica de las curvas con respecto al gráfico de los datos observados. La técnica SUR permite una ganancia en la estimación de los parámetros porque los componentes del error se correlacionaron en el sistema de ecuaciones, asimismo permitió la compatibilidad total entre el modelo de predicción y el de proyección (Galán *et al.*, 2008).

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1. Modelos de altura total

Las alturas totales de los árboles por parcela se calcularon con el modelo de crecimiento seleccionado que presentó el mejor ajuste, las cuales fueron usadas para calcular el volumen individual por árbol para así poder actualizar el SCRM explícito. Los modelos tipo Chapman-Richards que involucran a la altura (4) y la altura con la edad (5) resultaron ser los mejores en contraste con el de Schumacher. Los parámetros de los cinco modelos

evaluados fueron significativos. Sin embargo, basándose en los estadísticos de ajuste los cinco modelos presentan poca diferencia, siendo ligeramente superior el modelo Tipo Chapman-Richards con edad. Se eligió el modelo (5) porque es el apropiado para predecir la altura total de los árboles (Cuadro 1.3 y Cuadro 1.4).

Cuadro 1. 3. Estadísticos de bondad de ajuste de los modelos de predicción de altura total del árbol.

Modelo	SCE	CME	R ²
(1)	4322.4	3.1367	0.8664
(2)	5596.3	4.0612	0.8271
(3)	4554.7	3.3053	0.8593
(4)	3501.8	2.5431	0.8918
(5)	3406.8	2.4759	0.8947

SCE: suma de cuadrados del error. CME: cuadrado medio del error; R²: coeficiente de determinación

Cuadro 1. 4. Parámetros de regresión de los modelos de predicción de altura total del árbol.

Modelo	Parámetro	Valor	Error estándar	Valor t	P > t
(1)	α_0	20.94661	0.451	46.45	<.0001
	α_1	0.058237	0.00211	27.66	<.0001
(2)	α_0	19.24699	0.1966	97.88	<.0001
	α_1	6.353271	0.1253	50.72	<.0001
(3)	α_0	1.248117	0.0411	30.37	<.0001
	α_1	0.780636	0.0115	68.04	<.0001
(4)	α_0	5.165656	0.3761	13.74	<.0001
	α_1	0.421327	0.0229	18.37	<.0001
	α_2	0.098089	0.00346	28.35	<.0001
(5)	α_0	4.943241	0.3517	14.06	<.0001
	α_1	0.234637	0.038	6.17	<.0001

α_2	0.103358	0.00361	28.63	<.0001
α_3	0.264676	0.0423	6.26	<.0001

Pr>|t|: prueba de significancia de parámetros; <0.0001 es altamente significativo; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$: parámetros de la regresión.

Cabe resaltar que el modelo que tuvo el mejor ajuste presenta como variables explicatorias a la altura dominante y la edad, además del diámetro normal; sin embargo, para utilizar este modelo es necesario haber medido o estimado previamente la altura dominante en el predio. En este tipo de modelo se tiene la ventaja de incluir la altura dominante y con ello reflejar el potencial de crecimiento del rodal al estimar la altura total del árbol. En la Figura 1.2 se presenta la predicción de la altura total de los arboles restantes de los sitios, calculada mediante el modelo (5) seleccionado.

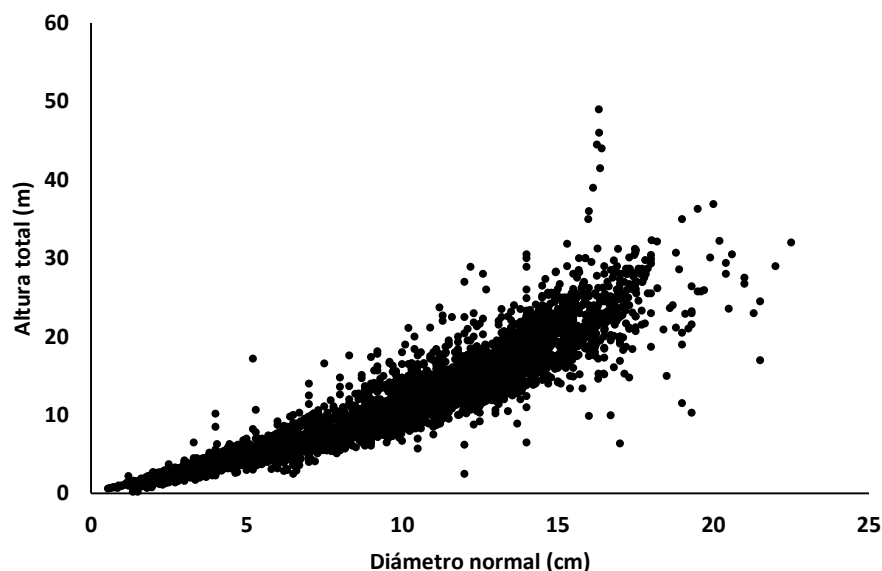


Figura 1.2. Comportamiento gráfico de la predicción de la altura total de los árboles con el modelo (5) seleccionado tipo Chapman-Richards con la *HD* y la edad.

1.5.2. Sistema de crecimiento y rendimiento maderable explícito Modelos de altura dominante

En el Cuadro 1.5 se muestran los resultados del ajuste simultáneo de los sistemas compatibles de las respectivas ecuaciones de predicción y proyección evaluadas para la altura dominante.

Cuadro 1.5. Estadísticos de bondad de ajuste de los modelos para estimar la altura dominante y familia de curvas (predicción-proyección).

Modelo	Predicción			Proyección		
	SCE	CME	R ²	SCE	CME	R ²
Hossfeld IV polimórfico	169.3	2.2877	0.8461	138.4	184.52	0.8814
Weibull polimórfico	176.8	2.3895	0.8393	175.3	2.3375	0.8498
Schumacher anamórfico	176.8	2.3726	0.8393	196.2	2.599	0.8319

SCE: suma de cuadrados del error. CME: cuadrado medio del error; R²: coeficiente de determinación.

Los tres sistemas probados tuvieron buenos ajustes con base a los criterios estadísticos evaluados: valores más bajos de SCE, CME y valores altos del coeficiente de determinación (R²). El mejor modelo de ajuste para altura dominante es la expresión de Hossfeld IV polimórfico comparado con el de Weibull polimórfico, difiere el primero por tener menor suma de cuadrados del error (SCE) y el coeficiente de determinación más alto, asimismo, los parámetros de los modelos son altamente significativos (Cuadro 1.6).

Cuadro 1.6. Parámetros de regresión de los modelos para estimar la altura dominante e índice de sitio.

Modelo	Parámetro	Valor	Error estándar	Valor t	P > t
Hossfeld IV polimórfico	α_0	39.21856	7.8552	4.99	<.0001
	α_1	3.413031	0.1218	28.01	<.0001
	α_2	1.472658	0.1588	9.27	<.0001
Weibull polimórfico	α_0	26.08408	2.0603	12.66	<.0001
	α_1	0.058039	0.0076	7.63	<.0001
	α_2	1.350559	0.114	11.85	<.0001
Schumacher anamórfico	α_0	33.27872	1.3287	25.05	<.0001
	α_1	5.791836	0.2725	21.26	<.0001

Pr>|t|: prueba de significancia de parámetros; <0.0001 es altamente significativo; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$: parámetros de la regresión.

Desde el punto de vista únicamente estadístico, los tres modelos se pueden considerar aceptables para describir el patrón de crecimiento en altura dominante. No obstante, para considerar el buen ajuste, fue necesario ratificar lo obtenido con los datos de campo, por lo que se graficó el valor promedio esperado de la altura dominante (curva guía), para los tres modelos (Figura 1.3).

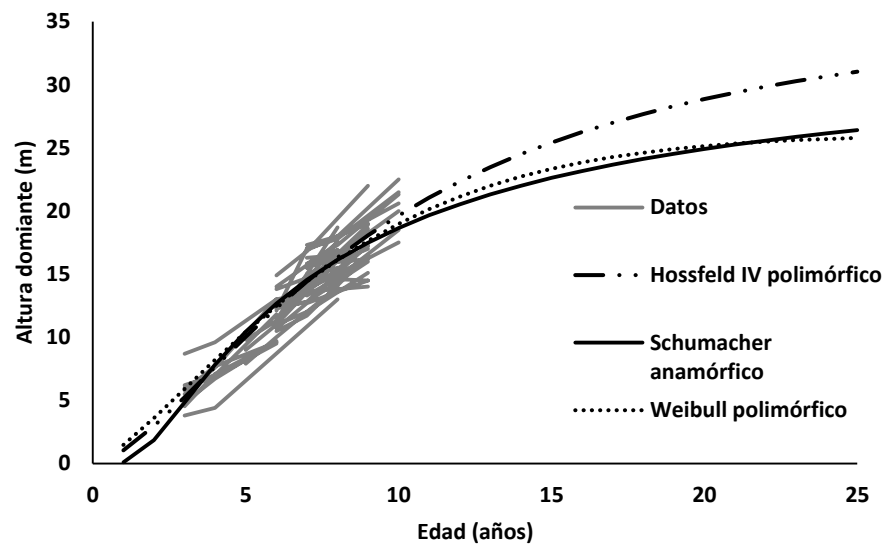


Figura 1.3. Curvas promedio de crecimiento en altura dominante para *Pinus chiapensis* en Tlatlauquitepec, Puebla para los tres modelos probados de proyección.

La capacidad predictiva de todos los modelos fue buena, ya que pasan por el centro de los datos, lo que refleja el buen comportamiento para pronosticar el crecimiento en altura dominante, al menos para el rango evaluado. Sin embargo, el modelo Hossfeld IV resultó con la mejor calidad de ajuste, por lo que este modelo fue elegido para el desarrollo de las curvas polimórficas de índice de sitio que se muestran en la Figura 1.4.

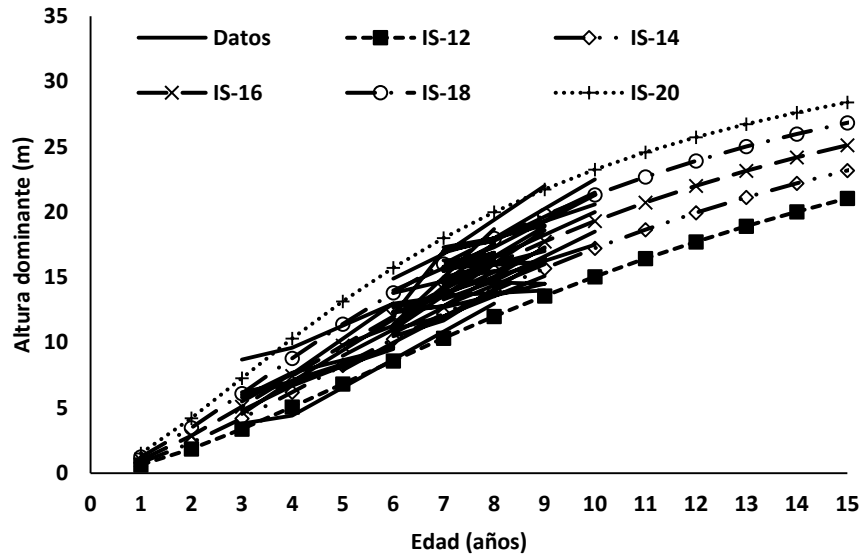


Figura 1.4. Curvas polimórficas de índice de sitio para *Pinus chiapensis* y trayectorias de los datos observados en parcelas permanentes de muestreo.

En la actualización del modelo de Hossfeld IV para describir el crecimiento en altura dominante de *Pinus chiapensis* se obtuvo una asíntota horizontal de $\alpha_0 = 37.73$ cuyo valor fue superior (33.28) al ajustado por Fierros-Mateo *et al.* (2017), esto debido a la incorporación de nuevos datos, lo que incrementó el rango de edad y, por tanto, permitió hacer una mejor estimación. Esta estimación más alta de la asíntota permitió caracterizar de mejor manera la calidad de estación y sugiere que la tasa relativa de crecimiento es específica del sitio.

Las familias de curvas de índice de sitio permiten clasificar la plantación de acuerdo a su potencial productivo, teniendo IS=12 para sitios de baja productividad, IS= 16 para sitio de productividad promedio e IS= 20 para sitios de productividad alta. Resulta evidente que las plantaciones presentan una mejor calidad de estación porque se aplican tratamientos silvícolas (podas, aclareos y limpiezas).

Área basal, volumen y número de árboles

En los Cuadros 1.7 y 1.8 se presentan los estadísticos de bondad de ajuste de los sistemas de predicción y proyección de cada componente del SCRM explícito ajustado bajo el método SUR.

Cuadro 1.7. Estadísticos de bondad de ajuste mediante la técnica SUR de los modelos de predicción-proyección del SCRM explícito.

Componente	Predicción			Proyección		
	SCE	CME	R ²	SCE	CME	R ²
<i>HD</i>	163.7	2.2128	0.8512	146.5	1.9528	0.8745
<i>AB</i>	1014.1	13.5209	0.7186	691.4	9.2188	0.8654
<i>VOL</i>	1174.7	15.7675	0.9949	262.9	3.5762	0.998
<i>NA</i>	1552588	20840.1	0.1407	883053	11696.1	0.6115

SCE: suma de cuadrados del error. CME: cuadrado medio del error; R²: coeficiente de determinación.

Cuadro 1.8. Parámetros estimados y nivel de significancia mediante la técnica SUR del sistema de ecuaciones de predicción-proyección que conforman el SCRM explícito.

Modelo	Parámetro	Valor	Error estándar	P > t
<i>HD</i>	α_1	37.73865	5.1783	<.0001
	α_1	3.56215	0.1091	<.0001
	α_2	1.58278	0.1238	<.0001
<i>AB</i>	β_1	5.365716	0.4622	<.0001
	β_2	1.276608	0.0235	<.0001
<i>VOL</i>	γ_0	1.323385	0.0793	<.0001
	γ_1	1.054219	0.00722	<.0001
	γ_2	0.494394	0.0215	<.0001
	γ_3	-0.00054	0.000085	<.0001
<i>NA</i>	ω_0	1294.52	54.32	<.0001

ω_1	0.051189	0.00617	<.0001
------------	----------	---------	--------

Pr>|t|: prueba de significancia de parámetros; <0.0001 es altamente significativo;
 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \omega_i$: parámetros de la regresión.

Uno de los problemas para estimar el rendimiento futuro es pronosticar el número de árboles sobrevivientes por unidad de superficie, sobre los cuales se distribuirá el volumen proyectado (Magaña *et al.*, 2008). El comportamiento de la función de mortalidad (Ec. 10) ajustada por Fierros-Mateo *et al.* (2017), presenta una tasa de mortandad de 1.7 % anual con una significancia del 97.5. El reajuste de esta ecuación generó una tasa de mortandad anual instantánea de 5.0 % en la plantación evaluada en este estudio, la cual es más severa.

Cabe destacar que para realizar pronósticos de rendimiento futuro es necesario establecer un valor asintótico mínimo, por ello se fijó el parámetro ω_0 con 1200 árboles por hectárea, siendo la densidad inicial de la plantación, porque si se continúa simulando la mortalidad, esta lleva a estimar cero árboles por hectárea cuando en un bosque bajo manejo esto solo sería posible si ocurre un evento catastrófico (Parra-Piedra *et al* 2017). La proyección de las curvas de crecimiento en volumen describe congruentemente el patrón observado de los datos de los sitios permanentes de muestreo (Figura 1.5).

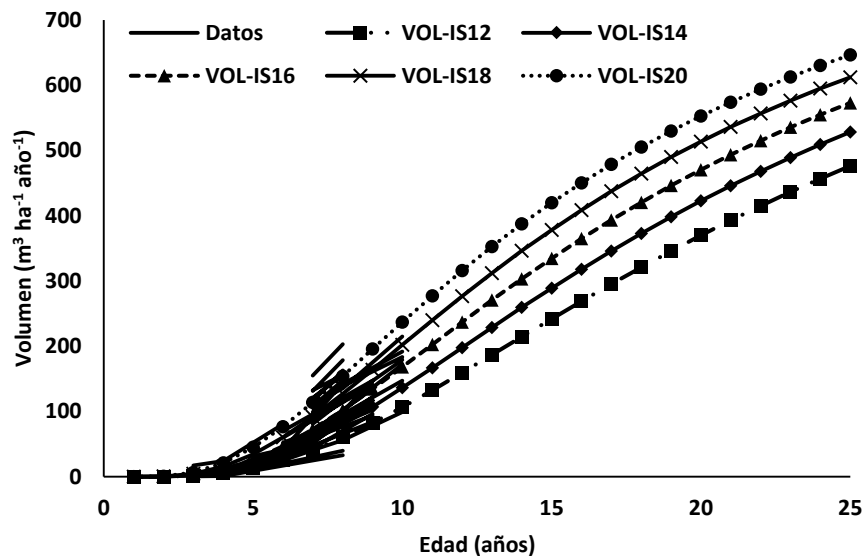


Figura 1.5. Comportamiento gráfico del crecimiento en volumen por calidad de estación y datos de las parcelas permanentes de muestreo.

El turno técnico de la calidad de estación pobre, promedio y rica etiquetada con un *IS* 12, 16 y 20, ocurre a los 25, 21 y 17 años respectivamente (Figura 1.6). La modelación explícita proyecta a la edad de 15 años, un área basal de 34.11, 38.61, 42.73, 46.52 y 50.01 $m^2 ha^{-1} año^{-1}$ y un volumen 241.85, 289.15, 334.73, 378.35 y 419.92 $m^3 ha^{-1} año^{-1}$ en índices de sitio 12, 14, 16, 18 y 20 respectivamente.

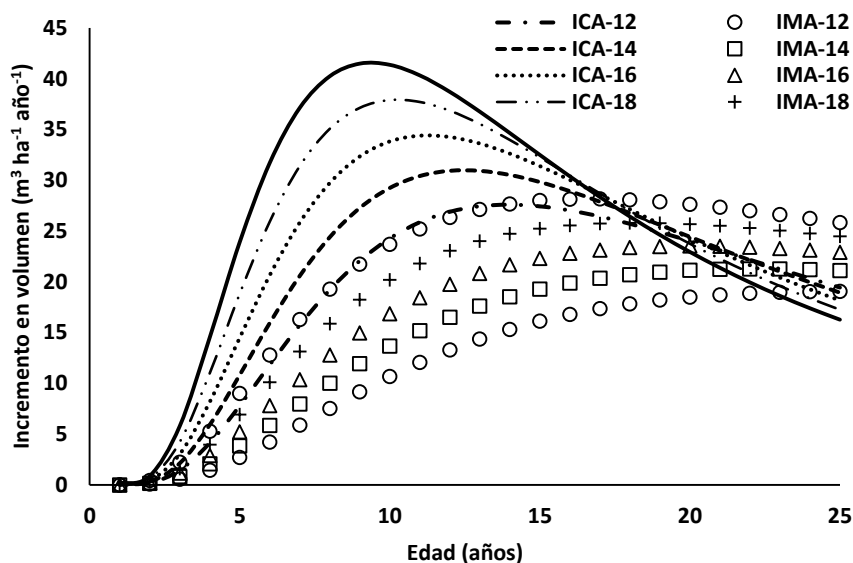


Figura 1.6. Incremento Medio Anual (*IMA*) e Incremento Corriente Anual (*ICA*) por calidad de estación.

Para las mismas calidades de estación, pero a la edad de 25 años, con la cual está programada la cosecha final, el SCRM explícito estima un rendimiento de 56.18, 60.36, 63.86, 66.85 y 69.43 $m^2 ha^{-1} año^{-1}$ en *AB* (Figura 1.7), con los concernientes rendimientos en volumen de 476.17, 528.00, 572.83, 611.90 y 646.21 $m^3 ha^{-1} año^{-1}$, respectivamente. Estos valores son más conservadores en contraste con los obtenidos por Fierros (2016) quien estimó valores de 78.36 y 84.67 $m^2 ha^{-1} año^{-1}$ de *AB* y rendimientos en volumen de 569.68 y 632.95 $m^3 ha^{-1} año^{-1}$ en los índices de sitio comparables 14 y 18 a una edad de 25 años.

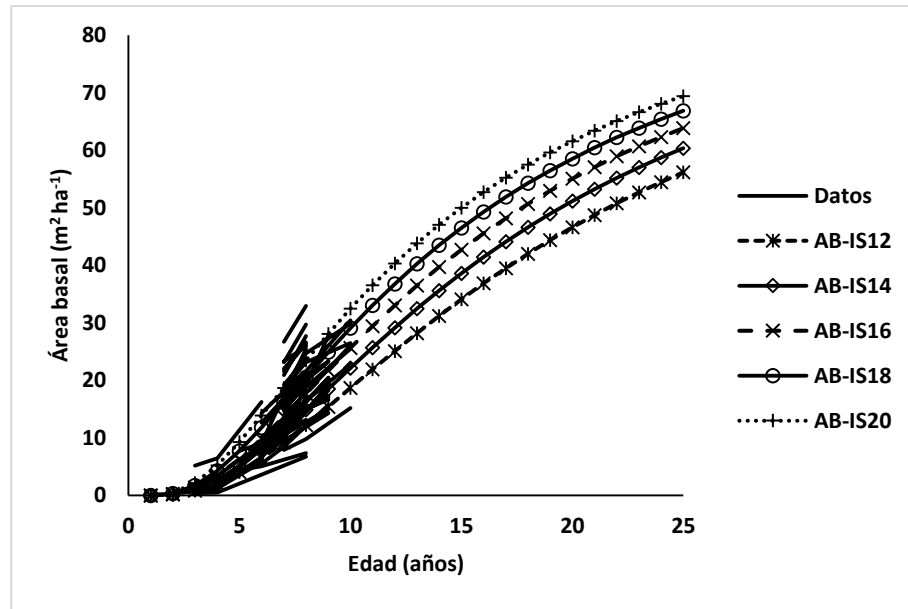


Figura 1.7. Comportamiento gráfico del crecimiento en área basal por calidad de estación y datos de las parcelas permanentes de muestreo.

La diferencia marcada en los rendimientos se atribuye principalmente a que (1) Fierros (2016) solo contó con una remediación un año después de la primera, lo cual dio lugar a generar modelos de crecimiento estáticos, en contraste con la presente investigación en la que se incorporó una segunda remediación cuatro años después a la primera remediación, por lo tanto, se reforzó la evaluación y (2) con una mayor cantidad de datos fue posible describir de mejor manera el patrón de crecimiento, sobre todo en las curvas de índice de sitio que son la base en el resto de las ecuaciones.

El incremento medio anual (*IMA*) para los *IS* 12, 14, 16, 18 y 20 con base al turno técnico es de 19.04, 21.27, 23.52, 25.80 y 28.15 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$. El incremento corriente anual (*ICA*) máximo para el *IS* pobre, promedio y rico de 27.59, 34.38 y 41.48 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ocurre a los 14, 11 y 9 años respectivamente, por lo tanto, *Pinus chiapensis* bajo condiciones de plantaciones alcanza su máximo desarrollo en volumen a una edad más temprana (Rodríguez-Acosta y Arteaga-Martínez, 2005). El turno técnico en volumen se estima en el índice de sitio promedio a los 21 años, lo cual concuerda con Fierros-Mateo *et al.* (2017), por lo tanto, se sugiere que todas las labores silvícolas (podas, aclareos) deben realizarse antes de alcanzar esta edad porque, ayudarán a seguir estimulando el crecimiento y a obtener arbolado con mayor valor económico.

1.5.3. Simulación de escenarios

El SCRM explícito permite la simulación de escenarios de manejo, es decir, presentar numéricamente la vida de un rodal a través de una tabla de rendimiento. Galán *et al.* (2008), Santiago-García *et al.* (2015), Parra-Piedra *et al.* (2017) y Fierros-Mateo (2017) generaron sistemas de crecimiento y rendimiento maderable explícito relacionando modelos de altura dominante, área basal, volumen y número de árboles obteniendo buenos resultados. Los resultados del presente estudio fueron adecuados. Con el SCRME explícito propuesto, siendo el conjunto de ecuaciones de HD , AB , NA y V se construyó una tabla de rendimiento maderable para la plantación de *Pinus chiapensis* para los IS de 12, 14, 16, 18 y 20 m (Cuadro 1.9 y 1.10).

Cuadro 1.9. Tabla de predicción del crecimiento y rendimiento maderable para los *IS* de 12, 14 y 16 m, con una densidad inicial de 120 árboles por hectárea.

Edad	NA	<i>HD</i>			<i>AB</i>			<i>V</i>			<i>ICA</i>			<i>IMA</i>		
		<i>IS</i>			<i>IS</i>			<i>IS</i>			<i>IS</i>			<i>IS</i>		
		12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16	12	14	16
1	1200	0.6	0.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1140	1.9	2.3	2.9	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.2
3	1083	3.4	4.2	5.1	0.8	1.1	1.4	1.6	2.4	3.5	1.4	2.1	3.0	0.5	0.8	1.2
4	1029	5.1	6.2	7.4	2.1	2.7	3.5	5.8	8.3	11.6	4.1	5.9	8.2	1.4	2.1	2.9
5	978	6.8	8.3	9.8	4.0	5.1	6.4	13.6	19.1	26.1	7.8	10.8	14.5	2.7	3.8	5.2
6	929	8.6	10.3	12.0	6.5	8.1	9.9	25.4	35.1	46.8	11.8	15.9	20.6	4.2	5.8	7.8
7	883	10.3	12.2	14.1	9.2	11.4	13.7	41.1	55.7	72.6	15.7	20.6	25.8	5.9	8.0	10.4
8	839	12.0	14.0	16.0	12.3	14.9	17.7	60.3	80.1	102.3	19.2	24.4	29.7	7.5	10.0	12.8
9	797	13.6	15.7	17.7	15.4	18.5	21.7	82.4	107.3	134.7	22.1	27.3	32.3	9.2	11.9	15.0
10	757	15.1	17.2	19.3	18.7	22.2	25.6	106.6	136.6	168.5	24.3	29.2	33.8	10.7	13.7	16.8
11	719	16.4	18.6	20.7	21.9	25.7	29.4	132.5	167.0	202.9	25.9	30.4	34.4	12.0	15.2	18.4
12	683	17.7	19.9	22.0	25.1	29.2	33.1	159.4	197.9	237.1	26.9	30.9	34.3	13.3	16.5	19.8
13	649	18.9	21.1	23.2	28.2	32.5	36.5	186.8	228.8	270.7	27.4	30.9	33.6	14.4	17.6	20.8
14	617	20.0	22.2	24.2	31.2	35.6	39.7	214.4	259.3	303.3	27.6	30.5	32.6	15.3	18.5	21.7
15	586	21.0	23.2	25.1	34.1	38.6	42.7	241.9	289.2	334.7	27.4	29.8	31.4	16.1	19.3	22.3

16	557	22.0	24.1	26.0	36.9	41.4	45.6	268.9	318.1	364.8	27.0	28.9	30.0	16.8	19.9	22.8
17	529	22.9	24.9	26.7	39.5	44.1	48.2	295.3	346.0	393.4	26.4	27.9	28.6	17.4	20.4	23.1
18	503	23.7	25.7	27.4	42.0	46.6	50.7	321.0	372.7	420.5	25.7	26.8	27.1	17.8	20.7	23.4
19	478	24.4	26.4	28.0	44.4	49.0	53.0	345.9	398.3	446.2	24.9	25.6	25.7	18.2	21.0	23.5
20	454	25.1	27.0	28.6	46.6	51.2	55.1	369.9	422.7	470.5	24.0	24.4	24.3	18.5	21.1	23.5
21	431	25.7	27.6	29.1	48.8	53.2	57.1	393.0	446.0	493.4	23.1	23.3	22.9	18.7	21.2	23.5
22	410	26.3	28.1	29.6	50.8	55.2	59.0	415.2	468.1	515.0	22.2	22.1	21.6	18.9	21.3	23.4
23	389	26.9	28.6	30.1	52.7	57.0	60.7	436.4	489.1	535.4	21.2	21.0	20.4	19.0	21.3	23.3
24	370	27.4	29.1	30.5	54.5	58.7	62.3	456.7	509.1	554.7	20.3	19.9	19.3	19.0	21.2	23.1
25	351	27.9	29.5	30.8	56.2	60.4	63.9	476.2	528.0	572.8	19.4	18.9	18.2	19.0	21.1	22.9

NA: número de árboles por hectárea, *HD*: altura dominante (m), *IS*: índice de sitio (m), *AB*: área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), *V*: volumen por hectárea ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), *ICA*: incremento corriente anual en volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) e *IMA*: incremento medio anual en volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$).

Cuadro 1.10. Tabla de predicción del crecimiento y rendimiento maderable para los *IS* de 18 y 20 m, con una densidad inicial de 120 árboles por hectárea.

Edad	NA	<i>HD</i>		<i>AB</i>		<i>V</i>		<i>ICA</i>		<i>IMA</i>	
		<i>IS</i>		<i>IS</i>		<i>IS</i>		<i>IS</i>		<i>IS</i>	
		18	20	18	20	18	20	18	20	18	20
1	1200	1.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1140	3.5	4.2	0.4	0.4	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.4
3	1083	6.1	7.3	1.7	2.2	4.8	6.7	4.2	5.8	1.6	2.2
4	1029	8.8	10.3	4.3	5.2	15.8	21.2	11.0	14.5	4.0	5.3
5	978	11.4	13.2	7.7	9.3	34.7	45.1	18.8	23.9	6.9	9.0
6	929	13.8	15.7	11.8	13.9	60.6	76.8	25.9	31.7	10.1	12.8
7	883	16.0	18.0	16.1	18.7	92.0	113.9	31.4	37.1	13.1	16.3
8	839	18.0	20.0	20.6	23.5	127.0	154.2	35.1	40.2	15.9	19.3
9	797	19.8	21.7	24.9	28.1	164.2	195.7	37.1	41.5	18.2	21.7
10	757	21.3	23.3	29.1	32.5	202.1	237.0	37.9	41.4	20.2	23.7
11	719	22.7	24.6	33.1	36.6	239.8	277.3	37.7	40.3	21.8	25.2
12	683	23.9	25.7	36.8	40.4	276.6	316.0	36.8	38.7	23.1	26.3
13	649	25.0	26.7	40.3	43.8	312.1	352.8	35.5	36.7	24.0	27.1
14	617	26.0	27.6	43.5	47.1	346.1	387.4	34.0	34.6	24.7	27.7
15	586	26.9	28.4	46.5	50.0	378.4	419.9	32.2	32.5	25.2	28.0

16	557	27.6	29.1	49.3	52.7	408.8	450.3	30.5	30.4	25.6	28.1
17	529	28.3	29.7	51.9	55.2	437.5	478.7	28.7	28.3	25.7	28.2
18	503	28.9	30.3	54.3	57.5	464.5	505.1	27.0	26.4	25.8	28.1
19	478	29.5	30.8	56.5	59.6	489.8	529.7	25.3	24.6	25.8	27.9
20	454	30.0	31.2	58.6	61.6	513.6	552.6	23.7	22.9	25.7	27.6
21	431	30.5	31.6	60.5	63.4	535.8	574.0	22.3	21.4	25.5	27.3
22	410	30.9	32.0	62.2	65.1	556.7	593.9	20.9	19.9	25.3	27.0
23	389	31.3	32.3	63.9	66.6	576.3	612.6	19.6	18.6	25.1	26.6
24	370	31.6	32.7	65.4	68.1	594.7	629.9	18.4	17.4	24.8	26.2
25	351	32.0	32.9	66.9	69.4	611.9	646.2	17.2	16.3	24.5	25.8

NA: número de árboles por hectárea, *HD*: altura dominante (m), *IS*: índice de sitio (m), *AB*: área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), *V*: volumen por hectárea ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), *ICA*: incremento corriente anual en volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) e *IMA*: incremento medio anual en volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$).

1.5.4. Sistema de crecimiento y rendimiento de tipo implícito mediante Weibull

El método de predicción de percentiles utilizado mostró buen nivel de precisión, explicando del 59.3 al 98.0% de la variación total observada en la distribución diamétrica. Para modelar Weibull se requieren al menos dos percentiles, la elección de estos dependen de la muestra (Borders *et al.*, 1987). En este caso, los percentiles 63 y 95 fueron los más eficientes para generar el SCRM implícito, los criterios estadísticos de bondad de ajuste y los parámetros estimados de las ecuaciones se muestran en los Cuadros 1.11 y 1.12. Estos percentiles al estar centrados reducen el sesgo de la predicción. Parra-Piedra *et al.* (2017) y Santiago-García *et al.* (2014) realizaron trabajos similares para *Pinus patula* Schiede *ex* Schltdl. *et* Cham., los primeros usaron los mismos tres percentiles para describir las estructuras diamétricas y los segundos los percentiles 50 y 90, 40 y 82 y 24 y 93, logrando resultados satisfactorios. La determinación del número de árboles para cada categoría diamétrica de la plantación se muestra en la Figura 1.8 y 1.9.

Cuadro 1.11. Estadísticas de bondad de ajuste de los modelos para el sistema implícito basado en percentiles mediante la función Weibull.

Ecuación	SCE	CME	R ²
p_0	301.3	2.5751	0.5934
p_{63}	73.7435	0.6249	0.9802
p_{95}	451.6	3.8269	0.9379

SCE: suma de cuadrados del error. CME: cuadrado medio del error; R²: coeficiente de determinación.

Cuadro 1.12. Parámetros estimados de los modelos de percentiles de la función Weibull.

Parámetro	Valor	Error estándar	P > t
φ_0	1.298208	0.1087	<.0001
φ_1	1.035731	0.0299	<.0001
φ_2	1.177063	0.0519	<.0001
ω_0	0.966345	0.0158	<.0001
ω_1	0.0614	0.0204	<.0001
ξ_0	2.170794	0.2138	<.0001
ξ_1	-0.5874	0.1395	<.0001

$Pr > |t|$: prueba de significancia de parámetros; < 0.0001 es altamente significativo;

$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \omega_0, \omega_1, \xi_0, \xi_1$: parámetros de la regresión.

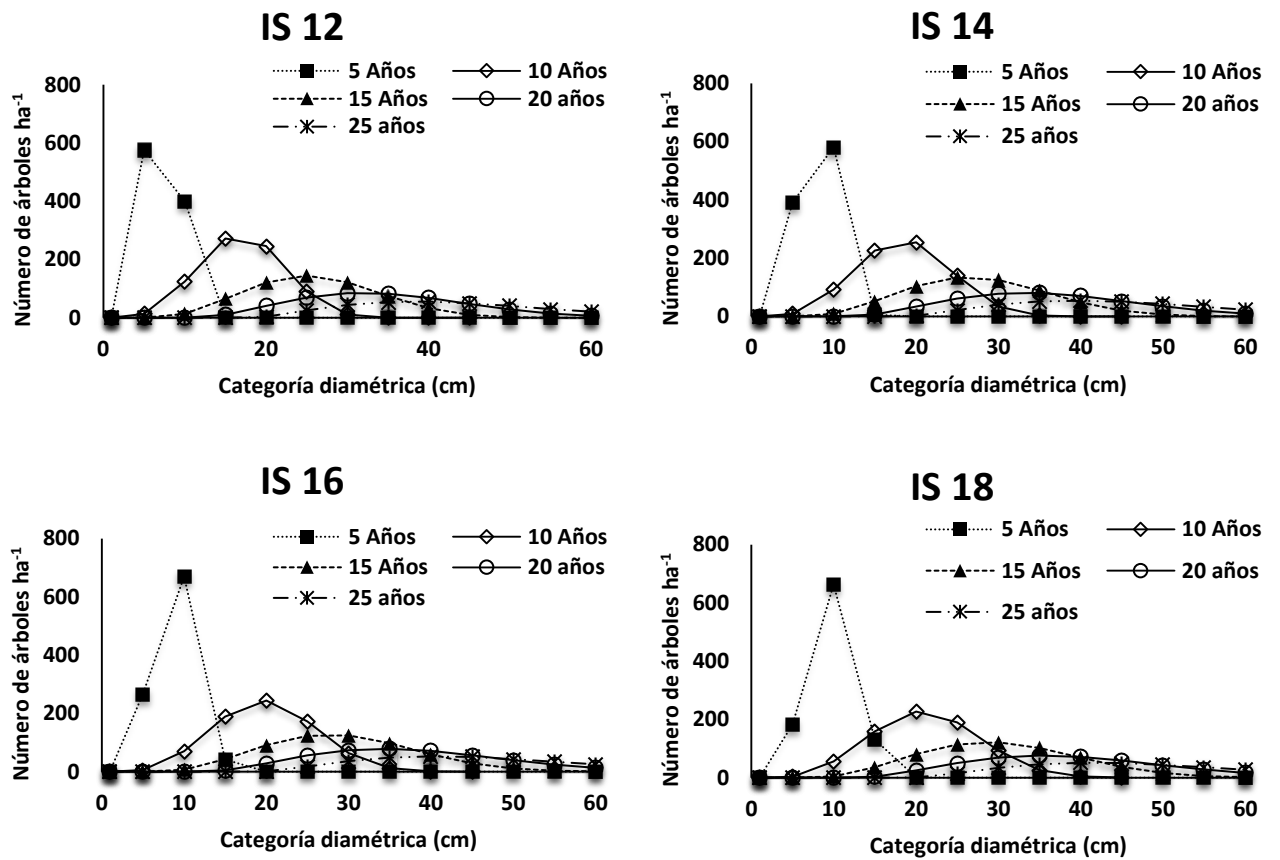


Figura 1.8. Número de árboles por categoría diamétrica a diferentes edades de la plantación por índice de sitio estimados con la función Weibull.

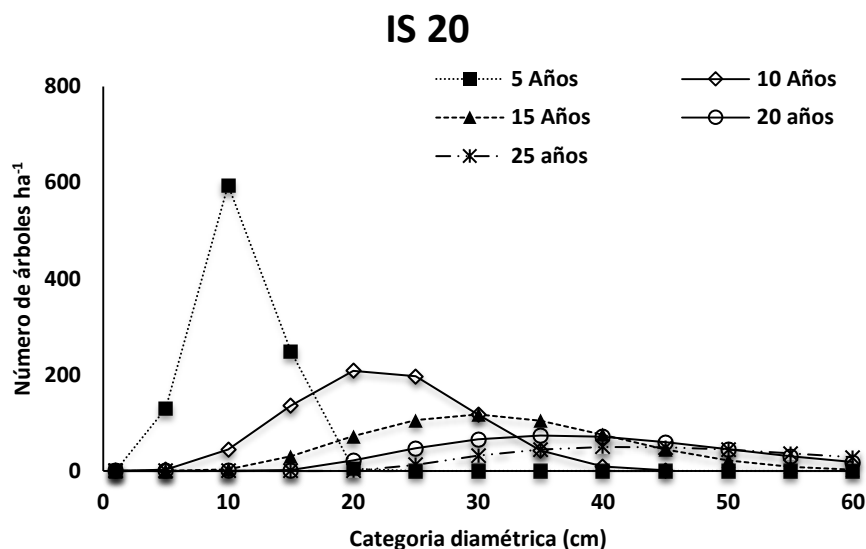


Figura 1.9. Número de árboles por categoría diamétrica a diferentes edades de la plantación para el índice de sitio con la función Weibull.

Para rodales de productividad baja (*IS* 12) el SCRM implícito pronostica que, el volumen comercial para aserrío inicia a partir de los 10 años, a esta edad se tendrían 11 árboles ha^{-1} ($5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) con un diámetro $>30 \text{ cm}$; sin embargo, a esta misma edad con el índice de sitio promedio se proyecta un volumen de $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($76 \text{ árboles ha}^{-1}$). Para el índice de sitio con alta productividad (*IS* 20) estima 169 árboles ha^{-1} con diámetros superiores a los 30 cm y un volumen para aserrío de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Figuras 1.10 y 1.11). En este mismo índice de sitio, pero a la edad de 15 años se estiman 211 árboles ha^{-1} con $DN < 30 \text{ cm}$ y 374 árboles ha^{-1} con $DN > 30 \text{ cm}$, con un volumen de $66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $316 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Parra-Piedra *et al.* (2017), estimaron en una plantación de *P. patula* para el *IS* de 20 a la edad de 15 años una productividad de 429 árboles ha^{-1} con $DN < 30 \text{ cm}$ y 151 $> 30 \text{ cm ha}^{-1}$, que corresponde a un volumen de 155 y $103 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. Los resultados obtenidos en la plantación de *P. chiapensis* son muy promisorios, ya que la especie de esta investigación es de más rápido crecimiento y aunado a esto, se le aplican tratamientos silvícolas intensivos y frecuentes.

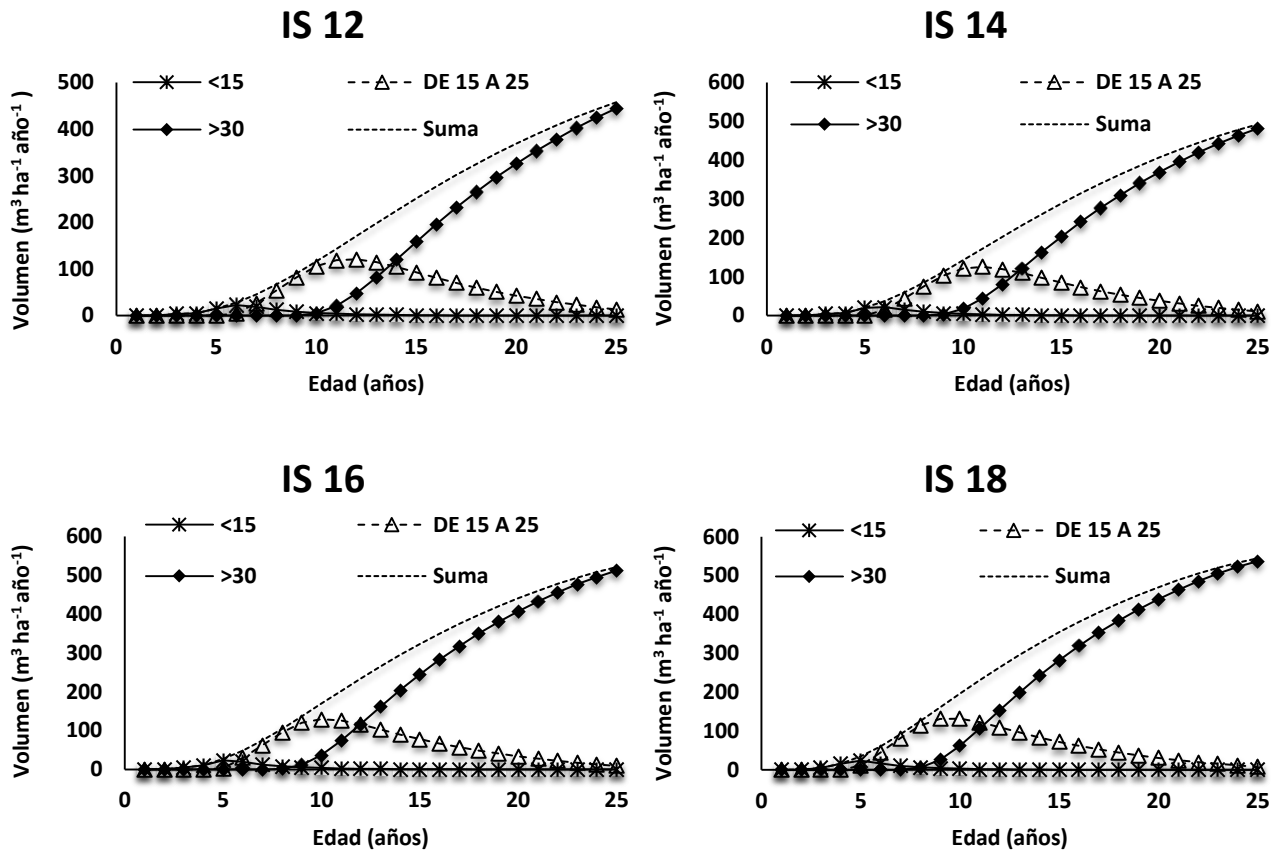


Figura 1.10. Volumen por categoría diamétrica por índice de sitio 12, 14, 16 y 18. (< 15 : volumen total de madera en árboles menores a 15 cm de DN , 15 a 25: volumen total de madera de árboles entre 15 y 25 cm de DN , > 30 : volumen total en árboles con DN superior a 30 cm. Suma: suma del volumen de todas las clases diamétricas).

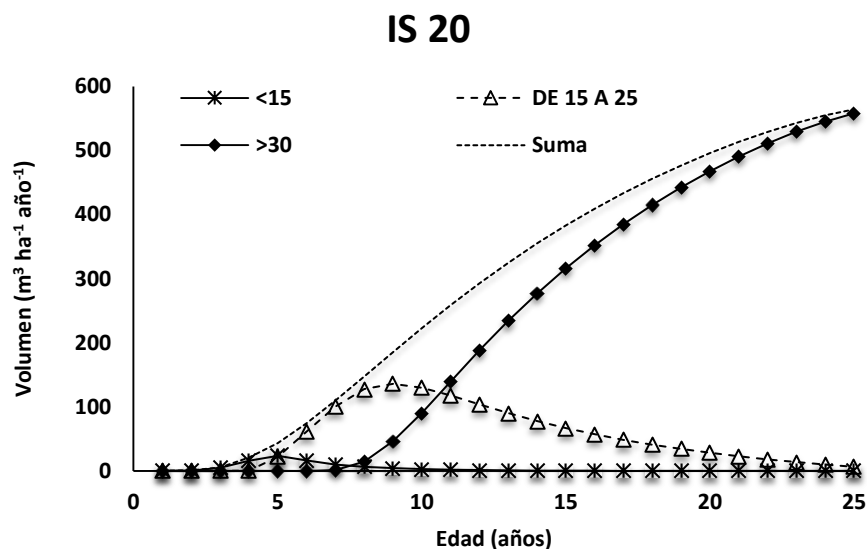


Figura 1.11. Volumen por categoría diamétrica para el IS 20. (< 15: volumen total de madera en árboles menores a 15 cm de *DN*, 15 a 25: volumen total de madera de árboles entre 15 y 25 cm de *DN*, > 30: volumen total en árboles con *DN* superior a 30 cm. Suma: suma del volumen de todas las clases diamétricas).

1.6. CONCLUSIONES

El Sistema de crecimiento y rendimiento maderable (SCRM) permite simular escenarios silvícolas para el manejo de la plantación, además se sustenta que el turno programado para la cosecha final de la plantación se puede acortar en los rodales con el índice de sitio de productividad alta, para maximizar la producción en volumen total. Con los modelos ajustados para el SCRM explícito se obtienen predicciones y proyecciones con una confiabilidad aceptable, por lo que son una herramienta eficaz para la programación de actividades silviculturales y; por lo tanto, seleccionar el manejo óptimo de la especie *Pinus chiapensis*; asimismo, da información del turno óptimo sugerido de cosecha. El modelo de altura dominante Hossfeld IV estima eficientemente el crecimiento en altura dominante, alcanzando alturas desde los 25 hasta los 31 m a la edad de 21 años, considerando el turno promedio, lo que sugiere un crecimiento similar entre los rodales.

Los resultados de este trabajo representan una herramienta tecnológica que el propietario de la plantación puede usar para simular los esquemas de manejo, para la toma de decisiones con bases sólidas y con esto planificar el proceso productivo en el presente como en el futuro. Por otra parte, al complementar ambos sistemas se tendrán más elementos técnicos para realizar evaluaciones financieras de las plantaciones forestales comerciales en la región de Tlatlauquitepec, Puebla.

1.7. LITERATURA CITADA

- Bailey, R. L., and J. L. Clutter. 1974. Base-age invariant polymorphic site curves. *For. Sci.* 20: 155-159.
- Borders, B. E., and R. L. Bailey. 1986. A compatible system of growth and yield equations for slash pine fitted with restricted three-stage least squares. *For. Sci.* 32: 185-201.
- Borders, B. E., R. A. Souter, R. L. Bailey, and K. D. Ware. 1987. Percentile-based distribution characterize forest stand tables. *For. Sci.* 33: 570-576.
- Buckman, R. 1962. Growth and yield of red pine in Minnesota. USDA Forest Service, Tech. Bull. 1272. 50 p.
- Clutter, J. L. 1963. Compatible growth and yield models for loblolly pine. *For. Sci.* 9: 354-371.
- Clutter, J. L., J.C. Forston, L. V. Pienaar, G. H. Brister, and R. L. Bailey. 1983. *Timber Management: A quantitative approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p
- De la Fuente, E. A., A. Velásquez M., J. M. Torres R., H. Ramírez M., C. Rodríguez F., y A. Trinidad S. 1998. Predicción del crecimiento y rendimiento de *Pinus rudis* Endl., en Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca. *Rev. Cien. Forest. Mex.* 23: 3-8.
- De los Santos-Posadas, H. M., M. Montero-Mata, y M. M Kanninen. 2006. Curvas dinámicas de crecimiento en altura dominante para *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell en Costa Rica. *Agrociencia* 40: 521-532.
- Fierros-Mateo, R., H. M. De los Santos-Posadas, M. A. Fierros-González, y F. Cruz-Cobos. 2017. Crecimiento y rendimiento maderable en plantaciones de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. *Agrociencia* 51: 201-214.
- Galán, L. R., H. M. De los Santos-Posadas, y J. I. Valdez H. 2008. Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. *Madera y Bosques*: 14: 65-82.
- Magaña, T. O. S., J. M. Torres R., C. Rodríguez F., H. Aguirre D., y A. M. Fierros G. 2008. Predicción de la producción y rendimiento de *Pinus rudis* Endl., en Aloapan, Oaxaca. *Madera y Bosques* 14: 5-19.

- Maldonado, D. A., y J. Návar Ch. 2002. Ajuste y predicción de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de plantaciones de pino de Durango, México. *Madera y Bosques* 8: 61-72.
- Martínez, L. A. 2006. Estimación de volumen y biomasa aérea para plantaciones forestales de *Pinus chiapensis* en Tlatlauquitepec, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 91 p.
- Parra-Piedra, J. P., H. M. De los Santos-Posadas, A. M. Fierros-González, J. R. Valdez-Lazalde, y J. L. Romo-Lozano. 2017. Proyección explícita e implícita del rendimiento maderable de plantaciones forestales comerciales de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Agrociencia* 51: 455-470.
- Pienaar, L.V., and J. W. Rheney. 1993. Yield prediction for mechanically site- prepared Slash pine plantations in the southeastern coastal plain. *South. J. Appl. For.* 17: 163-173.
- Piennar, L. V., B. D. Shiver and J. W. Rheney. 1996. Yield prediction for mechanically site-prepared slash pine plantations in The Southeastern Coastal Plain. PMRC Technical Report 1996-3. Daniel B. Warnell School of Forest Resources. The University of Georgia.
- Quiñonez B., G., H. M. De los Santos P., F. Cruz C., A. Velázquez M., G. Ángeles P., y G. Ramírez V. 2015. Modelación dinámica de distribuciones diamétricas en masas mezcladas de *Pinus* en Durango, México. *Madera y Bosques* 21: 59-71.
- Rodríguez-Acosta, M. y B. Arteaga-Martínez, 2005. Índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en los estados de Veracruz y Puebla, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11: 39-44.
- Santiago-García, W., H. M. De los Santos-Posadas, Ángeles-Pérez, G., J.R. Valdez-Lazalde, J. J. Corral-Rivas, G. Rodríguez-Ortiz y E. Santiago-García. 2015. Modelos de crecimiento y rendimiento de totalidad del rodal para *Pinus patula*. *Madera y Bosques*: 21: 95-110.
- Santiago-García, W., H. M. De los Santos-Posadas, G. Ángeles-Pérez, J. J. Corral-Rivas, J. R. Valdez-Lazalde, y D. H. Del Valle-Paniagua. 2014. Predicción del rendimiento maderable de *Pinus patula* Schl. et Cham., a través de modelos de distribución diamétrica. *Agrociencia* 48: 87-101.

- Santiago-García, W., H. M. Santos-Posadas, G. Ángeles-Pérez, J. R. Valdez-Lazalde y G. Ramírez-Valverde. 2013. Sistema compatible de crecimiento y rendimiento para rodales coetáneos de *Pinus patula*. Rev. Fitotec. Mex. 36: 163-172.
- SAS (Statistical Analysis System). 2008. SAS/STAT® 9.0 User's Guide. SAS Institute Inc. Raleigh, NC USA. 248 p.
- Tamarit-Urias, J. C., H. M. De los Santos-Posadas., A. Aldrete, J. R. Valdez-Lazalde, H. Ramírez-Maldonado, V. Guerra-De la Cruz. 2014. Ecuaciones dinámicas de índice de sitio para *Tectona grandis* en Campeche, México. Agrociencia 48: 225-238.
- Torres, R. J. M., y O. S. Magaña. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Limusa Noriega Editores. México, D. F. 472 p.
- Torres-Rojo, J. M., M. Acosta-Mireles, y O. S. Magaña-Torres. 1992. Métodos para estimar los parámetros de la función Weibull y su potencial para ser predichos a través de atributos del rodal. Agrociencia 2: 57-76.
- Torres-Rojo, J. M., O. S. Magaña-Torres, y M. Acosta-Mireles. 2000. Metodología para mejorar la predicción de parámetros de las distribuciones diamétricas. Agrociencia 34: 627-637.
- Valdez-Lazalde. R. y T. Lynch B. 2000. Ecuaciones para estimar volumen comercial y total en rodales aclareados de pino *patula* en Puebla, México. Agrociencia 34: 747-758.
- Zepeda, B. E. M. y A. Domínguez P. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engl., de El Poleo, Chihuahua. Madera y Bosques 4: 27-39.
- Zepeda, B. E. M. y M. Acosta M. 2000. Incremento y rendimiento maderable de *Pinus montezumae* Lamb., en San Juan Tetla, Puebla. Madera y Bosques 6: 15-27.

2. CAPÍTULO II. EVALUACIÓN FINANCIERA DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL MADERABLE DE *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen

2.1 RESUMEN

Se calcularon los indicadores financieros: valor actual neto (*VAN*), tasa interna de retorno (*TIR*), relación beneficio costo (*R B/C*), periodo de retorno (*PR*) y valor esperado del suelo (*VES*), considerando tres tasas de descuento (5.0, 6.8 y 8.7%), para conocer la viabilidad financiera de una plantación de *Pinus chiapensis* establecida en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla. El rendimiento maderable de la plantación se estimó mediante un sistema de crecimiento y rendimiento maderable construido *ad hoc*. Los resultados sugieren que la inversión es rentable en los tres niveles de productividad forestal bajo las tres tasas de descuento. El turno financiero en sitios de alta productividad (IS 20, $i=5.0\%$) ocurre a los 20 años, con un *VAN* de \$189,974.63, *TIR* de 14.9% y *R B/C* de 4.3; en contraste, en sitios de productividad baja (IS 12, $i=5\%$) el turno financiero ocurre a los 23 años, con un *VAN* de \$122,943.01, *TIR* de 12.0% y *R B/C* de 3.0. Es decir, en las tres condiciones de productividad analizadas el proyecto se considera rentable financieramente.

Palabras clave: Indicadores financieros, *VAN*, *TIR*, *Pinus chiapensis*.

2.2. ABSTRACT

Several financial indicators were calculated: the net present value (NPV), the internal rate of return (IRR), the cost benefit ratio (RBC), the return period (PR) and the expected value of the land (VES) to assess the financial viability of the plantation of *Pinus chiapensis* established in the municipality of Tlatlauquitepec, Puebla. The study integrated three discount rates 5.0, 6.8 and 8.7%. Timber projections were based on a growth and yield system built *ad hoc*. The results indicate that as productivity increases financial rotation age decreases and vice versa. The financial rotation for site index 20 m at base age 8 (high productivity, $i = 5.0\%$) occurs at 20 years, with a NPV of \$189,974.63, IRR of 14.9% and RBC of 4.3; in contrast to the low productivity site index (12 m, $i = 5\%$) the financial rotation occurs at 23 years old, with a NPV of \$122,943.01, IRR of 12.0% and RB/ C of 3.0. The project is considers financially profitable for all site index found in the area.

Key words: Financial indicators, *NPV*, *IRR*, *Pinus chiapensis*

2.3. INTRODUCCIÓN

La demanda actual de productos forestales en México es creciente y la producción es insuficiente. De acuerdo con Albíter (2002) la demanda de productos forestales para el año 2010 fue de 20.5 millones de m³r mientras que la producción cubrió solo el 42% (8.6 millones de m³r) de la demanda.

Una alternativa para satisfacer la demanda existente es el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, que manejadas adecuadamente pueden generar la producción necesaria y ganancias económicas para los productores y la industria maderable, además, de manera directa coadyuvaría a resolver el deterioro de los recursos forestales en el país (Ramírez y Zepeda, 1994).

Un aspecto importante para el manejo de plantaciones forestales comerciales es generar información financiera básica que permita demostrar su rentabilidad, y que paralelamente facilite la determinación de regímenes silvícolas eficientes con miras a maximizar las ganancias que resultan del proceso productivo (Valdez-Lazalde y Lewis, 2000).

Toda propuesta de inversión implica la consideración de convertir los ingresos (producción maderable) a cantidades monetarias. Para realizar dicha propuesta es necesario calcular indicadores financieros como el valor actual neto (*VAN*), relación beneficio costo (*R B/C*), tasa interna de retorno (*TIR*) y periodo de retorno (*PR*) (Muñante, 2004; Losa, 2002; Coss, 1993). Con base a lo anterior, este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad financiera de una plantación forestal comercial de *Pinus chiapensis* ubicada en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio

Las plantaciones están ubicadas entre las coordenadas geográficas 19° 56' 15.58" N; 97° 28' 51.54" O y 19° 55' 29.60" N; 97° 28' 6.98" O; 19° 36' 24" N y 97° 14' 42" O y una altitud entre 1,468-1,131 metros (Figura 2.1). El clima es templado húmedo, con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 15.6° y un rango de precipitación de 600 - 4 100 mm.

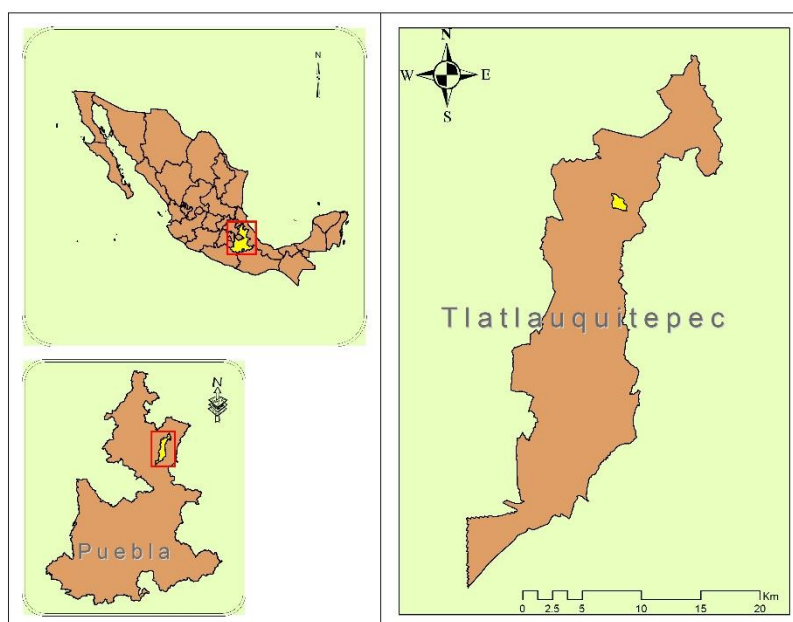


Figura 2.1 Ubicación de la plantación y las parcelas permanentes de muestreo.

2.4.2. Información financiera

Los datos de producción maderable utilizados en el análisis fueron generados mediante el sistema de crecimiento y rendimiento maderable (*SCRM*) explícito e implícito desarrollado por Zaragoza-Peralta (2018) –ver capítulo II de esta tesis. La información de costos reportada por Ramírez-Maldonado (2011) sirvió de base para caracterizar financieramente el establecimiento y el mantenimiento de una hectárea promedio de la plantación de *Pinus chiapensis* (Cuadro 2.1 y 2.2).

Cuadro 2.1. Actividades y costos para la etapa de establecimiento y mantenimiento de la plantación de *Pinus chiapensis*. Año base 2012 (Ramírez-Maldonado, 2011).

Etapa	Concepto	Cantidad	Unidad	Costo corriente
Establecimiento	Acceso a la tierra	1	ha	1,400.00
	Establecimiento de cercado (mano de obra e insumos: alambre, postes, grapas, herramienta)	20	ha	3,280.00
	Control de plagas	1	ha	160.00
	Costo de la planta	1100	pieza	3,300.00

	Preparación del terreno (chapeo) o limpia de brechas	1	ha	2,500.00
	Apertura de cepa y plantación	1100	pieza	3,520.00
	Protección contra incendios	1	ha	205.00
	Replantación	110	pieza	473.00
	Transporte de planta (mano de obra, combustible o flete)	1100	pieza	385.00
	Registro de la plantación	1	100 ha	1,000.00
	Total			16,223.00
Mantenimiento	Acceso a la tierra	1	ha	1,400.00
	Control de plagas	1	ha	160.00
	Deshierbe manual en brecha	1	ha	1,250.00
	Mantenimiento de cerco	20	ha	328.00
	Protección contra incendios	1	ha	205.00
	Total			3,343.00

Cuadro 2.2. Resumen de costos anuales para la plantación de *Pinus chiapensis*. Año base 2012 (Ramírez-Maldonado, 2011).

Año	Costo corriente (nominal)	Costo a pesos constantes (real)
1	16,223.00	16,223.00
2	3,343.00	3,183.81
3	3,343.00	3,032.20
4	3,343.00	2,887.81
5	3,343.00	2,750.29
6	3,343.00	2,619.33
7	3,343.00	2,494.60
8	3,343.00	2,375.81
9	3,343.00	2,262.67
10	3,343.00	2,154.93
11	3,343.00	2,052.31
12	3,343.00	1,954.58

13	3,343.00	1,861.51
14	3,343.00	1,772.86
15	3,343.00	1,688.44
16	3,343.00	1,608.04
17	3,343.00	1,531.47
18	3,343.00	1,458.54
19	3,343.00	1,389.09
20	3,343.00	1,322.94
21	3,343.00	1,259.94
22	3,343.00	1,199.94
23	3,343.00	1,142.80
24	3,343.00	1,088.38
25	3,343.00	1,036.56

Características y precio de los tipos de productos

Para la distribución de productos a obtener de la plantación se consideraron las dimensiones de la tracería comercial para pino que actualmente rigen el mercado regional (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Descripción del tipo de producto maderable y precio real que rige el mercado regional. Año base 2012 (Parra, 2017).

Tipo de producto	Dimensiones de tracería comercial	Precio constante (\$ m ³)
Primario	Trozas de 2.55 metros de longitud y diámetro mínimo con corteza > 25 cm.	1,452
Secundario	Trozas de 1.27 metros de longitud y diámetro mínimo con corteza < 25 y > 20 cm.	833
Celulosa y astilla	Brazuelo de diámetro con corteza < 20 y > 10 cm.	443

Tasa de descuento

No existe una manera específica de definir una tasa de descuento apropiada para cada tipo de proyecto (Klemperer *et al.*, 1994). Esta tasa es definida individualmente por los inversionistas o los encargados de cada proyecto con base al horizonte de planeación

La tasa de descuento está compuesta por tres componentes: la tasa de interés pura o libre de riesgo que todo inversionista quiere obtener, la tasa de riesgo que corresponde al nivel de incertidumbre que tiene una determinada inversión y la inflación que es el incremento general en los precios de todos o algunos bienes y servicios de una economía (Klemperer *et al.*, 1994). Bilek (1996) indica que la tasa de descuento a nivel internacional varía entre 3 y 9 %, correspondiendo la tasa de descuento más alta para plantaciones forestales de rotaciones cortas. A nivel nacional, en la evaluación de PRODEPLAN (COLPOS, 2006) se utilizó una tasa de descuento promedio anual de 7 %, por lo tanto, fluctúa en un rango de 5 a 9 % para inversiones productivas primarias forestales.

La manera común de definir la tasa de descuento de un proyecto es comparándola a la tasa de retorno de una inversión alternativa. Los más conocidos en México son los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) y son considerados como tasa de referencia en el mercado, ya que devengan pocos intereses y su valor nominal al portador se vende al término de un período determinado; tiene tasa de riesgo cero y obtiene una ganancia ligeramente por encima de la inflación.

En este estudio se utilizaron 3 tasas de descuento, compuesto por dos factores: la tasa que el inversionista desea obtener y la tasa de riesgo, resultando una tasa de rendimiento mínimo aceptable (*TREMA*) (Martínez de la Torre, 2013). La primera será de 5 % basada en Bilek (1996) quien indica que la tasa de descuento a nivel internacional varía entre el 3 y 9 % para plantaciones forestales, la segunda se consideró la tasa de los Certificados de la Tesorería (CETES) a 28 días promedio anual con un valor de 6.8 % y la tasa de descuento utilizada para créditos hipotecarios 8.70 %.

2.4.3. Información de crecimiento y rendimiento maderable

Se desarrolló un sistema de crecimiento y rendimiento implícito que estima el volumen maderable comercial por ha y el número de árboles generados presentes en la plantación a diferentes edades. El sistema toma en cuenta el mercado diferenciado de productos.

Para obtener el sistema implícito, en primer lugar, se generó el sistema de crecimiento explícito, el cual tiene los siguientes componentes: modelo de predicción y proyección para altura dominante, área basal, volumen y número de árboles, y poder definir las variables de estado del sistema implícito. Ver capítulo II de esta tesis para detalles.

A continuación, se muestran los modelos utilizados:

$$HD_2 = \frac{37.73865}{1 + \left(\frac{39.2186}{HD_1} - 1\right) \times \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{1.58278}} \quad (1)$$

$$AB_1 = e^{\left(\frac{-5.268409}{E_1}\right)} \times HD_1^{1.276608} \quad (2)$$

$$V_1 = 1.323385 \times AB_1^{1.054219} \times HD_1^{0.494394} \times e^{\left(-0.00054 \times \frac{NA_1}{E_1}\right)} \quad (3)$$

$$NA_2 = NA_1 \times e^{[-0.051189 \times (E_1 - E_2)]} \quad (4)$$

Donde:

$V_1, AB_1, HD_1, NA_1, E_1$: Volumen, área basal, altura dominante, número de árboles por ha en su condición inicial.

HD_2, E_2 : Altura dominante en la condición proyectada.

2.4.4. Weibull para modelar la distribución diamétrica

Las variables de estado son: Altura dominante (HD en m), área basal (AB en $m^2 ha^{-1}$), número de árboles (NA) y diámetro cuadrático.

$$Dq = \sqrt{\frac{40,000}{\pi} \times \frac{AB}{NA}} \quad (5)$$

La altura por clase diamétrica se obtuvo con la ecuación siguiente:

$$H = 4.943241 * HD^{0.234637} \times (1 - e(-0.103358 \times DN)) \times E^{0.264676} \quad (6)$$

Este modelo relaciona la altura dominante (HD), edad (E) y la categoría diamétrica para obtener la altura individual total de cada árbol. El volumen individual con corteza se obtuvo con el modelo de Schumacher y Hall (Martínez, 2016):

$$V = 0.000065 \times DN^{1.630512} \times H^{1.15635} \quad (7)$$

Se obtuvieron tres percentiles que son la base del sistema implícito. Estos parámetros se obtuvieron mediante el método de momentos (Piennar y Rheney, 1993), y son:

$$\begin{aligned} p0 &= 1.298208 \times Dq^{1.035731} \times AB^{1.177063} \\ p63 &= 0.966345 \times Dq^{0.0614} \\ p95 &= 2.170794 \times Dq^{-0.5874} \end{aligned}$$

Conociendo los parámetros, se obtiene la distribución Weibull 3P (tres parámetros) que está definida por la siguiente función de densidad:

$$P(L < X < U) = e \left[-\left(\frac{L-a}{b}\right)^c - \left(\frac{U-a}{b}\right)^c \right] \quad (8)$$

Donde:

P : proporción de árboles de la clase diamétrica correspondiente, L y U : límite inferior y superior de la categoría diamétrica, e : función exponencial y X : categoría diamétrica.

El número de árboles por clase diamétrica se obtuvo como se muestra a continuación: $NA_{(CD)} = P(L < X < U) \times NAHA$, donde $NA_{(CD)}$ es la distribución de la clase diamétrica por hectárea, $P(L < X < U)$ es la función de densidad de probabilidad para el intervalo de esa misma categoría diamétrica (CD) y $NAHA$: número de árboles por hectárea residuales a una edad determinada. El volumen por hectárea por categoría diamétrica se obtuvo con la expresión $V_{(CD)} = NA_{(CD)} \times V_i$, donde $NA_{(CD)}$ es el número de árboles de la distribución de la clase diamétrica.

2.4.5. Modelo de distribución de productos

El volumen por distribución de productos se calculó mediante el modelo de volumen comercial variable y ahusamiento de Fang (Fang *et al.*, 2000) ajustado por Martínez (2016), como se muestra a continuación con la estructura y valores de los parámetros de regresión:

$$V_c = C_1^2 H^{\frac{k}{\beta_1}} \left[\beta_1 r_0 + (I_1 + I_2) + (\beta_2 - \beta_1) r_1 + I_2 (\beta_3 - \beta_2) \alpha_1 r_2 - \beta (1 - q)^{\frac{k}{\beta}} \alpha_1^{I_1 + I_2} \alpha_2^{I_2} \right]$$

Donde:

$$C_1 = \sqrt{\frac{\alpha_0 DN^{\alpha_1} H^{\alpha_2 - \frac{k}{\beta_1}}}{\beta_1 (r_0 - r_1) + \beta_2 (r_1 - \alpha_1 r_2) + \beta_3 \alpha_1 r_2}}; \quad r_0 = \left(1 - \frac{H_b}{H}\right)^{\frac{k}{\beta_1}}; \quad r_1 = (1 - p_1)^{\frac{k}{\beta_1}}; \quad r_2 = (1 - p_2)^{\frac{k}{\beta_2}}. \text{ Las}$$

restricciones para I son: $I_1 = 1$ si $p_1 \leq q \leq p_2$; de lo contrario 0; $I_2 = 1$ si

$p_2 \leq q \leq 1$; de lo contrario 0; q = altura comercial entre la altura total. $\beta = \beta_1^{1 - (I_1 + I_2)} \beta_2^{I_1} \beta_3^{I_2}$, $\alpha_1 = (1 - p_1)^{\frac{\kappa(\beta_2 - \beta_1)}{\beta_1 \beta_2}}$, $\alpha_2 = (1 - p_2)^{\frac{\kappa(\beta_3 - \beta_2)}{\beta_2 \beta_3}}$, H_b = altura del tocón igual a 20 cm, $\alpha_0 = 0.000075$, $\alpha_1 = 1.8551916$, $\alpha_2 = 0.849415$, $\beta_1 = 9.583E - 6$, $\beta_2 = 0.000027$, $\beta_3 = 0.000024$, p_1 = punto de inflexión 1 igual a 0.053027 y punto de inflexión 2 (p_2) igual a 0.508309.

El diámetro normal se sustituyó por la categoría diamétrica a la edad E_i . La altura total se calculó con el modelo (5) y el número de árboles por índice de sitio se obtuvo de la distribución diamétrica del modelo (8). El volumen total es la sumatoria del volumen comercial por tipo de producto (primario, secundario y aserrío) por índice de sitio y edad. El modelo segmentado (volumen comercial variable y ahusamiento) presenta un fundamento sólido en la distribución de productos, porque es más preciso en el cálculo del volumen por tipo de producto, esto repercute directamente en la estimación del valor de la producción.

2.4.6. Actualización de costos de producción y precios de productos

El primer paso fue actualizar los costos del proyecto con la fórmula siguiente:

$$C_t = \frac{C_r}{(1+i)^t} \quad (9)$$

Donde: C_t : costo actualizado (\$), C_r : costo real, i : tasa de interés (5, 6.8 y 8.7 %) y t : número de años a partir del presente en que se registra la producción.

El valor presente (VP) de la producción se estimó por tipo de producto y cada tipo se actualizó al año base (20122) a una tasa de interés i , con la expresión siguiente:

$$VP = \frac{P_r \times Q}{(1+i)^t} \quad (10)$$

Donde: VP : valor de la producción descontado el año base 2012 (\$), P_r : precio constante por tipo de producto (\$ m³ rollo), Q : cantidad de producción (m³ rollo) en primarios, secundarios o astilla, i : tasa de interés (5, 6.8 y 8.7 %) y t : número de años a partir del presente en que se registra la producción.

2.4.7. Cálculo de indicadores de rentabilidad

Valor actual neto (VAN)

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un flujo de caja futuro. Se define como la diferencia del valor presente de los ingresos futuros y el valor presente de

los costos futuros que ocurren en el proyecto, los costos e ingresos deben ser descontados a una tasa de interés definida por el inversionista. La función para obtener este indicador se muestra a continuación:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{I_y - C_y}{(1+i)^y} \quad (11)$$

Donde: I_y : ingresos del proyecto en el periodo de tiempo y , C_y : costos del proyecto en el periodo de tiempo y , i : tasa de descuento y y : número de periodos considerado.

Entonces:

Si $VAN > 0$ Se acepta la inversión ya que produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

Si $VAN < 0$ Se rechaza. La inversión produciría pérdidas considerando la rentabilidad exigida.

Tasa interna de retorno (TIR)

Se le denomina de esta manera a la tasa de descuento que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, la más conveniente es la que ofrezca una TIR mayor. Indica la tasa de generación de riqueza de la inversión realizada considerando flujos de caja y periodos de producción, y se expresa en la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{I_t - C_t}{(1+i^*)^t} = 0 \quad (12)$$

Donde: I_y : ingresos del proyecto en el período de tiempo y , C_y : costos del proyecto en el período de tiempo y , y : tiempo en años e i^* : tasa que iguala a cero el flujo de efectivo (Clutter *et al.*, 1983).

Entonces:

Si $TIR > i$ Se acepta el proyecto. El proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el costo de oportunidad).

Si $TIR < i$ Se rechaza el proyecto. El proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

i representa el costo de oportunidad.

Relación beneficio-costo ($R B/C$)

Es la proporción existente entre la unidad beneficiada en términos monetarios, sobre la unidad aportada en la inversión, ambas descontadas a una tasa de interés.

$$RBC = \frac{\sum_{y=0}^n \frac{I_y}{(1+i)^y}}{\sum_{y=0}^n \frac{C_y}{(1+i)^y}} \quad (13)$$

Donde: I_y : ingresos del proyecto en el período de tiempo y , C_y : costos del proyecto en el período de tiempo y , y : tiempo en años e i : tasa de descuento (Clutter *et al.*, 1983).

Entonces:

Si $R B/C > 1$ Se acepta el proyecto.

Si $R B/C < 1$ Se rechaza el proyecto.

Periodo de retorno (PR)

Es el período en el cual los beneficios de proyecto recuperan la inversión inicialmente efectuada considerando flujos de efectivo.

$$PR = \frac{VAN}{inversión\ inicial} \geq 1 \quad (14)$$

Valor esperado del suelo (VES)

También llamado formula de Faustmann (Faustmann, 1995), representa el valor máximo que un inversionista estaría dispuesto a pagar por una determinada cantidad de tierra, de tal forma que reciba ganancias aceptables a una mínima tasa de interés. Es la acumulación de costos e ingresos que se presentan durante el periodo de rotación.

$$VES_{\infty} = \frac{\sum_{y=0}^r I_y(1+i)^{(r-y)} - \sum_{y=0}^t C_y(1+i)^{(r-y)}}{(1+r)^r - 1} + \frac{a-c}{i} \quad (15)$$

Donde: VES_{∞} : valor esperado del suelo a perpetuidad ($\$ \text{ ha}^{-1}$), I_y : ingresos en el año y por aclareos y corta final $\$ \text{ ha}^{-1}$, C_y : costo en el año y , a : ingreso anual constante ($\$ \text{ ha}^{-1}$), c :

costos anual constante ($\$ \text{ ha}^{-1}$), i : tasa de descuento en porcentaje/100, r : edad de rotación o turno en años y t : año en que incurre el costo o ingreso ($\$ \text{ ha}^{-1}$) (Klemperer, 1996).

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se caracterizaron seis actividades en la etapa de establecimiento de la plantación bajo la clasificación de plantación forestal de clima templado con nivel tecnológico bajo, esto es para superficies mayores a 25 hectáreas, preparación del terreno manual y el uso de germoplasma local no mejorado genéticamente (Maldonado-Ramírez, 2011).

Los costos más fuertes en el establecimiento, es la apertura de cepa y plantación con \$3,520 y la adquisición de la plata con \$3,280, teniendo un costo total de establecimiento de \$16,223, siendo similar al obtenido por Maldonado-Ramírez (2011). Cabe destacar que todos los costos de establecimiento los cubrió el dueño del predio.

En la etapa de mantenimiento se identificaron cinco actividades: acceso a la tierra (pago predial), control de plagas, deshierbe manual, mantenimiento de cerca y protección contra incendios (apertura de brechas cortafuego y mantenimiento), teniendo un costo total por hectárea de \$3,343.00. Para esta etapa, Ramírez-Maldonado (2011) reportó para el año dos un costo total de \$3,179.00 por ha, cuyo costo más elevado fue el pago anual del predial. El pago anual por hectárea de la plantación forestal comercial ubicada en Tlatlauquitepec (Puebla) es el mismo a partir de los dos años hasta los 25, teniendo en cuenta que las actividades a realizar son las mismas anualmente, y este valor es superior al reportado por Parra (2016), porque hay actividades que no se realizan consecutivamente y los costos que se usan en esta investigación son más altos.

No se tomó en cuenta la fase de aprovechamiento de la plantación, porque aún es joven (10 años) y no se han aplicado aclareos de tipo comercial. Cuando se cumpla el tiempo de programar los aclareos, tanto los costos como los ingresos obtenidos de la corta deberán ser incluidos en el flujo de caja y en la determinación del turno financiero.

2.5.1. Distribución de productos y valor de la producción

En el Cuadro 2.4 se presenta la proyección esperada de la distribución del volumen por tipo de producto. En el *IS* 12 a los nueve años se tiene $1.39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen para productos primarios (Figura 2.2), en el índice promedio (*IS* 16) es de $8.71 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y en el *IS* 20 con productividad alta se espera un volumen de $21.39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. A partir de los ocho años se proyecta obtener volumen para productos secundarios en el *IS* de productividad baja ($2.80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), en el índice de sitio promedio a partir de los siete años ($3.80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Figura 2.2) y en el *IS* 20 de

productividad alta se tiene $3.42 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ a los seis años. Parra (2016) reporta en su estudio para *Pinus patula*, a partir de los 11 años una producción en volumen para productos primarios para el índice de sitio pobre ($1 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$), en la calidad promedio a los nueve años ($2 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$) y en el índice de sitio rico un volumen para primarios de $4 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ a los cinco años, es evidente el crecimiento acelerado de *Pinus chiapensis* tomando en cuenta que *Pinus patula* es considerada una especie de rápido crecimiento, sin embargo la especie de este estudio se encuentra en su zona de distribución natural, bajo una silvicultura constante desde el establecimiento, es por ello que su desarrollo es eficiente.

Cuadro 2.4. Distribución de productos ($\text{m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$) proyectado de la plantación de *Pinus chiapensis* con IS 12, 14, 16, 18 y 20 m.

IS 12						IS 14					
Edad	P	S	A	D	Vc	Edad	P	S	A	D	Vc
1	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1	0.00	0.00	0.00	0.52	0.52
2	0.00	0.00	0.00	0.68	0.68	2	0.00	0.00	0.00	0.71	0.71
3	0.00	0.00	0.00	4.08	4.08	3	0.00	0.00	0.00	4.59	4.59
4	0.00	0.00	0.12	5.09	5.21	4	0.00	0.00	1.93	5.00	6.93
5	0.00	0.00	11.42	3.83	15.24	5	0.00	0.00	17.60	3.20	20.80
6	0.00	0.00	24.97	2.57	27.55	6	0.00	0.03	34.47	2.35	36.85
7	0.00	0.30	42.09	2.32	44.70	7	0.00	1.51	54.38	2.22	58.11
8	0.12	2.80	60.14	2.09	65.15	8	0.80	5.88	74.26	2.05	83.00
9	1.39	7.13	77.41	1.95	87.88	9	4.30	12.19	91.90	1.92	110.31
10	5.36	13.63	92.23	1.83	113.04	10	10.92	22.56	103.81	1.81	139.09
11	11.96	24.11	90.59	12.65	139.31	11	20.09	38.09	97.85	12.56	168.59
12	20.67	39.00	94.49	12.00	166.17	12	30.70	56.74	97.92	11.89	197.25
13	31.46	56.39	93.98	11.35	193.18	13	52.55	68.13	94.86	11.24	226.78
14	51.69	66.09	90.76	10.72	219.26	14	76.31	78.56	90.12	10.61	255.59
15	74.09	75.52	86.14	10.11	245.86	15	103.97	100.26	69.27	9.99	283.49
16	100.08	95.98	66.19	9.52	271.77	16	132.78	101.32	65.33	9.40	308.83
17	127.13	96.90	62.38	8.95	295.36	17	164.79	100.03	61.33	8.85	334.99
18	157.39	95.66	58.51	8.42	319.97	18	197.18	97.12	57.28	8.31	359.88
19	188.12	92.90	54.59	7.91	343.52	19	251.70	68.50	53.24	7.82	381.26

IS 12						IS 14					
Edad	P	S	A	D	Vc	Edad	P	S	A	D	Vc
20	240.17	65.54	50.68	7.43	363.81	20	282.25	65.35	49.31	7.35	404.26
21	269.47	62.52	46.88	6.98	385.84	21	311.55	62.07	45.47	6.93	426.01
22	297.70	59.35	43.16	6.58	406.78	22	336.69	58.65	41.71	6.48	443.53
23	322.00	56.04	39.55	6.15	423.74	23	364.00	55.18	38.26	6.09	463.54
24	348.54	52.65	36.15	5.77	443.12	24	385.84	51.47	35.09	5.70	478.11
25	369.80	49.02	33.12	5.40	457.34	25	411.25	47.85	32.11	5.34	496.56

IS: índice de sitio en metros, P: producto primario para aserrío en m³ rollo, S: producto secundario para cortas dimensiones en m³ rollo, A: producto para astilla o celulosa en m³ rollo, D: desperdicio en m³ rollo. Vc: volumen comercial en m³ rollo.

Continuación...

IS 16						IS 18					
Edad	PR	SE	AS	DE	Vc	Edad	PR	SE	AS	DE	Vc
1	0.00	0.00	0.00	0.54	0.54	1	0.00	0.00	0.00	0.57	0.57
2	0.00	0.00	0.00	0.74	0.74	2	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84
3	0.00	0.00	0.00	4.93	4.93	3	0.00	0.00	0.00	5.19	5.19
4	0.00	0.00	6.72	4.35	11.07	4	0.00	0.00	12.72	3.47	16.19
5	0.00	0.00	23.83	2.79	26.62	5	0.00	0.00	31.58	2.54	34.12
6	0.00	0.36	44.79	2.41	47.56	6	0.00	1.43	55.77	2.33	59.52
7	0.24	3.80	67.07	2.17	73.28	7	1.03	6.67	79.75	2.13	89.59
8	2.67	9.22	88.45	2.02	102.37	8	5.75	14.69	100.16	2.00	122.60
9	8.71	19.16	103.68	1.90	133.45	9	14.38	28.49	112.27	1.88	157.03
10	17.65	33.96	111.32	1.79	164.72	10	25.84	48.30	115.85	1.77	191.75
11	29.07	53.93	101.58	12.46	197.03	11	40.12	70.32	103.18	12.38	226.00
12	43.53	74.49	99.06	11.79	228.86	12	69.26	79.38	98.91	11.70	259.25
13	74.44	79.86	94.41	11.14	259.84	13	97.09	88.54	93.28	11.04	289.95
14	103.07	103.59	72.56	10.51	289.72	14	129.71	108.67	71.94	10.41	320.72
15	133.37	105.25	68.53	9.89	317.05	15	164.07	108.25	67.74	9.81	349.86
16	166.71	104.23	64.42	9.31	344.68	16	196.83	105.63	63.46	9.23	375.14
17	200.45	101.39	60.25	8.74	370.82	17	231.91	101.77	59.23	8.67	401.58
18	231.84	97.37	56.11	8.23	393.55	18	291.58	71.55	55.06	8.17	426.35

IS 16						IS 18					
Edad	PR	SE	AS	DE	Vc	Edad	PR	SE	AS	DE	Vc
19	289.27	68.37	52.05	7.75	417.43	19	319.96	68.04	50.98	7.68	446.66
20	319.53	64.99	48.11	7.28	439.92	20	350.26	64.53	47.03	7.25	469.08
21	345.75	61.50	44.28	6.86	458.38	21	378.93	60.93	43.24	6.78	489.88
22	373.74	57.96	40.66	6.43	478.80	22	402.71	57.30	39.69	6.38	506.09
23	396.45	54.38	37.16	6.03	494.02	23	429.01	53.40	36.58	5.99	524.98
24	422.31	50.53	34.23	5.65	512.72	24	449.29	49.68	33.49	5.61	538.06
25	446.74	46.77	31.22	5.28	530.01	25	473.46	45.86	30.69	5.25	555.26

IS: índice de sitio en metros, P: producto primario para aserrío en m³ rollo, S: producto secundario para cortas dimensiones en m³ rollo, A: producto para astilla o celulosa en m³ rollo, D: desperdicio en m³ rollo. Vc: volumen comercial en m³ rollo.

Continuación...

IS 20					
Edad	PR	SE	AS	DE	Vc
1	0.00	0.00	0.00	0.59	0.59
2	0.00	0.00	0.00	1.63	1.63
3	0.00	0.00	0.07	5.40	5.47
4	0.00	0.00	18.44	2.66	21.10
5	0.00	0.11	40.79	2.39	43.30
6	0.17	3.42	67.38	2.28	73.24
7	2.89	9.77	92.90	2.11	107.66
8	10.23	21.80	110.31	1.98	144.32
9	21.29	40.40	118.06	1.87	181.62
10	35.22	63.34	118.17	1.76	218.49
11	51.65	85.93	103.45	12.28	253.31
12	89.59	88.42	98.08	11.61	287.70
13	122.46	111.39	75.51	10.96	320.32
14	157.57	111.95	71.26	10.33	351.11
15	191.91	109.89	66.90	9.73	378.42
16	227.96	106.27	62.56	9.13	405.92
17	289.91	74.84	58.29	8.62	431.67

IS 20					
Edad	PR	SE	AS	DE	Vc
18	319.89	71.30	54.09	8.11	453.39
19	350.96	67.73	50.01	7.66	476.37
20	376.90	64.06	46.12	7.19	494.26
21	405.34	60.39	42.41	6.75	514.88
22	432.09	56.46	39.16	6.34	534.04
23	453.49	52.70	35.89	5.94	548.03
24	477.92	48.91	32.94	5.58	565.35
25	495.98	45.04	30.20	5.22	576.44

IS: índice de sitio en metros, P: producto primario para aserrío en m³ rollo, S: producto secundario para cortas dimensiones en m³ rollo, A: producto para astilla o celulosa en m³ rollo, D: desperdicio en m³ rollo. Vc: volumen comercial en m³ rollo.

Se espera para la cosecha final en el IS 12 (pobre) un volumen de productos primarios de 369.80 m³ ha⁻¹ y de secundarios 49.02 m³ ha⁻¹ con un ingreso de \$536,953 y \$40,836 respectivamente; para la calidad de estación promedio 446.74 y 46.77m³ ha⁻¹ de primarios y secundarios respectivamente con un ingreso de \$648,673 y \$36,914 para cada producto. En el IS 20 se proyecta un volumen de primarios de 495.98m³ ha⁻¹ y un ingreso de \$720,157 (Cuadro 2.5 y Figura 2.2).

El valor de la producción a edades de tres a seis años de la plantación puede ser comerciable en forma de astilla. En estas edades el modelo de ahusamiento estima de 1 a 86 % del volumen total árbol aprovechable en categorías diamétricas de 10 a 25 cm, de 25 cm en adelante de diámetro el porcentaje de astilla disminuye.

Cuadro 2.5. Valor de la producción (\$ m⁻³ ha⁻¹) por tipo de producto para IS 12, 14, 16, 18 y 20 para la plantación de *Pinus chiapensis*.

Valor de producción IS 12 (\$ m ⁻³ ha ⁻¹)					Valor de producción IS 14 (\$ m ⁻³ ha ⁻¹)				
Edad	P	S	A	D	Edad	P	S	A	D
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0	0	53	53	4	0	0	856	856

5	0	0	5,058	5,058	5	0	0	7,796	7,796
6	0	0	11,064	11,064	6	0	27	15,272	15,298
7	0	249	18,644	18,893	7	0	1,255	24,089	25,344
8	170	2,336	26,640	29,147	8	1,167	4,900	32,898	38,965
9	2,017	5,943	34,293	42,254	9	6,237	10,155	40,713	57,105
10	7,779	11,351	40,856	59,987	10	15,857	18,789	45,989	80,634
11	17,360	20,084	40,130	77,575	11	29,173	31,726	43,347	104,247
12	30,016	32,490	41,859	104,366	12	44,579	47,262	43,377	135,219
13	45,674	46,972	41,634	134,280	13	76,297	56,755	42,024	175,076
14	75,058	55,050	40,206	170,314	14	110,800	65,436	39,923	216,159
15	107,578	62,912	38,161	208,651	15	150,964	83,515	30,687	265,165
16	145,319	79,952	29,323	254,594	16	192,798	84,395	28,942	306,136
17	184,588	80,715	27,636	292,939	17	239,282	83,322	27,168	349,771
18	228,525	79,682	25,921	334,127	18	282,095	80,824	25,358	388,276
19	273,155	77,384	24,185	374,724	19	356,844	56,907	23,553	437,304
20	348,723	54,592	22,451	425,765	20	388,299	54,079	21,773	464,150
21	391,271	52,076	20,769	464,115	21	412,921	51,068	20,022	484,011
22	432,256	49,435	19,120	500,811	22	430,552	47,931	18,306	496,789
23	467,541	46,677	17,522	531,740	23	441,528	44,700	16,683	502,911
24	506,078	43,860	16,016	565,954	24	446,514	41,423	15,111	503,047
25	536,953	40,836	14,671	592,460	25	446,346	38,109	13,639	498,093

P: valor en \$ ha⁻¹ de productos primarios, S: valor en \$ ha⁻¹ de productos secundarios, A: valor en \$ ha⁻¹ de productos para astilla o celulosa, Total: valor total de la producción.

Continuación...

Valor de producción IS 16 (\$ m ⁻³ ha ⁻¹)					Valor de producción IS 18 (\$ m ⁻³ ha ⁻¹)				
Edad	P	S	A	D	Edad	P	S	A	D
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0	0	2,978	2,978	4	0	0	5,637	5,637
5	0	0	10,558	10,558	5	0	0	13,991	13,991

6	0	299	19,843	20,142	6	0	1,191	24,704	25,895
7	351	3,162	29,713	33,226	7	1,498	5,560	35,330	42,388
8	3,874	7,684	39,185	50,743	8	8,346	12,236	44,372	64,955
9	12,654	15,963	45,929	74,546	9	20,877	23,736	49,737	94,350
10	25,624	28,292	49,317	103,233	10	37,515	40,231	51,321	129,066
11	42,205	44,922	44,998	132,126	11	58,249	58,579	45,711	162,538
12	63,200	62,048	43,883	169,131	12	100,568	66,122	43,818	210,508
13	108,082	66,523	41,823	216,427	13	140,971	73,756	41,324	256,052
14	149,658	86,291	32,142	268,090	14	188,332	90,521	31,870	310,723
15	193,651	87,676	30,360	311,687	15	238,225	90,171	30,009	358,405
16	242,067	86,827	28,537	357,432	16	285,794	87,988	28,113	401,895
17	291,049	84,393	26,675	402,117	17	336,728	84,774	26,238	447,740
18	336,626	80,966	24,826	442,418	18	423,371	59,598	24,391	507,360
19	420,014	56,611	22,990	499,615	19	464,586	56,676	22,585	543,846
20	463,958	53,528	21,199	538,685	20	508,584	53,756	20,836	583,176
21	502,023	50,320	19,446	571,789	21	550,205	50,758	19,154	620,117
22	542,677	47,029	17,750	607,456	22	584,739	47,731	17,585	650,055
23	575,638	43,683	16,118	635,440	23	622,924	44,485	16,204	683,614
24	613,200	40,326	14,579	668,104	24	652,374	41,382	14,834	708,591
25	648,673	36,914	13,087	698,674	25	687,462	38,203	13,594	739,258

P: valor en \$ ha⁻¹ de productos primarios, S: valor en \$ ha⁻¹ de productos secundarios, A: valor en \$ ha⁻¹ de productos para astilla o celulosa, Total: valor total de la producción.

Continuación...

Valor de producción IS 20				
(\$ m ⁻³ ha ⁻¹)				
Edad	P	S	A	D
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	33	33
4	0	0	8,169	8,169
5	0	96	18,070	18,166
6	247	2,848	29,849	32,943

7	4,190	8,136	41,153	53,479
8	14,855	18,163	48,866	81,884
9	30,918	33,654	52,303	116,875
10	51,137	52,762	52,349	156,248
11	74,989	71,581	45,827	192,397
12	130,083	73,652	43,448	247,184
13	177,811	92,789	33,452	304,052
14	228,789	93,256	31,567	353,611
15	278,657	91,534	29,637	399,828
16	331,000	88,522	27,712	447,234
17	420,952	62,346	25,824	509,121
18	464,479	59,394	23,963	547,837
19	509,599	56,416	22,155	588,170
20	547,257	53,362	20,429	621,048
21	588,553	50,301	18,789	657,643
22	627,388	47,028	17,346	691,762
23	658,467	43,896	15,901	718,264
24	693,947	40,740	14,594	749,281
25	720,157	37,519	13,381	771,056

P: valor en \$ ha⁻¹ de productos primarios, S: valor en \$ ha⁻¹ de productos secundarios, A: valor en \$ ha⁻¹ de productos para astilla o celulosa, Total: valor total de la producción.

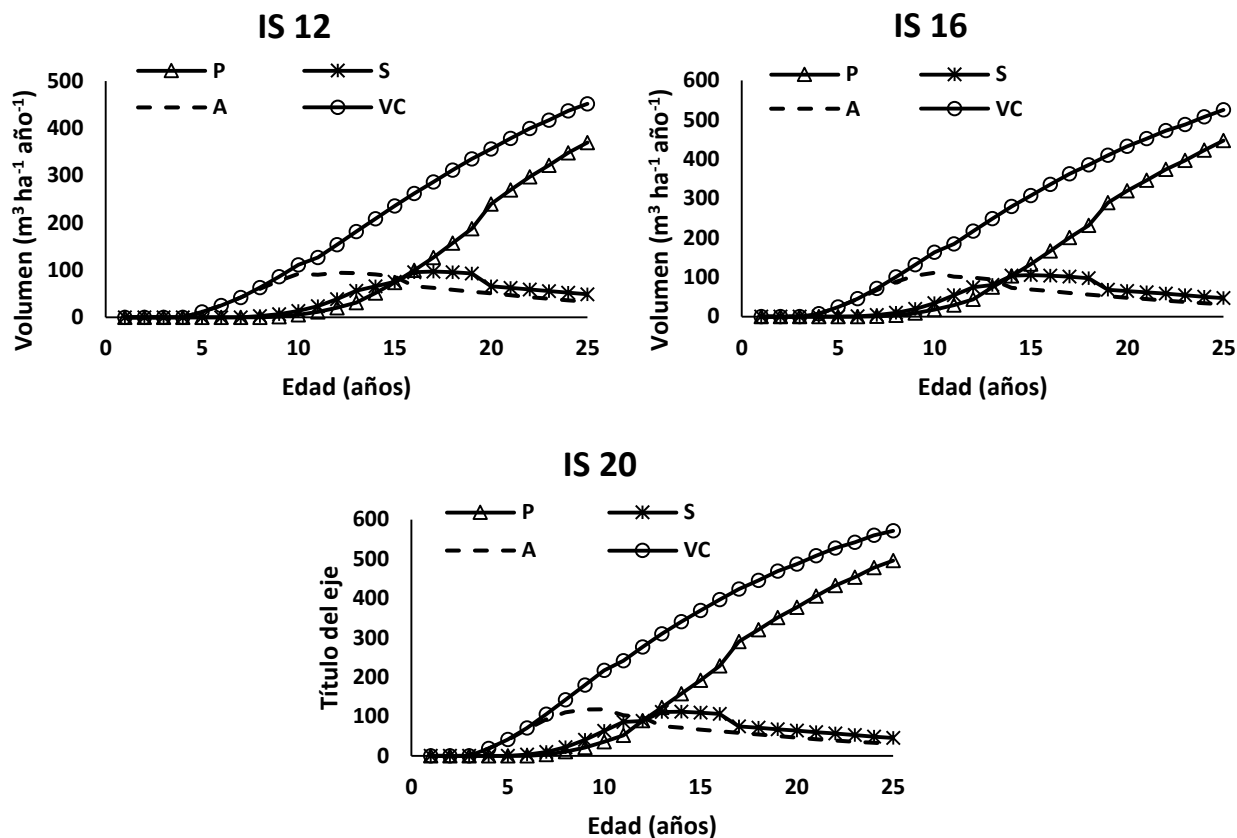


Figura 2.2. Distribución de productos por IS 12, 16 y 20 mediante el modelo de volumen comercial variable para la plantación de *Pinus chiapensis*. P: Producto primario para aserrío en m³ rollo, S: Producto secundario de cortas dimensiones en m³ rollo, A: Producto para astilla o celulosa en m³ rollo, VC: Volumen comercial total en m³ rollo.

2.5.2. Evaluación financiera de la plantación de *Pinus chiapensis*

El Cuadro 2.6 presenta los indicadores de rentabilidad (*VAN*, *TIR*, *R B/C*, *PR* y *VES*) en el proceso de producción de *Pinus chiapensis* en la región de estudio. El turno financiero para IS 12 m con tasas de descuento de 5.0, 6.8 y 8.7 % se estima a los 23, 21 y 20 años respectivamente. Esto contrasta con el turno técnico de 25 años. Los indicadores financieros ($i = 5.0\%$) son: *VAN* de \$122,943.01 ha⁻¹, *TIR* de 12.0 %, *R B/C* 3.0 y *VES* \$513,313.26 (Figura 2.3).

En IS 16 m (promedio) y tasas de 5.0, 6.8 y 8.7 % proyecta un turno financiero de 21, 19 y 18 años respectivamente (Cuadro 3.8), con un *VAN* de \$158,957.54 ha⁻¹, \$103,041.63 ha⁻¹ y \$65,214.12 ha⁻¹, *TIR* de 14.0, 15.2 y 15.7 %, *R B/C*: 3.7, 3.0 y 2.4 y *VES*: \$550,541.73, \$485,276.27 y \$451,235.08. Los indicadores demuestran una rentabilidad aceptable para las tres tasas de descuento. Por ejemplo, la *R B/C* obtenida indica ($i = 5.0, 6.8$ y 8.7%) que por cada peso que invierte el productor, este recobra lo invertido y además obtiene una ganancia de \$2.7, \$2.0 y \$1.4 en un periodo de 21, 19 y 18 años. La *TIR* obtenida es más alta que la tasa de

descuento a nivel internacional, que los Certificados de la Tesorería (CETES) y de los créditos hipotecarios.

Se destaca el *IS* rico (20 m) en las tres tasas de descuento ($i= 5.0, 6.8$ y 8.7%), es decir al ser el más productivo se tienen mayores ganancias, por ejemplo, un *VAN* de \$189,974.63, \$129,717.27 y \$89,479.68 ha^{-1} , *TIR*: 14.9, 17.0 y 18.7 % y una *R B/C* 4.2, 3.6 y 3.0, lo invertido por el propietario lo recuperará entre los 16 y 20 años aproximadamente. Estos indicadores son superiores en contraste a los demás índices de sitio, sin embargo, podrían mejorarse al contar con mejor tecnología de producción, con semilla mejorada y prácticas silvícolas implementadas para la especie. Para prolongar el ritmo inicial de crecimiento de los árboles es necesario realizar prácticas culturales tales como aclareos y limpiezas a lo largo del periodo de producción.

Cuadro 2.6. Indicadores financieros con tasas de descuento 5, 6.8 y 8.7 % para plantaciones de *Pinus chiapensis*.

<i>IS</i>	<i>i</i>	<i>VAN</i>	<i>TIR</i>	<i>R B/C</i>	<i>TF</i>	<i>TT</i>	<i>PR</i>	<i>VES</i>
12	5.0	122,943.01	12.0	3.0	23	25	23	513,313.26
	6.8	72,763.26	12.7	2.4	21	25	21	451,569.60
	8.7	40,485.53	13.1	1.8	20	25	20	381,896.92
14	5.0	127,055.74	14.1	3.2	19	23	19	407,854.50
	6.8	83,472.40	14.7	2.7	18	23	18	388,139.03
	8.7	51,332.74	14.7	2.1	18	23	18	390,164.21
16	5.0	158,957.54	14.0	3.7	21	21	21	550,541.73
	6.8	103,041.63	15.2	3.0	19	21	19	485,276.27
	8.7	65,214.12	15.7	2.4	18	21	18	451,235.08
18	5.0	175,831.47	13.9	4.0	20	19	20	562,153.38
	6.8	116,489.19	15.8	3.4	17	19	17	457,937.17
	8.7	77,517.55	17.2	2.7	17	19	17	452,442.52
20	5.0	189,974.63	14.9	4.3	20	17	20	598,483.34
	6.8	129,717.27	17.0	3.6	17	17	17	495,067.32
	8.7	89,479.68	18.7	3.0	16	17	16	457,821.95

IS: índice de sitio, *i*: tasa de descuento en %, *VAN*: valor actual neto en \$ ha^{-1} , *TIR*: tasa interna de retorno en %, *R B/C*: relación beneficio costo, *TF*: turno financiero en años, *TT*: turno técnico en años, *PR*: período de retorno en años, *VES*: valor esperado del suelo a perpetuidad en \$ ha^{-1} .

El *VES* (valor esperado del suelo) implica que tras una rotación se volverá a plantar el suelo con especies forestales, bajo el mismo régimen silvícola a perpetuidad. A medida que la tasa de descuento disminuye el valor esperado del suelo (*VES*) incrementa y viceversa, por lo tanto, se tienen rendimientos más altos con las tasas de descuento del 5.0 y 6.8 %. Al tener edades tempranas de cosecha se tienen implicaciones financieras, es decir, después de la edad óptima los costos tienden a estabilizarse, sin embargo, los ingresos (producción) decrecen lo que implica que el *VES* disminuya. Esta disminución será mayor a medida que se alargue la cosecha final. Es decir, después de la edad óptima de cosecha el propietario empieza a tener pérdidas a medida que deja pasar el tiempo pues los costos fijos se acumulan más rápido que el crecimiento de la masa. Las edades óptimas de cosecha estimadas bajo los *IS* analizados, ocurren unos años antes de la edad de cosecha final establecida actualmente en la región.

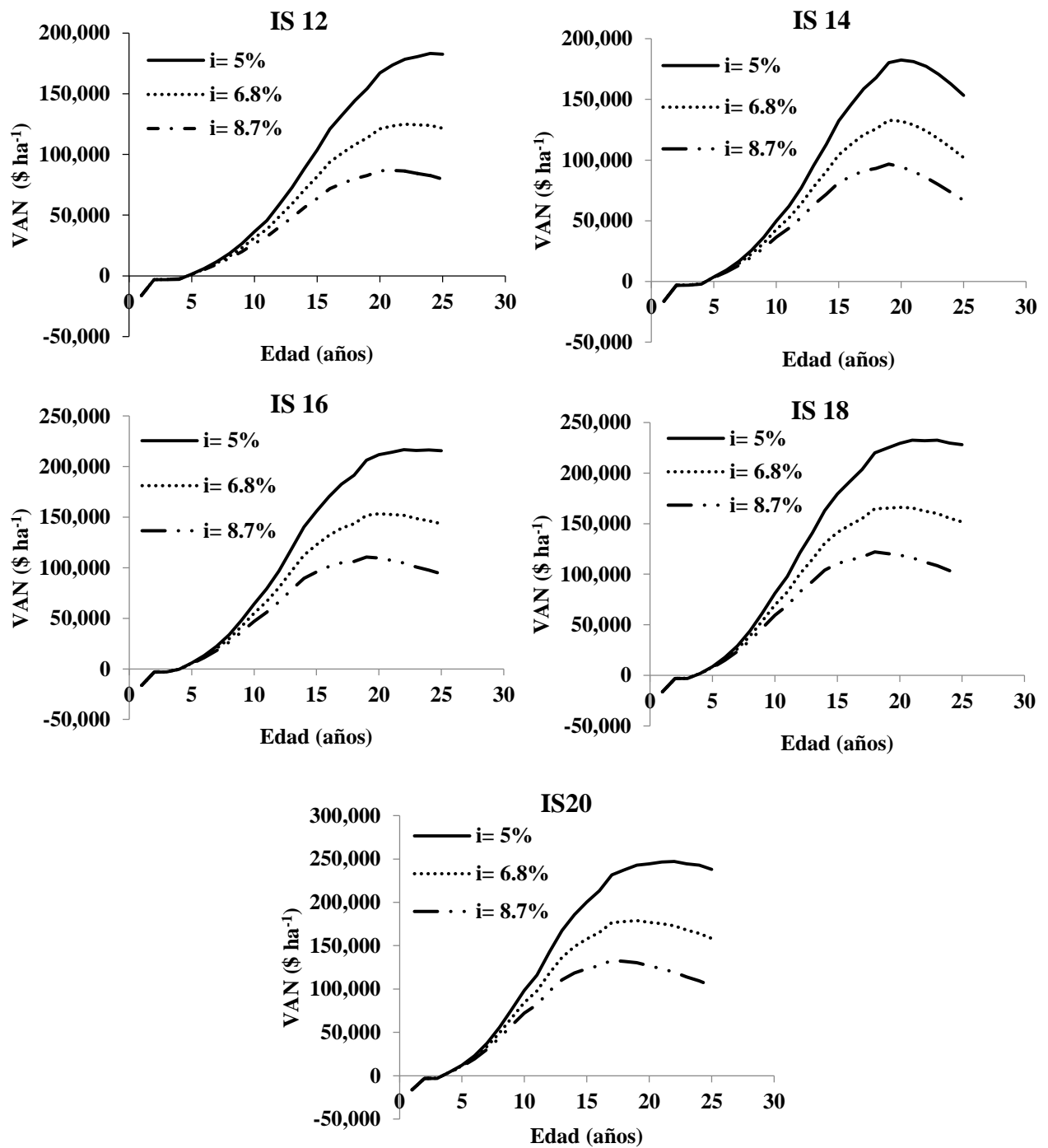


Figura 2.3. Comportamiento del valor actual neto (VAN) de la producción por índice de sitio con tasa de descuento de 5.0, 6.8 y 8.7 % para una plantación de *Pinus chiapensis*.

2.6. CONCLUSIONES

La aplicación del sistema de crecimiento y rendimiento maderable (SCRM) explícito e implícito y el modelo de distribución de productos, funcionan como base para la evaluación financiera de proyectos de plantaciones forestales comerciales.

Los indicadores financieros calculados (*VAN*, *TIR*, *R B/C*, etc.) para el proyecto de la plantación forestal comercial con la especie *Pinus chiapensis*, considerando los costos de establecimiento y mantenimiento reportados por (Ramírez-Maldonado, 2011), además de los precios de productos maderables vigentes en la región, sugieren que este tipo de proyectos son financieramente viables a tasas de descuento menores al 18.7 %. El turno financiero estimado (edad óptima de cosecha para maximizar la ganancia monetaria) varió entre 16 y 23 años, dependiendo de la capacidad productiva del sitio de plantación (índice de sitio) y la tasa de descuento que se asuma para el análisis. La *TIR* estimada osciló entre 12.0 y 18.7 %, dependiendo también de los valores específicos de calidad de sitio y tasa de descuento, por lo tanto, las plantaciones forestales comerciales de *Pinus chiapensis* es una buena opción de inversión en la región.

Con base a los indicadores financieros obtenidos, se recomienda incluir a las plantaciones forestales de esta especie u otras coníferas, en proyectos del gobierno federal y estatal para el financiamiento y apoyo con subsidios, logrando viabilidad y estabilidad económica al proyecto.

2.7. LITERATURA CITADA

- Albíter, F. J. 2002. Situación actual y perspectivas del sector forestal mexicano. Universidad Autónoma Chapingo, Preparatoria Agrícola. 60 p. Disponible en: http://www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/unidad_viiI.pdf. (Noviembre 2017).
- Bilek, T. 1996. Rate of return in forestry. Disponible en: www.metla.fi/archive/forest/1996/03/msg00047.html.
- Caballero D., M. 2000. La actividad forestal en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 227 p.
- Clutter, J. L., J.C. Forston, L. V. Pienaar, G. H. Brister, and R. L. Bailey. 1983. Timber Management: A quantitative approach. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p.
- Coss B., R. 1993. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusa. 2°. México, D.F. 375 p.
- Fang, Z., B.E. Borders and R.L. Bailey. 2000. Compatible volume-taper models for Loblolly and Slash Pine based on a system with segmented-stem form factors. For. Sci. 46:1-12.
- Faustmann, M. 1995. Calculation on the value which forest land and immature stands possess for forestry. Journal of Forest Economics 1 (1): 7-44.
- Klemperer, W. D. 1996. Forest resource economics and finance. McGraw-Hill, New York, USA. 551 p.
- Klemperer, W. D., J. F. Cathcard, T. Haring, and R. J. Alig. 1994. Risk and the discount rate in forestry. Can. J. For. Res. 24: 390-397.
- Losa E., G. 2002. Proceso de evaluación para el establecimiento de proyectos de plantaciones forestales comerciales. Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 275 p.
- Martínez de la Torre, J. A. 2013. Evaluación económico-financiera de un plan de negocios para Damiana seca. Rev. Mex. Cien. For. 4(16): 86-100.

- Martínez, L. A. 2006. Estimación de volumen y biomasa aérea para plantaciones forestales de *Pinus chiapensis* en Tlatlauquitepec, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 91 p.
- Muñante P., D. 2004. Apuntes para el seminario de titulación sobre formulación y evaluación de proyectos de inversión. Universidad Autónoma Chapingo, México. 142 p.
- Parra, P. P. J. 2016. Crecimiento y evaluación financiera para plantaciones de *Pinus patula* Schiede. *ex* Schltdl. *et* Cham., en Zacualpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 127 p.
- Pienaar, L. V. y J. W. Rheney. 1995. Modeling stand level growth and yield response to silvicultural treatments. *Forest Sci.* 41(3): 629-638.
- Ramírez, M. H. y M. B. Zepeda. 1994. Rendimientos maderables de especies forestales; actualizaciones en México. In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F. 120 p.
- Ramírez-Maldonado, H. 2011. Evaluación de costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales comerciales. Comisión Nacional Forestal, Jalisco, México. 71 p
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 1999. Ecosistemas forestales. Disponible en: <http://cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/v.html>. (Noviembre 2017).
- Valdez-Lazalde, J. R. y D. K. Lewis. 2000. Economics of thinning alternatives applied to Patula pine stands in Puebla, México. *Agrociencia* 34: 759-771.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el desglose de los capítulos que componen esta tesis son una herramienta esencial para el propietario de la plantación y demás personas involucradas en el manejo forestal de la región, ya que es el primer trabajo de su tipo que se realiza para la especie *Pinus chiapensis* en su distribución natural, pero creciendo bajo cultivo intensivo y como una población artificialmente inducida.

En el capítulo I, la actualización de los modelos de crecimiento permitió ampliar el rango de validez del *SCRM*, el crecimiento en *HD*, *AB* y *V* son más conservadores en contraste con lo obtenido por Fierros-Mateo (2016) comparando los *IS* 14 y 18. Realizar remediciones futuras permitirá ampliar el rango de validez de los modelos utilizados en la investigación y establecer nuevos patrones de crecimiento y mortalidad natural. Asimismo ajustar otras ecuaciones de altura dominante, mortalidad y área basal, por ejemplo en esta última considerar como variables predictores la edad, el número de árboles, el índice de sitio y el diámetro promedio. Respecto a la mortalidad modelar en función a la edad e incorporar el índice de sitio y observar la relación de esta variable con la mortalidad.

Por otra parte, ampliar la investigación incorporando simulación de aclareos, ya que la plantación actualmente tiene 10 años y próximamente será necesario la aplicación de esta actividad, como referencia para obtener el volumen por cada tipo de producto y la edad a la que se realizaran.

Los resultados del *SCRM* sugieren que mejores prácticas silvícolas en conjunto con una mejor selección de la fuente semillera, permitirá obtener rendimientos competitivos a nivel nacional, ya que el sistema generado realiza estimaciones confiables de crecimiento y rendimiento durante el periodo de rotación.

En el capítulo II, teniendo como base el *SCRM* explícito e implícito se generó la evaluación financiera de la plantación, los resultados encontrados, considerando el valor por tipo de producto permitió visualizar los indicadores financieros, por lo tanto, se determina que este proyecto es totalmente viable desde el punto de vista financiero utilizando tasas de descuento del 5 al 9 %.

Es conveniente mencionar que los costos fueron igualados al documento de Ramírez-Maldonado (2011), sin embargo, es necesario tener los costos reales de la plantación e incluir la etapa de aprovechamiento con el fin de tener los costos e ingresos reales.

Como falto realizar secuelas de aclareos no se tiene el valor de la producción bajo este enfoque, obtener este apartado sería conveniente para comparar la rentabilidad financiera, entre manejar las plantaciones con un régimen silvícola que incluya aclareos contra un régimen de manejo sin aclareos y que el propietario tenga bases para manejar la plantación

Por otro parte, la incorporación de captura de carbono en esta plantación sería una alternativa en los sitios con calidad de estación baja. En este caso los bonos de carbono permitirían garantizar la rentabilidad del proyecto en el largo plazo tendiendo a alargar el turno financiero. Sin embargo, con el tipo de precios que maneja el mercado internacional de carbono se visualizan a estos ingresos como marginales para los productores pequeños, pero atractivos en el caso de los grandes plantadores. No obstante, son una manera de obtener un ingreso extra durante el turno.

Recomendaciones finales

Si bien el tipo de clima en donde crecen las plantaciones de *Pinus chiapensis* es bastante favorable para su desarrollo, el mantenimiento e identificación de las parcelas permanentes de muestreo representa un reto importante.

Es conveniente mantener estas parcelas al menos para una remediación más, sobre todo las parcelas de mayor edad, ya que una mayor cantidad de datos permitirá mejorar los modelos, y en consecuencia describir de mejor manera el comportamiento productivo de la plantación.

Modelar la respuesta de las plantaciones al aclareo, valdría la pena analizar cuáles de las parcelas del estudio pueden aclarearse y aplicar al menos dos intensidades de muestreo seguidas de sus respectivas remediciones. Paralelo a esto analizar los costos e ingresos potenciales en estas parcelas.

Si bien los resultados presentados sugieren que este tipo de proyectos es bastante atractivo se debería reconocer que el dueño de la plantación es bastante proactivo en la gestión de la misma. El dueño ha comentado que su plantación es de las pocas que han logrado el éxito en la región, ya que por ser una zona con lluvias durante 9 meses es necesario un buen control de malezas para lograr el éxito de la misma.

El éxito de este tipo de proyectos depende en gran medida del productor y su habilidad para sortear un periodo bastante largo sin ingresos periódicos. No obstante, son recomendables, ya que permiten el desarrollo de la actividad y cultura forestal en el país y son además alternativas de inversión real. Contar con subsidios como los ofrecidos por PRODEPLAN que permitan su desarrollo, son muy relevantes, pero es necesario entender que el dueño debe de estar listo a enfrentar el resto del proyecto y darle el seguimiento adecuado.

ANEXOS

Volumen comercial y desperdicio por tipo de producto e índice de sitio

IS 12

Volumen comercial PRIMARIOS > 25 cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
8	0.12												0.12
9	1.39												1.39
10	4.13	1.23											5.36
11	6.68	4.41	0.87										11.96
12	8.09	8.58	3.41	0.59									20.67
13	8.43	12.13	7.53	2.41	0.95								31.46
14	8.11	14.35	11.97	13.36	3.89								51.69
15	7.45	15.30	15.69	23.15	9.77	2.72							74.09
16	6.67	15.30	18.23	32.86	18.05	7.02	1.95						100.08
17	5.88	14.71	19.61	40.97	27.32	13.56	5.07						127.13
18	5.14	13.79	20.05	46.88	36.18	21.55	10.08	3.73					157.39
19	4.45	12.70	19.82	50.56	43.69	29.94	16.61	7.54	2.81				185.32
20	3.83	11.57	42.71	52.34	49.45	37.83	23.98	12.74	5.72				234.45
21	3.28	10.44	40.48	52.62	53.42	44.61	31.43	18.94	9.83	4.42			255.21
22	2.78	9.36	37.91	51.80	55.77	50.02	38.37	25.57	14.93	7.69	3.50		271.58
23	2.32	8.34	35.20	50.22	56.80	54.00	44.42	32.12	20.63	11.84	6.11		283.42
24	1.90	7.38	32.46	48.14	56.78	56.69	49.38	38.19	26.52	16.65	9.50	4.95	290.92
25	1.49	6.47	29.76	45.76	55.99	58.25	53.23	43.54	32.25	21.80	13.53	7.73	294.50

Volumen comercial SECUNDARIOS $DN < 25, DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
7	0.30													0.30
8	2.71	0.09												2.80
9	6.04	1.09												7.13
10	7.71	3.30	2.61											13.63
11	7.79	5.44	9.32	1.57										24.11
12	7.07	6.69	18.11	6.16	0.97									39.00
13	6.11	7.08	25.59	13.56	3.97	0.09								56.39
14	5.16	6.90	30.24	21.54	1.89	0.37								66.09
15	4.30	6.42	32.21	28.19	3.31	0.93	0.18							75.52
16	3.56	20.47	32.20	32.71	4.73	1.73	0.48	0.10						95.98
17	2.94	18.09	30.95	35.17	5.95	2.63	0.92	0.26						96.90
18	2.41	15.82	28.99	35.94	6.86	3.51	1.48	0.51	0.15					95.66
19	1.95	13.73	26.71	35.49	7.45	4.26	2.07	0.85	0.29	0.09				92.90
20	1.56	11.85	24.32	10.66	7.76	4.85	2.63	1.23	0.50	0.18				65.54
21	1.22	10.15	21.95	10.17	7.85	5.27	3.11	1.62	0.75	0.31	0.11			62.52
22	0.91	8.62	19.68	9.59	7.77	5.54	3.51	1.99	1.02	0.47	0.19	0.07		59.35
23	0.62	7.21	17.53	8.96	7.57	5.66	3.81	2.32	1.28	0.65	0.30	0.13		56.04
24	0.35	5.91	15.51	8.31	7.29	5.69	4.01	2.59	1.53	0.83	0.42	0.20	0.01	52.65
25	0.15	4.65	13.60	7.66	6.97	5.63	4.14	2.80	1.75	1.02	0.55	0.08	0.02	49.02

Volumen comercial CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
4	0.12															0.12
5	11.42															11.42
6	2	4.97														24.97
7	16.27	24.34	1.47													42.09
8	10.85	35.23	13.50	0.55												60.14
9	7.10	33.36	30.34	6.61												77.41
10	4.75	27.44	39.07	19.83	1.14											92.23
11	1.42	17.93	36.58	30.62	3.68	0.37										90.59
12	0.95	13.86	33.44	37.38	7.26	1.46	0.15									94.49
13	0.64	10.69	29.09	39.26	10.40	3.25	0.60	0.06								93.98
14	0.41	8.23	24.71	38.04	12.43	5.22	1.46	0.26								90.76
15	0.25	6.33	20.73	35.21	13.39	6.90	2.55	0.67	0.12							86.14
16	0.14	4.82	17.28	17.08	13.52	8.08	3.66	1.24	0.31	0.06						66.19
17	0.07	3.60	14.32	15.26	13.11	8.76	4.61	1.90	0.61	0.15						62.38
18	0.02	2.60	11.79	13.48	12.39	9.03	5.32	2.54	0.98	0.30	0.07					58.51
19		1.76	9.62	11.81	11.50	8.98	5.78	3.09	1.37	0.50	0.15	0.03				54.59
20		1.05	7.73	10.28	10.55	8.72	6.03	3.52	1.74	0.73	0.25	0.07				50.68
21		0.53	6.06	8.87	9.58	8.33	6.10	3.83	2.07	0.96	0.38	0.12	0.03			46.88
22		0.18	4.51	7.59	8.65	7.86	6.05	4.03	2.34	1.18	0.52	0.19	0.06	0.01		43.16
23			3.08	6.40	7.75	7.35	5.90	4.13	2.54	1.38	0.65	0.27	0.09	0.02		39.55
24			1.74	5.28	6.89	6.82	5.69	4.15	2.68	1.54	0.78	0.34	0.13	0.03	0.07	36.15
25			0.73	4.18	6.07	6.29	5.44	4.11	2.77	1.67	0.90	0.42	0.17	0.24	0.12	33.12

Volumen de DESPERDICIOS $DN < 10$ cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
1	0.50																	0.50
2	0.68																	0.68
3	0.13	3.95																4.08
4	0.01	5.08																5.09
5		3.22	0.60															3.83
6		1.36	1.10	0.11														2.57
7		0.63	1.10	0.56	0.02													2.32
8		0.33	0.75	0.83	0.18													2.09
9		0.19	0.50	0.80	0.41	0.06												1.95
10		0.10	0.34	0.66	0.53	0.17	0.02											1.83
11		0.05	2.04	4.15	3.74	2.10	0.52	0.06										12.65
12		0.02	1.41	3.25	3.46	2.59	1.02	0.22	0.02									12.00
13			0.96	2.54	3.05	2.74	1.46	0.49	0.10	0.01								11.35
14			0.63	1.98	2.61	2.68	1.75	0.78	0.24	0.05								10.72
15			0.39	1.54	2.21	2.50	1.88	1.03	0.41	0.12	0.02							10.11
16			0.22	1.18	1.86	2.26	1.90	1.21	0.59	0.22	0.06	0.01						9.52
17			0.11	0.89	1.55	2.02	1.84	1.31	0.74	0.33	0.12	0.03						8.95
18			0.04	0.65	1.29	1.78	1.74	1.35	0.85	0.45	0.19	0.07	0.02					8.42
19				0.44	1.06	1.56	1.61	1.34	0.93	0.54	0.27	0.11	0.04	0.01				7.91
20				0.27	0.85	1.36	1.48	1.30	0.97	0.62	0.34	0.16	0.07	0.02				7.43
21				0.13	0.67	1.17	1.34	1.24	0.98	0.67	0.40	0.21	0.10	0.04	0.01			6.98
22				0.05	0.53	1.00	1.21	1.17	0.97	0.70	0.45	0.26	0.13	0.06	0.03	0.01		6.58

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
23					0.37	0.84	1.08	1.09	0.94	0.72	0.49	0.30	0.17	0.09	0.04	0.02		6.15
24					0.21	0.70	0.96	1.01	0.91	0.72	0.52	0.34	0.20	0.11	0.06	0.03	0.01	5.77
25					0.09	0.55	0.85	0.93	0.87	0.71	0.53	0.37	0.23	0.14	0.07	0.04	0.02	5.40

IS 14

Volumen comercial PRIMARIOS $DN > 25$ cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma
8	0.80													0.80
9	3.51	0.79												4.30
10	6.51	3.79	0.62											10.92
11	8.28	8.31	3.04	0.46										20.09
12	8.79	12.33	7.36	2.23										30.70
13	8.49	14.87	12.20	13.27	3.72									52.55
14	7.81	15.96	16.26	23.76	9.85	2.67								76.31
15	6.99	15.99	19.03	34.20	18.65	7.16	1.95							103.97
16	6.15	15.37	20.52	42.90	28.54	14.08	5.22							132.78
17	5.36	14.40	20.98	49.16	37.96	22.57	10.50	3.85						164.79
18	4.65	13.25	20.72	53.02	45.90	31.46	17.41	7.85	2.90					197.18
19	4.00	12.06	44.62	54.84	51.94	39.78	25.19	13.34	5.94					251.70
20	3.43	10.88	42.24	55.06	56.04	46.89	33.03	19.86	10.26	4.57				282.25
21	2.92	9.76	39.52	54.12	58.44	52.51	40.31	26.82	15.60	7.97	3.59			311.55
22	2.45	8.70	36.66	52.39	59.42	56.62	46.61	33.68	21.56	12.31	6.29			336.69
23	2.03	7.71	33.78	50.15	59.30	59.34	51.76	40.02	27.72	17.32	9.81	5.06		364.00

24	1.63	6.78	30.96	47.60	58.38	60.87	55.72	45.58	33.70	22.70	13.99	7.93		385.84
25	1.24	5.90	28.23	44.91	56.87	61.45	58.58	50.23	39.22	28.11	18.60	11.41	6.51	411.25

Volumen comercial SECUNDARIOS $DN < 25, DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
6	0.03													0.03
7	1.51													1.51
8	5.26	0.63												5.88
9	7.73	2.79	1.67											12.19
10	8.14	5.27	8.03	1.12										22.56
11	7.47	6.82	17.55	5.48	0.76									38.09
12	6.46	7.35	26.00	13.27	3.67									56.74
13	5.44	7.20	31.33	21.95	1.87	0.35								68.13
14	4.52	6.71	33.60	29.23	3.38	0.93	0.18							78.56
15	3.74	21.41	33.66	34.16	4.92	1.78	0.48	0.10						100.26
16	3.08	18.90	32.34	36.80	6.22	2.75	0.96	0.26						101.32
17	2.53	16.52	30.28	37.61	7.18	3.68	1.55	0.53	0.15					100.03
18	2.06	14.34	27.87	37.11	7.80	4.48	2.17	0.89	0.31	0.09				97.12
19	1.66	12.38	25.35	11.12	8.12	5.10	2.76	1.29	0.52	0.18				68.50
20	1.31	10.63	22.88	10.60	8.21	5.53	3.27	1.71	0.78	0.32	0.11			65.35
21	1.00	9.06	20.51	9.99	8.11	5.80	3.68	2.09	1.06	0.49	0.20	0.07		62.07
22	0.72	7.63	18.29	9.32	7.90	5.92	3.99	2.43	1.34	0.68	0.31	0.13		58.65
23	0.45	6.32	16.20	8.64	7.60	5.94	4.20	2.71	1.60	0.87	0.44	0.20	0.01	55.18
24	0.22	5.08	14.25	7.97	7.25	5.87	4.33	2.93	1.83	1.06	0.57	0.09	0.02	51.47

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
25	0.07	3.87	12.40	7.30	6.87	5.75	4.39	3.09	2.03	1.24	0.71	0.12	0.03	47.85

Volumen comercial CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma
4	1.93																1.93
5	17.20	0.39															17.60
6	19.40	14.92	0.16														34.47
7	13.17	33.75	7.46														54.38
8	8.36	35.81	26.28	3.81													74.26
9	5.43	29.92	39.04	16.80	0.72												91.90
10	3.62	23.40	41.47	31.49	3.54	0.29											103.81
11	1.07	14.93	35.27	38.17	7.01	1.29	0.11										97.85
12	0.71	11.44	30.69	40.82	10.53	3.17	0.56										97.92
13	0.46	8.78	26.01	39.76	12.85	5.30	1.44	0.25									94.86
14	0.29	6.74	21.78	36.83	13.94	7.14	2.62	0.67	0.12								90.12
15	0.17	5.15	18.12	17.84	14.11	8.43	3.80	1.28	0.32	0.06							69.27
16	0.08	3.88	15.02	15.92	13.68	9.16	4.82	1.98	0.63	0.15							65.33
17	0.03	2.84	12.39	14.05	12.92	9.44	5.57	2.66	1.02	0.31	0.07						61.33
18		1.98	10.15	12.32	11.99	9.38	6.06	3.25	1.44	0.52	0.15	0.04					57.28
19		1.26	8.22	10.73	10.99	9.11	6.31	3.70	1.83	0.76	0.26	0.07					53.24
20		0.69	6.52	9.29	9.98	8.69	6.38	4.02	2.18	1.01	0.40	0.13	0.03				49.31
21		0.29	4.97	7.97	9.01	8.19	6.32	4.22	2.45	1.24	0.54	0.20	0.06	0.01			45.47
22			3.57	6.77	8.08	7.65	6.15	4.32	2.66	1.44	0.68	0.28	0.09	0.02			41.71

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma
23			2.23	5.64	7.20	7.09	5.92	4.33	2.81	1.62	0.82	0.36	0.13	0.03	0.08		38.26
24			1.11	4.57	6.36	6.54	5.65	4.29	2.90	1.75	0.94	0.44	0.17	0.25	0.12		35.09
25			0.34	3.49	5.56	6.00	5.36	4.20	2.94	1.85	1.04	0.52	0.22	0.34	0.17	0.08	32.11

Volumen de DESPERDICIOS DN < 10 cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma
1	0.52																		0.52
2	0.71																		0.71
3	0.06	4.53																	4.59
4	0.01	4.98	0.02																5.00
5		2.27	0.92	0.01															3.20
6		0.92	1.08	0.34															2.35
7		0.43	0.90	0.79	0.10														2.22
8		0.23	0.58	0.85	0.35	0.03													2.05
9		0.13	0.38	0.72	0.53	0.15	0.01												1.92
10		0.06	0.26	0.57	0.57	0.28	0.06	0.01											1.81
11		0.03	1.56	3.49	3.64	2.64	0.99	0.19	0.02										12.56
12		0.01	1.07	2.71	3.20	2.85	1.48	0.48	0.09										11.89
13			0.71	2.11	2.74	2.79	1.81	0.80	0.23	0.04									11.24
14			0.45	1.63	2.32	2.61	1.96	1.07	0.42	0.12	0.02								10.61
15			0.27	1.26	1.95	2.36	1.98	1.26	0.61	0.23	0.06	0.01							9.99
16			0.14	0.96	1.63	2.11	1.92	1.37	0.78	0.35	0.12	0.03							9.40
17			0.06	0.71	1.35	1.86	1.81	1.41	0.90	0.47	0.20	0.07	0.02						8.85

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma
18				0.50	1.11	1.63	1.68	1.40	0.97	0.57	0.28	0.12	0.04	0.01					8.31
19				0.32	0.91	1.42	1.54	1.36	1.01	0.65	0.36	0.17	0.07	0.02					7.82
20				0.18	0.72	1.23	1.40	1.29	1.02	0.70	0.42	0.22	0.10	0.04	0.02				7.35
21				0.08	0.59	1.05	1.26	1.22	1.01	0.73	0.47	0.27	0.14	0.07	0.03	0.01			6.93
22					0.42	0.89	1.13	1.14	0.98	0.75	0.51	0.32	0.18	0.09	0.04	0.02			6.48
23					0.27	0.74	1.01	1.05	0.95	0.75	0.54	0.35	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01		6.09
24					0.13	0.60	0.89	0.97	0.90	0.74	0.56	0.38	0.24	0.14	0.08	0.04	0.02		5.70
25					0.04	0.46	0.78	0.89	0.85	0.73	0.56	0.40	0.27	0.17	0.10	0.05	0.03	0.01	5.34

IS 16

Volumen comercial PRIMARIOS $DN > 25$ cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
7	0.24														0.24
8	2.37	0.30													2.67
9	5.80	2.62	0.29												8.71
10	8.20	7.25	2.20												17.65
11	9.06	11.89	6.43	1.69											29.07
12	8.90	15.00	11.64	5.05	2.94										43.53
13	8.24	16.44	16.21	22.59	8.77	2.18									74.44
14	7.39	16.65	19.40	33.85	17.71	6.44	1.63								103.07
15	6.51	16.09	21.17	43.42	28.11	13.36	4.71								133.37
16	5.68	15.10	21.80	50.40	38.18	22.12	9.95	3.49							166.71
17	4.93	13.92	21.60	54.76	46.76	31.45	16.98	7.41	2.62						200.45

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
18	4.25	12.68	20.87	56.89	53.33	40.28	25.02	12.93	5.58						231.84
19	3.65	11.45	44.21	57.28	57.85	47.87	33.23	19.59	9.87	4.27					289.27
20	3.12	10.28	41.39	56.40	60.52	53.92	40.90	26.79	15.27	7.61	3.33				319.53
21	2.64	9.18	38.42	54.65	61.66	58.36	47.59	33.95	21.38	11.96	5.96				345.75
22	2.21	8.15	35.42	52.33	61.62	61.32	53.08	40.61	27.75	17.05	9.45	4.75			373.74
23	1.80	7.20	32.49	49.69	60.69	63.01	57.31	46.49	33.98	22.55	13.66	7.57			396.45
24	1.42	6.30	29.66	46.87	59.14	63.65	60.38	51.42	39.77	28.16	18.35	11.05	6.17		422.31
25	1.04	5.44	26.94	43.99	57.16	63.49	62.41	55.38	44.91	33.57	23.26	15.01	9.04	5.11	446.74

Volumen comercial SECUNDARIOS $DN < 25$, $DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
6	0.36													0.36
7	3.61	0.19												3.80
8	7.26	1.86	0.10											9.22
9	8.42	4.66	5.56	0.52										19.16
10	7.96	6.71	15.33	3.97										33.96
11	6.93	7.54	25.09	11.59	2.78									53.93
12	5.84	7.51	31.62	20.95	8.29	0.27								74.49
13	4.85	7.05	34.63	29.14	3.21	0.83	0.15							79.86
14	4.01	22.64	35.05	34.84	4.85	1.69	0.43	0.08						103.59
15	3.31	2	33.85	37.98	6.28	2.70	0.91	0.24						105.25
16	2.72	17.49	31.77	39.07	7.35	3.69	1.51	0.50	0.14					104.23
17	2.22	15.20	29.28	38.70	8.04	4.55	2.17	0.87	0.29	0.08				101.39

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
18	1.81	13.14	26.66	37.37	8.41	5.22	2.79	1.28	0.51	0.17				97.37
19	1.44	11.31	24.08	11.08	8.52	5.70	3.34	1.71	0.77	0.31	0.11			68.37
20	1.13	9.67	21.62	10.45	8.44	6.00	3.78	2.12	1.06	0.48	0.19	0.07		64.99
21	0.84	8.21	19.30	9.76	8.23	6.14	4.11	2.48	1.35	0.67	0.30	0.12		61.50
22	0.57	6.87	17.14	9.05	7.92	6.17	4.34	2.78	1.62	0.87	0.43	0.19	0.01	57.96
23	0.33	5.63	15.13	8.35	7.55	6.10	4.47	3.01	1.87	1.07	0.57	0.28	0.02	54.38
24	0.14	4.44	13.24	7.66	7.16	5.97	4.54	3.18	2.07	1.26	0.71	0.12	0.03	50.53
25		3.25	11.44	6.99	6.75	5.79	4.54	3.30	2.24	1.43	0.85	0.15	0.04	46.77

Volumen comercial CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
4	6.72																	6.72
5	20.50	3.33																23.83
6	16.78	26.24	1.77															44.79
7	10.50	37.48	17.96	1.14														67.07
8	6.56	33.30	36.49	11.28	0.81													88.45
9	4.26	26.17	42.73	27.94	2.43	0.14												103.68
10	2.84	19.97	40.75	39.88	6.82	1.05												111.32
11	0.83	12.62	32.87	41.98	10.11	2.75	0.42											101.58
12	0.54	9.63	27.88	41.59	12.91	5.04	1.27	0.20										99.06
13	0.35	7.38	23.31	38.78	14.32	7.09	2.48	0.60	0.10									94.41
14	0.21	5.65	19.39	18.79	14.65	8.57	3.75	1.22	0.29	0.05								72.56
15	0.11	4.29	16.08	16.79	14.28	9.43	4.86	1.95	0.60	0.14								68.53

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
16	0.05	3.20	13.29	14.84	13.52	9.78	5.70	2.67	1.00	0.30	0.07							64.42
17		2.30	10.93	13.02	12.57	9.77	6.24	3.30	1.44	0.51	0.14	0.03						60.25
18		1.54	8.91	11.36	11.53	9.50	6.54	3.79	1.85	0.76	0.26	0.07						56.11
19		0.92	7.16	9.86	10.49	9.07	6.63	4.14	2.22	1.01	0.39	0.12	0.03					52.05
20		0.46	5.61	8.50	9.48	8.56	6.57	4.36	2.52	1.26	0.54	0.19	0.06	0.01				48.11
21		0.16	4.18	7.26	8.51	8.00	6.41	4.47	2.74	1.47	0.69	0.27	0.09	0.02				44.28
22			2.87	6.12	7.60	7.42	6.17	4.50	2.90	1.65	0.83	0.36	0.13	0.03	0.07			40.66
23			1.64	5.05	6.75	6.85	5.89	4.45	2.99	1.80	0.96	0.44	0.17	0.05	0.11			37.16
24			0.71	4.01	5.94	6.29	5.59	4.36	3.04	1.90	1.07	0.52	0.22	0.33	0.17	0.08		34.23
25				2.95	5.15	5.75	5.27	4.24	3.05	1.98	1.15	0.60	0.26	0.42	0.23	0.12	0.06	31.22

Volumen de DESPERDICIOS DN < 10 cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
1	0.54																			0.54
2	0.74																			0.74
3	0.03	4.89																		4.93
4		4.29	0.06																	4.35
5		1.59	1.12	0.08																2.79
6		0.65	1.14	0.61	0.02															2.41
7		0.31	0.73	0.88	0.24	0.01														2.17
8		0.17	0.46	0.80	0.49	0.10														2.02
9		0.09	0.30	0.64	0.58	0.24	0.04													1.90
10		0.04	0.21	0.49	0.56	0.35	0.12	0.02												1.79

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma	
11		0.02	1.23	2.98	3.42	2.92	1.43	0.41	0.07												12.46
12			0.83	2.30	2.93	2.91	1.82	0.76	0.21	0.03											11.79
13			0.54	1.78	2.48	2.74	2.01	1.06	0.40	0.11	0.02										11.14
14			0.33	1.38	2.08	2.49	2.06	1.28	0.61	0.21	0.06	0.01									10.51
15			0.18	1.06	1.74	2.22	2.00	1.41	0.78	0.34	0.12	0.03									9.89
16			0.09	0.80	1.45	1.96	1.90	1.46	0.92	0.47	0.20	0.07	0.02								9.31
17				0.58	1.20	1.72	1.76	1.46	1.00	0.58	0.28	0.11	0.04	0.01							8.74
18				0.39	0.98	1.50	1.61	1.42	1.05	0.66	0.36	0.17	0.07	0.02							8.23
19				0.23	0.79	1.30	1.47	1.35	1.06	0.72	0.43	0.22	0.10	0.04	0.01						7.75
20				0.12	0.62	1.12	1.32	1.27	1.05	0.76	0.49	0.28	0.14	0.06	0.03	0.01					7.28
21				0.04	0.50	0.96	1.19	1.19	1.02	0.78	0.53	0.32	0.18	0.09	0.04	0.02					6.86
22					0.34	0.81	1.06	1.10	0.99	0.78	0.56	0.36	0.22	0.12	0.06	0.03	0.01				6.43
23					0.20	0.67	0.94	1.02	0.94	0.77	0.58	0.39	0.25	0.14	0.08	0.04	0.02				6.03
24					0.09	0.53	0.83	0.93	0.89	0.76	0.58	0.42	0.27	0.17	0.10	0.05	0.03	0.01			5.65
25						0.39	0.72	0.85	0.84	0.73	0.58	0.43	0.30	0.19	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01		5.28

IS 18

Volumen comercial PRIMARIOS DN > 25 cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
7	1.03														1.03
8	4.46	1.29													5.75
9	7.68	5.49	1.20												14.38
10	9.18	10.74	4.90	1.01											25.84

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
11	9.31	14.67	10.33	3.91	1.90										40.12
12	8.73	16.70	15.52	19.92	6.91	1.48									69.26
13	7.87	17.24	19.32	31.97	15.55	5.14									97.09
14	6.96	16.82	21.55	42.63	26.25	11.69	3.80								129.71
15	6.08	15.88	22.47	50.64	37.02	20.47	8.67	2.83							164.07
16	5.28	14.69	22.45	55.82	46.42	30.16	15.57	6.43							196.83
17	4.56	13.41	21.80	58.53	53.76	39.53	23.74	11.75	4.82						231.91
18	3.93	12.14	46.35	59.29	58.92	47.74	32.26	18.39	8.89	3.66					291.58
19	3.37	10.92	43.50	58.62	62.08	54.38	40.37	25.74	14.19	6.80					319.96
20	2.87	9.77	40.44	56.97	63.58	59.34	47.54	33.17	20.32	11.00	5.27				350.26
21	2.42	8.70	37.34	54.67	63.76	62.72	53.50	40.19	26.84	16.04	8.61	4.16			378.93
22	2.01	7.70	34.29	51.97	62.96	64.72	58.16	46.44	33.31	21.60	12.72	6.83			402.71
23	1.63	6.78	31.35	49.07	61.44	65.58	61.57	51.76	39.39	27.34	17.40	10.19	5.51		429.01
24	1.26	5.91	28.53	46.09	59.45	65.55	63.87	56.06	44.85	32.97	22.39	14.10	8.27		449.29
25	0.88	5.07	25.84	43.10	57.14	64.83	65.23	59.40	49.57	38.24	27.43	18.38	11.54	6.81	473.46

Volumen comercial SECUNDARIOS $DN < 25$, $DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
6	1.43													1.43
7	5.87	0.80												6.67
8	8.41	3.54	2.74											14.69
9	8.47	6.23	11.61	2.18										28.49
10	7.52	7.58	22.68	8.85	1.67									48.30

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
11	6.36	7.81	30.94	18.62	6.43	0.18								70.32
12	5.28	7.43	35.19	27.91	2.82	0.65	0.10							79.38
13	4.36	6.79	36.30	34.71	4.57	1.48	0.35							88.54
14	3.60	21.35	35.41	38.68	6.15	2.51	0.79	0.19						108.67
15	2.96	18.70	33.41	40.30	7.36	3.57	1.40	0.44	0.11					108.25
16	2.43	16.27	30.90	40.23	8.18	4.51	2.07	0.79	0.25					105.63
17	1.99	14.09	28.20	39.04	8.63	5.25	2.73	1.22	0.46	0.15				101.77
18	1.61	12.16	25.52	11.59	8.80	5.79	3.32	1.66	0.72	0.28	0.09			71.55
19	1.27	10.45	22.95	10.95	8.76	6.14	3.80	2.09	1.02	0.44	0.17			68.04
20	0.98	8.91	20.53	10.25	8.56	6.32	4.17	2.47	1.32	0.63	0.28	0.11		64.53
21	0.71	7.53	18.28	9.52	8.26	6.37	4.43	2.79	1.61	0.84	0.40	0.18	0.01	60.93
22	0.46	6.27	16.20	8.79	7.89	6.32	4.59	3.05	1.86	1.05	0.55	0.26	0.02	57.30
23	0.24	5.08	14.25	8.08	7.48	6.19	4.67	3.24	2.08	1.25	0.69	0.11	0.03	53.40
24	0.09	3.93	12.42	7.40	7.06	6.02	4.69	3.38	2.27	1.42	0.84	0.14	0.04	49.68
25		2.75	10.66	6.73	6.63	5.81	4.65	3.46	2.41	1.58	0.98	0.18	0.05	45.86

Volumen comercial CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
4	12.72																	12.72
5	20.92	10.66																31.58
6	14.01	34.69	7.07															55.77
7	8.40	37.12	29.34	4.89														79.75
8	5.25	29.92	42.45	21.35	1.19													100.16

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
9	3.42	22.75	43.19	37.21	5.13	0.57												112.27
10	2.28	17.18	38.67	44.89	10.18	2.36	0.29											115.85
11	0.65	10.81	30.27	43.33	12.56	4.46	0.98	0.13										103.18
12	0.42	8.26	25.32	40.96	14.48	6.76	2.17	0.47	0.06									98.91
13	0.26	6.33	21.04	37.22	15.10	8.50	3.53	1.06	0.23									93.28
14	0.15	4.84	17.45	17.84	14.88	9.57	4.76	1.81	0.52	0.11								71.94
15	0.08	3.65	14.45	15.80	14.18	10.06	5.71	2.58	0.92	0.26	0.05							67.74
16	0.03	2.69	11.93	13.89	13.22	10.12	6.34	3.26	1.37	0.47	0.13							63.46
17		1.89	9.79	12.15	12.17	9.90	6.71	3.81	1.81	0.72	0.23	0.06						59.23
18		1.22	7.95	10.57	11.09	9.49	6.84	4.21	2.21	0.98	0.37	0.11	0.03					55.06
19		0.68	6.34	9.15	10.04	8.97	6.81	4.46	2.53	1.24	0.52	0.18	0.05					50.98
20		0.31	4.87	7.87	9.04	8.40	6.67	4.60	2.78	1.47	0.67	0.26	0.08	0.02				47.03
21			3.56	6.70	8.10	7.81	6.43	4.64	2.96	1.66	0.82	0.35	0.12	0.03	0.06			43.24
22			2.31	5.61	7.21	7.22	6.15	4.61	3.07	1.82	0.95	0.43	0.16	0.05	0.10			39.69
23			1.22	4.58	6.38	6.64	5.84	4.52	3.13	1.94	1.07	0.52	0.21	0.31	0.15	0.07		36.58
24			0.45	3.56	5.59	6.07	5.51	4.40	3.14	2.02	1.17	0.59	0.26	0.41	0.21	0.11		33.49
25				2.50	4.82	5.53	5.18	4.25	3.12	2.08	1.24	0.66	0.30	0.50	0.28	0.15	0.07	30.69

Volumen de DESPERDICIOS $DN < 10$ cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
1	0.57																			0.57
2	0.76	0.08																		0.84
3	0.02	5.17																		5.19

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma		
4		3.36	0.11																		3.47	
5		1.14	1.16	0.24																		2.54
6		0.47	0.96	0.81	0.09																	2.33
7		0.23	0.59	0.88	0.39	0.04																2.13
8		0.12	0.37	0.72	0.58	0.19	0.02															2.00
9		0.06	0.25	0.56	0.59	0.33	0.09	0.01														1.88
10		0.03	0.17	0.42	0.54	0.40	0.17	0.04	0.01													1.77
11		0.01	0.99	2.57	3.17	3.02	1.77	0.67	0.16	0.02												12.38
12			0.66	1.99	2.68	2.88	2.04	1.02	0.35	0.08	0.01											11.70
13			0.42	1.54	2.25	2.64	2.12	1.27	0.57	0.19	0.04											11.04
14			0.24	1.19	1.88	2.36	2.09	1.43	0.77	0.32	0.10	0.02										10.41
15			0.13	0.90	1.57	2.09	1.99	1.50	0.92	0.45	0.18	0.06	0.01									9.81
16			0.05	0.67	1.30	1.84	1.85	1.51	1.02	0.57	0.27	0.10	0.03									9.23
17				0.48	1.08	1.61	1.70	1.48	1.08	0.67	0.35	0.16	0.06	0.02								8.67
18				0.31	0.88	1.40	1.55	1.41	1.10	0.73	0.43	0.22	0.10	0.04	0.01							8.17
19				0.17	0.70	1.21	1.40	1.34	1.09	0.78	0.49	0.27	0.14	0.06	0.02							7.68
20				0.08	0.58	1.04	1.26	1.25	1.07	0.80	0.54	0.32	0.17	0.09	0.04	0.01						7.25
21					0.42	0.88	1.13	1.16	1.03	0.81	0.57	0.37	0.21	0.11	0.05	0.02	0.01					6.78
22					0.28	0.74	1.01	1.07	0.98	0.80	0.59	0.40	0.25	0.14	0.07	0.04	0.02					6.38
23					0.15	0.60	0.89	0.99	0.93	0.78	0.60	0.42	0.28	0.17	0.09	0.05	0.02	0.01				5.99
24					0.05	0.47	0.78	0.90	0.88	0.76	0.60	0.44	0.30	0.19	0.11	0.06	0.03	0.02				5.61
25						0.33	0.67	0.82	0.82	0.74	0.60	0.45	0.32	0.21	0.13	0.08	0.04	0.02	0.01			5.25

IS 20**Volumen comercial PRIMARIOS DN > 25 cm**

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
6	0.17														0.17
7	2.55	0.34													2.89
8	6.52	3.28	0.42												10.23
9	8.98	8.79	3.08	0.44											21.29
10	9.63	13.73	8.35	2.57	0.94										35.22
11	9.25	16.62	14.13	6.93	4.72										51.65
12	8.43	17.69	18.72	28.64	12.52	3.60									89.59
13	7.48	17.54	21.60	40.51	23.20	9.41	2.72								122.46
14	6.55	16.71	22.97	49.83	34.59	17.89	6.97	2.05							157.57
15	5.70	15.54	23.23	56.13	44.91	27.77	13.47	5.16							191.91
16	4.94	14.24	22.73	59.69	53.22	37.67	21.57	10.07	3.84						227.96
17	4.26	12.92	48.61	61.03	59.24	46.59	30.31	16.49	7.54	2.90					289.91
18	3.67	11.65	45.79	60.75	63.11	53.95	38.85	23.86	12.57	5.71					319.89
19	3.14	10.44	42.68	59.31	65.13	59.59	46.56	31.50	18.60	9.63	4.38				350.96
20	2.67	9.33	39.49	57.10	65.69	63.55	53.09	38.87	25.17	14.49	7.45				376.90
21	2.24	8.29	36.34	54.42	65.13	66.01	58.29	45.56	31.83	20.01	11.36	5.85			405.34
22	1.85	7.33	33.28	51.48	63.76	67.23	62.18	51.33	38.21	25.83	15.94	9.00	4.67		432.09
23	1.48	6.43	30.36	48.41	61.82	67.43	64.88	56.08	44.03	31.64	20.92	12.78	7.23		453.49
24	1.12	5.58	27.57	45.33	59.50	66.86	66.55	59.80	49.12	37.17	26.06	17.00	10.35	5.90	477.92
25	0.74	4.76	24.91	42.28	56.97	65.72	67.35	62.58	53.41	42.23	31.12	21.47	13.92	8.50	495.98

Volumen comercial SECUNDARIOS $DN < 25$, $DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
5	0.11													0.11
6	3.29	0.13												3.42
7	7.65	2.00	0.11											9.77
8	8.85	5.24	6.95	0.77										21.80
9	8.18	7.35	18.59	5.57	0.72									40.40
10	6.99	8.02	28.96	15.05	4.23	0.09								63.34
11	5.82	7.81	35.04	25.44	11.38	0.44								85.93
12	4.80	7.22	37.25	33.65	4.07	1.18	0.24							88.42
13	3.96	22.92	36.93	38.79	5.82	2.21	0.64	0.14						111.39
14	3.26	20.13	35.17	41.21	7.22	3.32	1.22	0.35	0.08					111.95
15	2.68	17.55	32.69	41.63	8.20	4.35	1.90	0.68	0.20					109.89
16	2.20	15.23	29.95	40.71	8.78	5.19	2.60	1.10	0.39	0.12				106.27
17	1.80	13.17	27.17	12.11	9.04	5.81	3.23	1.56	0.65	0.23	0.07			74.84
18	1.45	11.36	24.49	11.49	9.05	6.23	3.76	2.01	0.94	0.39	0.14			71.30
19	1.14	9.74	21.96	10.79	8.89	6.46	4.18	2.42	1.25	0.58	0.24	0.09		67.73
20	0.87	8.29	19.61	10.04	8.60	6.55	4.48	2.77	1.55	0.79	0.36	0.15		64.06
21	0.61	6.98	17.43	9.30	8.24	6.52	4.67	3.05	1.82	1.00	0.50	0.23	0.01	60.39
22	0.37	5.78	15.41	8.56	7.83	6.41	4.78	3.27	2.06	1.21	0.65	0.10	0.02	56.46
23	0.18	4.64	13.52	7.85	7.40	6.24	4.81	3.42	2.26	1.39	0.80	0.13	0.03	52.70
24	0.05	3.51	11.74	7.17	6.96	6.03	4.79	3.52	2.42	1.56	0.95	0.17	0.05	48.91
25		2.33	10.02	6.51	6.52	5.80	4.72	3.58	2.54	1.70	1.08	0.20	0.06	45.04

Volumen comercial CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
3	0.07																	0.07
4	18.16	0.28																18.44
5	19.29	20.93	0.56															40.79
6	11.48	38.77	16.32	0.80														67.38
7	6.80	34.63	38.42	12.14	0.91													92.90
8	4.27	26.50	44.88	31.41	3.04	0.20												110.31
9	2.80	19.83	41.87	43.69	8.27	1.47	0.12											118.06
10	1.86	14.93	36.11	47.32	13.10	4.04	0.73	0.07										118.17
11	0.53	9.40	27.80	43.22	14.32	6.13	1.74	0.32										103.45
12	0.34	7.19	23.09	39.69	15.42	8.20	3.14	0.85	0.16									98.08
13	0.20	5.51	19.15	19.06	15.45	9.55	4.50	1.59	0.42	0.08								75.51
14	0.11	4.20	15.87	16.93	14.86	10.25	5.59	2.40	0.80	0.21	0.04							71.26
15	0.05	3.15	13.14	14.92	13.94	10.44	6.36	3.15	1.26	0.40	0.10							66.90
16		2.29	10.84	13.07	12.87	10.29	6.82	3.76	1.72	0.65	0.20	0.05						62.56
17		1.57	8.88	11.41	11.77	9.92	7.02	4.22	2.15	0.92	0.33	0.09	0.02					58.29
18		0.97	7.18	9.92	10.68	9.41	7.04	4.52	2.50	1.19	0.48	0.16	0.04					54.09
19		0.51	5.65	8.57	9.64	8.84	6.92	4.70	2.78	1.43	0.63	0.24	0.07	0.01				50.01
20		0.20	4.31	7.35	8.66	8.24	6.70	4.77	2.99	1.65	0.79	0.32	0.11	0.03				46.12
21			3.07	6.23	7.74	7.63	6.43	4.76	3.12	1.82	0.93	0.41	0.15	0.04	0.09			42.41
22			1.88	5.19	6.88	7.03	6.11	4.68	3.20	1.95	1.06	0.50	0.20	0.29	0.14	0.06		39.16
23			0.92	4.19	6.07	6.45	5.78	4.56	3.23	2.05	1.16	0.58	0.24	0.38	0.19	0.09		35.89
24			0.27	3.19	5.29	5.89	5.44	4.41	3.21	2.11	1.25	0.65	0.29	0.47	0.26	0.13	0.06	32.94

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
25				2.13	4.54	5.35	5.10	4.25	3.18	2.15	1.31	0.71	0.33	0.57	0.33	0.18	0.09	30.20

Volumen de DESPERDICIOS $DN < 10$ cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
1	0.59																			0.59
2	0.63	0.99																		1.63
3	0.01	5.39																		5.40
4		2.51	0.15																	2.66
5		0.83	1.08	0.48	0.01															2.39
6		0.35	0.79	0.91	0.22	0.01														2.28
7		0.18	0.48	0.83	0.52	0.10	0.01													2.11
8		0.09	0.30	0.64	0.61	0.27	0.05													1.98
9		0.04	0.20	0.49	0.58	0.39	0.14	0.03												1.87
10		0.02	0.14	0.37	0.50	0.42	0.22	0.07	0.01											1.76
11			0.81	2.25	2.92	3.03	2.02	0.92	0.28	0.06										12.28
12			0.53	1.74	2.45	2.80	2.17	1.23	0.51	0.15	0.03									11.61
13			0.32	1.35	2.05	2.53	2.17	1.43	0.73	0.28	0.08	0.02								10.96
14			0.18	1.04	1.72	2.24	2.09	1.53	0.90	0.42	0.16	0.05	0.01							10.33
15			0.09	0.78	1.43	1.97	1.95	1.56	1.02	0.55	0.25	0.09	0.03							9.73
16				0.58	1.19	1.73	1.80	1.54	1.09	0.66	0.34	0.14	0.05	0.02						9.13
17				0.40	0.98	1.51	1.65	1.48	1.13	0.74	0.42	0.20	0.09	0.03	0.01					8.62
18				0.25	0.80	1.31	1.49	1.40	1.13	0.79	0.49	0.26	0.12	0.05	0.02					8.11
19				0.13	0.67	1.13	1.35	1.32	1.11	0.82	0.54	0.32	0.17	0.08	0.03	0.01				7.66

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma	
20				0.05	0.51	0.97	1.21	1.22	1.07	0.83	0.58	0.36	0.21	0.11	0.05	0.02					7.19
21					0.37	0.82	1.08	1.13	1.03	0.83	0.60	0.40	0.24	0.13	0.07	0.03	0.01				6.75
22					0.22	0.68	0.96	1.04	0.97	0.81	0.62	0.43	0.27	0.16	0.09	0.05	0.02	0.01			6.34
23					0.11	0.55	0.85	0.96	0.92	0.79	0.62	0.45	0.30	0.19	0.11	0.06	0.03	0.01			5.94
24					0.03	0.42	0.74	0.87	0.87	0.76	0.62	0.46	0.32	0.21	0.13	0.07	0.04	0.02	0.01		5.58
25						0.28	0.63	0.79	0.81	0.73	0.61	0.47	0.34	0.23	0.15	0.09	0.05	0.03	0.01		5.22

Distribución porcentual (%) de sub productos respecto al volumen total árbol con corteza

IS 12

PRIMARIOS $DN > 25$ cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
8	0.18%												0.18%
9	1.58%												1.58%
10	3.65%	1.09%											4.74%
11	4.80%	3.16%	0.62%										8.58%
12	4.87%	5.16%	2.05%	0.35%									12.44%
13	4.37%	6.28%	3.90%	1.25%	0.49%								16.28%
14	3.70%	6.55%	5.46%	6.09%	1.78%								23.58%
15	3.03%	6.22%	6.38%	9.42%	3.98%	1.11%							30.13%
16	2.46%	5.63%	6.71%	12.09%	6.64%	2.58%	0.72%						36.83%
17	1.99%	4.98%	6.64%	13.87%	9.25%	4.59%	1.72%						43.04%
18	1.61%	4.31%	6.27%	14.65%	11.31%	6.73%	3.15%	1.17%					49.19%
19	1.30%	3.70%	5.77%	14.72%	12.72%	8.72%	4.84%	2.19%	0.82%				54.76%

20	1.05%	3.18%	11.74%	14.39%	13.59%	10.40%	6.59%	3.50%	1.57%				66.01%
21	0.85%	2.71%	10.49%	13.64%	13.84%	11.56%	8.15%	4.91%	2.55%	1.15%			69.84%
22	0.68%	2.30%	9.32%	12.73%	13.71%	12.30%	9.43%	6.29%	3.67%	1.89%	0.86%		73.18%
23	0.55%	1.97%	8.31%	11.85%	13.40%	12.74%	10.48%	7.58%	4.87%	2.80%	1.44%		75.99%
24	0.43%	1.66%	7.33%	10.86%	12.81%	12.79%	11.14%	8.62%	5.98%	3.76%	2.14%	1.12%	78.66%
25	0.33%	1.41%	6.51%	10.01%	12.24%	12.74%	11.64%	9.52%	7.05%	4.77%	2.96%	1.69%	80.86%

SECUNDARIOS $DN < 25$, $DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Suma
7	0.67%												0.67%
8	4.17%	0.14%											4.30%
9	6.88%	1.24%											8.12%
10	6.82%	2.92%	2.31%										12.06%
11	5.59%	3.91%	6.69%	1.12%									17.31%
12	4.25%	4.03%	10.90%	3.71%	0.58%								23.47%
13	3.16%	3.66%	13.25%	7.02%	2.05%	0.05%							29.19%
14	2.35%	3.15%	13.79%	9.82%	0.86%	0.17%							30.14%
15	1.75%	2.61%	13.10%	11.46%	1.34%	0.38%	0.07%						30.72%
16	1.31%	7.53%	11.85%	12.04%	1.74%	0.63%	0.17%	0.04%					35.32%
17	0.99%	6.12%	10.48%	11.91%	2.01%	0.89%	0.31%	0.09%					32.81%
18	0.75%	4.94%	9.06%	11.23%	2.14%	1.10%	0.46%	0.16%	0.05%				29.90%
19	0.57%	4.00%	7.78%	10.33%	2.17%	1.24%	0.60%	0.25%	0.09%	0.03%			27.04%
20	0.43%	3.26%	6.68%	2.93%	2.13%	1.33%	0.72%	0.34%	0.14%	0.05%			18.01%
21	0.32%	2.63%	5.69%	2.64%	2.03%	1.37%	0.81%	0.42%	0.19%	0.08%	0.03%		16.20%

22	0.22%	2.12%	4.84%	2.36%	1.91%	1.36%	0.86%	0.49%	0.25%	0.11%	0.05%	0.02%	14.59%
23	0.15%	1.70%	4.14%	2.11%	1.79%	1.34%	0.90%	0.55%	0.30%	0.15%	0.07%	0.03%	13.22%
24	0.08%	1.33%	3.50%	1.88%	1.65%	1.28%	0.91%	0.58%	0.35%	0.19%	0.09%	0.04%	11.88%
25	0.03%	1.02%	2.97%	1.68%	1.52%	1.23%	0.91%	0.61%	0.38%	0.22%	0.12%	0.02%	10.72%

CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
4	2.32%															2.32%
5	74.90%															74.90%
6	72.61%	18.05%														90.66%
7	36.40%	54.45%	3.30%													94.15%
8	16.66%	54.07%	20.72%	0.85%												92.30%
9	8.08%	37.96%	34.52%	7.52%												88.08%
10	4.20%	24.27%	34.57%	17.54%	1.01%											81.59%
11	1.02%	12.87%	26.26%	21.98%	2.64%	0.26%										65.03%
12	0.57%	8.34%	20.12%	22.49%	4.37%	0.88%	0.09%									56.86%
13	0.33%	5.53%	15.06%	20.32%	5.38%	1.68%	0.31%	0.03%								48.65%
14	0.19%	3.76%	11.27%	17.35%	5.67%	2.38%	0.66%	0.12%								41.39%
15	0.10%	2.57%	8.43%	14.32%	5.45%	2.81%	1.04%	0.27%	0.05%							35.04%
16	0.05%	1.77%	6.36%	6.29%	4.97%	2.97%	1.35%	0.46%	0.12%	0.02%						24.36%
17	0.02%	1.22%	4.85%	5.17%	4.44%	2.97%	1.56%	0.64%	0.21%	0.05%						21.12%
18	0.01%	0.81%	3.69%	4.21%	3.87%	2.82%	1.66%	0.79%	0.31%	0.09%	0.02%					18.29%
19		0.51%	2.80%	3.44%	3.35%	2.61%	1.68%	0.90%	0.40%	0.15%	0.04%	0.01%				15.89%
20		0.29%	2.13%	2.82%	2.90%	2.40%	1.66%	0.97%	0.48%	0.20%	0.07%	0.02%				13.93%

21	0.14%	1.57%	2.30%	2.48%	2.16%	1.58%	0.99%	0.54%	0.25%	0.10%	0.03%	0.01%				12.15%
22	0.04%	1.11%	1.87%	2.13%	1.93%	1.49%	0.99%	0.58%	0.29%	0.13%	0.05%	0.01%				10.61%
23		0.73%	1.51%	1.83%	1.73%	1.39%	0.97%	0.60%	0.33%	0.15%	0.06%	0.02%				9.33%
24		0.39%	1.19%	1.56%	1.54%	1.28%	0.94%	0.61%	0.35%	0.18%	0.08%	0.03%	0.01%	0.02%		8.16%
25		0.16%	0.91%	1.33%	1.37%	1.19%	0.90%	0.61%	0.37%	0.20%	0.09%	0.04%	0.05%	0.03%		7.24%

DESPERDICIOS DN < 10 cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	Suma	
1	100.00%																	100.00%
2	100.00%																	100.00%
3	3.14%	96.86%																100.00%
4	0.19%	97.47%	0.02%															97.68%
5	0.01%	21.14%	3.94%															25.10%
6		4.95%	3.98%	0.41%														9.34%
7		1.42%	2.47%	1.26%	0.04%													5.19%
8		0.51%	1.15%	1.27%	0.28%	0.01%												3.21%
9		0.21%	0.57%	0.91%	0.47%	0.06%												2.22%
10		0.09%	0.30%	0.59%	0.47%	0.15%	0.02%											1.62%
11		0.04%	1.46%	2.98%	2.68%	1.51%	0.37%	0.04%										9.08%
12		0.01%	0.85%	1.96%	2.08%	1.56%	0.62%	0.13%	0.01%									7.22%
13			0.50%	1.31%	1.58%	1.42%	0.76%	0.25%	0.05%	0.01%								5.88%
14			0.29%	0.90%	1.19%	1.22%	0.80%	0.36%	0.11%	0.02%								4.89%
15			0.16%	0.62%	0.90%	1.01%	0.77%	0.42%	0.17%	0.05%	0.01%							4.11%
16			0.08%	0.43%	0.68%	0.83%	0.70%	0.45%	0.22%	0.08%	0.02%							3.50%

17	0.04%	0.30%	0.53%	0.68%	0.62%	0.44%	0.25%	0.11%	0.04%	0.01%						3.03%
18	0.01%	0.20%	0.40%	0.56%	0.54%	0.42%	0.27%	0.14%	0.06%	0.02%	0.01%					2.63%
19		0.13%	0.31%	0.45%	0.47%	0.39%	0.27%	0.16%	0.08%	0.03%	0.01%					2.30%
20		0.07%	0.23%	0.37%	0.41%	0.36%	0.27%	0.17%	0.09%	0.04%	0.02%	0.01%				2.04%
21		0.03%	0.17%	0.30%	0.35%	0.32%	0.25%	0.17%	0.10%	0.06%	0.03%	0.01%				1.81%
22		0.01%	0.13%	0.25%	0.30%	0.29%	0.24%	0.17%	0.11%	0.06%	0.03%	0.02%	0.01%			1.62%
23			0.09%	0.20%	0.26%	0.26%	0.22%	0.17%	0.12%	0.07%	0.04%	0.02%	0.01%			1.45%
24			0.05%	0.16%	0.22%	0.23%	0.20%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.01%	0.01%		1.30%
25			0.02%	0.12%	0.19%	0.20%	0.19%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%		1.18%

IS 14

PRIMARIOS DN > 25 cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma
8	0.97%													0.97%
9	3.18%	0.71%												3.89%
10	4.68%	2.73%	0.44%											7.85%
11	4.91%	4.93%	1.80%	0.27%										11.92%
12	4.45%	6.25%	3.73%	1.13%										15.57%
13	3.74%	6.56%	5.38%	5.85%	1.64%									23.17%
14	3.05%	6.24%	6.36%	9.29%	3.85%	1.05%								29.86%
15	2.46%	5.64%	6.71%	12.06%	6.58%	2.53%	0.69%							36.67%
16	1.99%	4.98%	6.64%	13.89%	9.24%	4.56%	1.69%							42.99%
17	1.60%	4.30%	6.26%	14.68%	11.33%	6.74%	3.14%	1.15%						49.19%

18	1.29%	3.68%	5.76%	14.73%	12.76%	8.74%	4.84%	2.18%	0.80%						54.79%
19	1.05%	3.16%	11.70%	14.38%	13.62%	10.43%	6.61%	3.50%	1.56%						66.02%
20	0.85%	2.69%	10.45%	13.62%	13.86%	11.60%	8.17%	4.91%	2.54%	1.13%					69.82%
21	0.68%	2.29%	9.28%	12.70%	13.72%	12.33%	9.46%	6.29%	3.66%	1.87%	0.84%				73.13%
22	0.55%	1.96%	8.26%	11.81%	13.40%	12.77%	10.51%	7.59%	4.86%	2.78%	1.42%				75.91%
23	0.44%	1.66%	7.29%	10.82%	12.79%	12.80%	11.17%	8.63%	5.98%	3.74%	2.12%	1.09%			78.53%
24	0.34%	1.42%	6.48%	9.96%	12.21%	12.73%	11.65%	9.53%	7.05%	4.75%	2.93%	1.66%			80.70%
25	0.25%	1.19%	5.69%	9.04%	11.45%	12.37%	11.80%	10.12%	7.90%	5.66%	3.75%	2.30%	1.31%		82.82%

SECUNDARIOS $DN < 25$, $DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
6	0.09%													0.09%
7	2.59%													2.59%
8	6.33%	0.75%												7.09%
9	7.01%	2.53%	1.52%											11.05%
10	5.85%	3.79%	5.77%	0.80%										16.22%
11	4.43%	4.05%	10.41%	3.25%	0.45%									22.59%
12	3.27%	3.72%	13.18%	6.73%	1.86%									28.76%
13	2.40%	3.17%	13.81%	9.68%	0.83%	0.15%								30.04%
14	1.77%	2.62%	13.15%	11.44%	1.32%	0.36%	0.07%							30.73%
15	1.32%	7.55%	11.87%	12.05%	1.73%	0.63%	0.17%	0.03%						35.37%
16	1.00%	6.12%	10.47%	11.92%	2.01%	0.89%	0.31%	0.09%						32.81%
17	0.76%	4.93%	9.04%	11.23%	2.14%	1.10%	0.46%	0.16%	0.04%					29.86%
18	0.57%	3.98%	7.74%	10.31%	2.17%	1.24%	0.60%	0.25%	0.09%	0.02%				26.99%

19	0.44%	3.25%	6.65%	2.92%	2.13%	1.34%	0.72%	0.34%	0.14%	0.05%								17.97%
20	0.32%	2.63%	5.66%	2.62%	2.03%	1.37%	0.81%	0.42%	0.19%	0.08%	0.03%							16.17%
21	0.24%	2.13%	4.82%	2.34%	1.90%	1.36%	0.86%	0.49%	0.25%	0.11%	0.05%	0.02%						14.57%
22	0.16%	1.72%	4.12%	2.10%	1.78%	1.34%	0.90%	0.55%	0.30%	0.15%	0.07%	0.03%						13.22%
23	0.10%	1.36%	3.50%	1.86%	1.64%	1.28%	0.91%	0.58%	0.35%	0.19%	0.09%	0.04%						11.91%
24	0.05%	1.06%	2.98%	1.67%	1.52%	1.23%	0.91%	0.61%	0.38%	0.22%	0.12%	0.02%						10.77%
25	0.01%	0.78%	2.50%	1.47%	1.38%	1.16%	0.88%	0.62%	0.41%	0.25%	0.14%	0.02%	0.01%					9.64%

CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	Suma	
4	27.89%																	27.89%
5	82.72%	1.89%																84.61%
6	52.64%	40.49%	0.43%															93.55%
7	22.66%	58.09%	12.83%															93.58%
8	10.07%	43.15%	31.67%	4.59%														89.47%
9	4.92%	27.12%	35.39%	15.23%	0.66%													83.31%
10	2.60%	16.82%	29.81%	22.64%	2.54%	0.21%												74.63%
11	0.63%	8.86%	20.92%	22.64%	4.16%	0.77%	0.07%											58.04%
12	0.36%	5.80%	15.56%	20.70%	5.34%	1.61%	0.28%											49.64%
13	0.20%	3.87%	11.47%	17.53%	5.67%	2.34%	0.64%	0.11%										41.83%
14	0.11%	2.64%	8.52%	14.41%	5.45%	2.79%	1.02%	0.26%	0.05%									35.26%
15	0.06%	1.82%	6.39%	6.29%	4.98%	2.97%	1.34%	0.45%	0.11%	0.02%								24.44%
16	0.03%	1.26%	4.86%	5.15%	4.43%	2.97%	1.56%	0.64%	0.20%	0.05%								21.15%
17	0.01%	0.85%	3.70%	4.20%	3.86%	2.82%	1.66%	0.79%	0.31%	0.09%	0.02%							18.31%

18	0.55%	2.82%	3.42%	3.33%	2.61%	1.68%	0.90%	0.40%	0.15%	0.04%	0.01%							15.92%
19	0.33%	2.15%	2.81%	2.88%	2.39%	1.66%	0.97%	0.48%	0.20%	0.07%	0.02%							13.96%
20	0.17%	1.61%	2.30%	2.47%	2.15%	1.58%	0.99%	0.54%	0.25%	0.10%	0.03%	0.01%						12.20%
21	0.07%	1.17%	1.87%	2.11%	1.92%	1.48%	0.99%	0.58%	0.29%	0.13%	0.05%	0.01%						10.67%
22		0.81%	1.53%	1.82%	1.72%	1.39%	0.97%	0.60%	0.33%	0.15%	0.06%	0.02%						9.40%
23		0.48%	1.22%	1.55%	1.53%	1.28%	0.93%	0.61%	0.35%	0.18%	0.08%	0.03%	0.01%	0.02%				8.25%
24		0.23%	0.96%	1.33%	1.37%	1.18%	0.90%	0.61%	0.37%	0.20%	0.09%	0.04%	0.05%	0.02%				7.34%
25		0.07%	0.70%	1.12%	1.21%	1.08%	0.85%	0.59%	0.37%	0.21%	0.10%	0.04%	0.07%	0.03%	0.02%			6.47%

DESPERDICIOS $DN < 10$ cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
1	100.00%																	100.00%
2	100.00%																	100.00%
3	1.39%	98.61%																100.00%
4	0.08%	71.80%	0.23%															72.11%
5		10.92%	4.43%	0.04%														15.39%
6		2.50%	2.93%	0.93%	0.01%													6.37%
7		0.75%	1.55%	1.36%	0.17%													3.83%
8		0.28%	0.70%	1.03%	0.42%	0.04%												2.47%
9		0.12%	0.35%	0.65%	0.48%	0.13%	0.01%											1.74%
10		0.05%	0.19%	0.41%	0.41%	0.20%	0.04%											1.30%
11		0.02%	0.93%	2.07%	2.16%	1.56%	0.59%	0.12%	0.01%									7.45%
12		0.01%	0.54%	1.37%	1.62%	1.44%	0.75%	0.24%	0.05%									6.03%
13			0.31%	0.93%	1.21%	1.23%	0.80%	0.35%	0.10%	0.02%								4.96%

14	0.18%	0.64%	0.91%	1.02%	0.77%	0.42%	0.17%	0.05%	0.01%								4.15%
15	0.09%	0.44%	0.69%	0.83%	0.70%	0.45%	0.22%	0.08%	0.02%								3.53%
16	0.04%	0.31%	0.53%	0.68%	0.62%	0.44%	0.25%	0.11%	0.04%	0.01%							3.04%
17	0.02%	0.21%	0.40%	0.56%	0.54%	0.42%	0.27%	0.14%	0.06%	0.02%	0.01%						2.64%
18		0.14%	0.31%	0.45%	0.47%	0.39%	0.27%	0.16%	0.08%	0.03%	0.01%						2.31%
19		0.08%	0.24%	0.37%	0.40%	0.36%	0.27%	0.17%	0.09%	0.04%	0.02%	0.01%					2.05%
20		0.04%	0.18%	0.30%	0.35%	0.32%	0.25%	0.17%	0.10%	0.06%	0.03%	0.01%					1.82%
21		0.02%	0.14%	0.25%	0.30%	0.29%	0.24%	0.17%	0.11%	0.06%	0.03%	0.02%	0.01%				1.63%
22			0.10%	0.20%	0.25%	0.26%	0.22%	0.17%	0.12%	0.07%	0.04%	0.02%	0.01%				1.46%
23			0.06%	0.16%	0.22%	0.23%	0.20%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.01%	0.01%			1.31%
24			0.03%	0.13%	0.19%	0.20%	0.19%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%			1.19%
25			0.01%	0.09%	0.16%	0.18%	0.17%	0.15%	0.11%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%	0.01%		1.08%

IS 16

PRIMARIOS $DN > 25$ cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
7	0.33%														0.33%
8	2.31%	0.29%													2.61%
9	4.35%	1.97%	0.22%												6.53%
10	4.98%	4.40%	1.33%												10.71%
11	4.60%	6.03%	3.26%	0.86%											14.75%
12	3.89%	6.55%	5.08%	2.21%	1.28%										19.02%
13	3.17%	6.33%	6.24%	8.69%	3.38%	0.84%									28.65%
14	2.55%	5.75%	6.70%	11.69%	6.11%	2.22%	0.56%								35.58%
15	2.05%	5.07%	6.68%	13.69%	8.86%	4.21%	1.49%								42.07%

16	1.65%	4.38%	6.32%	14.62%	11.08%	6.42%	2.89%	1.01%									48.37%
17	1.33%	3.75%	5.83%	14.77%	12.61%	8.48%	4.58%	2.00%	0.71%								54.05%
18	1.08%	3.22%	5.30%	14.46%	13.55%	10.23%	6.36%	3.28%	1.42%								58.91%
19	0.87%	2.74%	10.59%	13.72%	13.86%	11.47%	7.96%	4.69%	2.36%	1.02%							69.30%
20	0.71%	2.34%	9.41%	12.82%	13.76%	12.26%	9.30%	6.09%	3.47%	1.73%	0.76%						72.63%
21	0.58%	2.00%	8.38%	11.92%	13.45%	12.73%	10.38%	7.41%	4.66%	2.61%	1.30%						75.43%
22	0.46%	1.70%	7.40%	10.93%	12.87%	12.81%	11.09%	8.48%	5.80%	3.56%	1.97%	0.99%					78.06%
23	0.37%	1.46%	6.58%	10.06%	12.29%	12.75%	11.60%	9.41%	6.88%	4.57%	2.76%	1.53%					80.25%
24	0.28%	1.23%	5.78%	9.14%	11.53%	12.41%	11.78%	10.03%	7.76%	5.49%	3.58%	2.15%	1.20%				82.37%
25	0.20%	1.03%	5.08%	8.30%	10.78%	11.98%	11.78%	10.45%	8.47%	6.33%	4.39%	2.83%	1.71%	0.96%			84.29%

SECUNDARIOS $DN < 25$, $DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
6	0.76%													0.76%
7	4.93%	0.25%												5.18%
8	7.09%	1.82%	0.10%											9.01%
9	6.31%	3.49%	4.16%	0.39%										14.36%
10	4.83%	4.07%	9.31%	2.41%										20.62%
11	3.52%	3.82%	12.73%	5.88%	1.41%									27.37%
12	2.55%	3.28%	13.81%	9.15%	3.62%	0.12%								32.55%
13	1.87%	2.71%	13.33%	11.22%	1.23%	0.32%	0.06%							30.73%
14	1.38%	7.81%	12.10%	12.02%	1.68%	0.58%	0.15%	0.03%						35.76%
15	1.04%	6.31%	10.68%	11.98%	1.98%	0.85%	0.29%	0.07%						33.20%
16	0.79%	5.07%	9.22%	11.34%	2.13%	1.07%	0.44%	0.15%	0.04%					30.24%

17	0.60%	4.10%	7.89%	10.44%	2.17%	1.23%	0.58%	0.23%	0.08%	0.02%								27.34%
18	0.46%	3.34%	6.77%	9.50%	2.14%	1.33%	0.71%	0.33%	0.13%	0.04%								24.74%
19	0.35%	2.71%	5.77%	2.65%	2.04%	1.37%	0.80%	0.41%	0.19%	0.07%	0.03%							16.38%
20	0.26%	2.20%	4.91%	2.37%	1.92%	1.36%	0.86%	0.48%	0.24%	0.11%	0.04%	0.02%						14.77%
21	0.18%	1.79%	4.21%	2.13%	1.79%	1.34%	0.90%	0.54%	0.30%	0.15%	0.07%	0.03%						13.42%
22	0.12%	1.43%	3.58%	1.89%	1.65%	1.29%	0.91%	0.58%	0.34%	0.18%	0.09%	0.04%						12.11%
23	0.07%	1.14%	3.06%	1.69%	1.53%	1.23%	0.91%	0.61%	0.38%	0.22%	0.12%	0.06%						11.01%
24	0.03%	0.87%	2.58%	1.49%	1.40%	1.16%	0.89%	0.62%	0.40%	0.25%	0.14%	0.02%	0.01%					9.85%
25		0.61%	2.16%	1.32%	1.27%	1.09%	0.86%	0.62%	0.42%	0.27%	0.16%	0.03%	0.01%					8.82%

CELULÓSICOS Y ASTILLA DN>10 Y DN<20 CM

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
4	60.73%																	60.73%
5	77.01%	12.53%																89.53%
6	35.28%	55.17%	3.72%															94.17%
7	14.33%	51.15%	24.50%	1.55%														91.53%
8	6.41%	32.53%	35.65%	11.02%	0.80%													86.41%
9	3.20%	19.61%	32.02%	20.94%	1.82%	0.10%												77.69%
10	1.73%	12.12%	24.74%	24.21%	4.14%	0.64%												67.58%
11	0.42%	6.40%	16.68%	21.31%	5.13%	1.40%	0.21%											51.55%
12	0.24%	4.21%	12.18%	18.17%	5.64%	2.20%	0.55%	0.09%										43.28%
13	0.13%	2.84%	8.97%	14.93%	5.51%	2.73%	0.95%	0.23%	0.04%									36.33%
14	0.07%	1.95%	6.69%	6.49%	5.05%	2.96%	1.30%	0.42%	0.10%	0.02%								25.04%
15	0.04%	1.35%	5.07%	5.30%	4.50%	2.97%	1.53%	0.61%	0.19%	0.04%								21.62%

16	0.02%	0.93%	3.86%	4.31%	3.92%	2.84%	1.65%	0.77%	0.29%	0.09%	0.02%								18.69%
17		0.62%	2.95%	3.51%	3.39%	2.63%	1.68%	0.89%	0.39%	0.14%	0.04%	0.01%							16.25%
18		0.39%	2.26%	2.89%	2.93%	2.41%	1.66%	0.96%	0.47%	0.19%	0.06%	0.02%							14.26%
19		0.22%	1.72%	2.36%	2.51%	2.17%	1.59%	0.99%	0.53%	0.24%	0.09%	0.03%	0.01%						12.47%
20		0.10%	1.28%	1.93%	2.15%	1.95%	1.49%	0.99%	0.57%	0.29%	0.12%	0.04%	0.01%						10.94%
21		0.03%	0.91%	1.58%	1.86%	1.75%	1.40%	0.98%	0.60%	0.32%	0.15%	0.06%	0.02%						9.66%
22			0.60%	1.28%	1.59%	1.55%	1.29%	0.94%	0.61%	0.35%	0.17%	0.07%	0.03%	0.01%	0.01%				8.49%
23			0.33%	1.02%	1.37%	1.39%	1.19%	0.90%	0.61%	0.36%	0.19%	0.09%	0.03%	0.01%	0.02%				7.52%
24			0.14%	0.78%	1.16%	1.23%	1.09%	0.85%	0.59%	0.37%	0.21%	0.10%	0.04%	0.06%	0.03%	0.02%			6.68%
25				0.56%	0.97%	1.08%	0.99%	0.80%	0.58%	0.37%	0.22%	0.11%	0.05%	0.08%	0.04%	0.02%	0.01%		5.89%

DESPERDICIOS *DN* < 10 cm

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma	
1	10																		10
2	10																		10
3	0.70%	99.30%																	10
4	0.03%	38.74%	0.50%																39.27%
5		5.99%	4.19%	0.28%															10.47%
6		1.36%	2.39%	1.28%	0.05%														5.07%
7		0.43%	0.99%	1.21%	0.33%	0.01%													2.96%
8		0.17%	0.45%	0.78%	0.48%	0.09%													1.98%
9		0.07%	0.23%	0.48%	0.44%	0.18%	0.03%												1.42%
10		0.03%	0.12%	0.30%	0.34%	0.21%	0.07%	0.01%											1.09%
11		0.01%	0.62%	1.51%	1.73%	1.48%	0.72%	0.21%	0.03%										6.33%

12	0.36%	1.01%	1.28%	1.27%	0.79%	0.33%	0.09%	0.02%										5.15%
13	0.21%	0.69%	0.95%	1.05%	0.77%	0.41%	0.15%	0.04%	0.01%									4.29%
14	0.11%	0.48%	0.72%	0.86%	0.71%	0.44%	0.21%	0.07%	0.02%									3.63%
15	0.06%	0.33%	0.55%	0.70%	0.63%	0.44%	0.25%	0.11%	0.04%	0.01%								3.12%
16	0.02%	0.23%	0.42%	0.57%	0.55%	0.42%	0.27%	0.14%	0.06%	0.02%	0.01%							2.70%
17		0.16%	0.32%	0.46%	0.47%	0.39%	0.27%	0.16%	0.08%	0.03%	0.01%							2.36%
18		0.10%	0.25%	0.38%	0.41%	0.36%	0.27%	0.17%	0.09%	0.04%	0.02%	0.01%						2.09%
19		0.06%	0.19%	0.31%	0.35%	0.32%	0.25%	0.17%	0.10%	0.05%	0.02%	0.01%						1.86%
20		0.03%	0.14%	0.26%	0.30%	0.29%	0.24%	0.17%	0.11%	0.06%	0.03%	0.01%	0.01%					1.65%
21		0.01%	0.11%	0.21%	0.26%	0.26%	0.22%	0.17%	0.12%	0.07%	0.04%	0.02%	0.01%					1.50%
22			0.07%	0.17%	0.22%	0.23%	0.21%	0.16%	0.12%	0.08%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%				1.34%
23			0.04%	0.13%	0.19%	0.21%	0.19%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%				1.22%
24			0.02%	0.10%	0.16%	0.18%	0.17%	0.15%	0.11%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%	0.01%			1.10%
25				0.07%	0.14%	0.16%	0.16%	0.14%	0.11%	0.08%	0.06%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%			1.00%

IS 18

PRIMARIOS $DN > 25$ cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
7	1.15%														1.15%
8	3.64%	1.05%													4.69%
9	4.89%	3.50%	0.77%												9.16%
10	4.79%	5.60%	2.56%	0.53%											13.47%
11	4.12%	6.49%	4.57%	1.73%	0.84%										17.75%

12	3.37%	6.44%	5.98%	7.68%	2.67%	0.57%											26.72%
13	2.72%	5.95%	6.66%	11.03%	5.36%	1.77%											33.48%
14	2.17%	5.25%	6.72%	13.29%	8.18%	3.65%	1.18%										40.44%
15	1.74%	4.54%	6.42%	14.47%	10.58%	5.85%	2.48%	0.81%									46.89%
16	1.41%	3.92%	5.98%	14.88%	12.37%	8.04%	4.15%	1.72%									52.47%
17	1.14%	3.34%	5.43%	14.57%	13.39%	9.84%	5.91%	2.93%	1.20%								57.75%
18	0.92%	2.85%	10.87%	13.91%	13.82%	11.20%	7.57%	4.31%	2.09%	0.86%							68.39%
19	0.75%	2.44%	9.74%	13.12%	13.90%	12.18%	9.04%	5.76%	3.18%	1.52%							71.63%
20	0.61%	2.08%	8.62%	12.14%	13.55%	12.65%	10.14%	7.07%	4.33%	2.34%	1.12%						74.67%
21	0.49%	1.78%	7.62%	11.16%	13.02%	12.80%	10.92%	8.20%	5.48%	3.27%	1.76%	0.85%					77.35%
22	0.40%	1.52%	6.78%	10.27%	12.44%	12.79%	11.49%	9.18%	6.58%	4.27%	2.51%	1.35%					79.57%
23	0.31%	1.29%	5.97%	9.35%	11.70%	12.49%	11.73%	9.86%	7.50%	5.21%	3.31%	1.94%	1.05%				81.72%
24	0.23%	1.10%	5.30%	8.57%	11.05%	12.18%	11.87%	10.42%	8.34%	6.13%	4.16%	2.62%	1.54%				83.50%
25	0.16%	0.91%	4.65%	7.76%	10.29%	11.68%	11.75%	10.70%	8.93%	6.89%	4.94%	3.31%	2.08%	1.23%			85.27%

SECUNDARIOS $DN < 25, DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
6	2.40%													2.40%
7	6.55%	0.90%												7.45%
8	6.86%	2.89%	2.23%											11.98%
9	5.39%	3.97%	7.39%	1.39%										18.15%
10	3.92%	3.95%	11.83%	4.62%	0.87%									25.19%
11	2.81%	3.45%	13.69%	8.24%	2.85%	0.08%								31.12%
12	2.04%	2.87%	13.57%	10.77%	1.09%	0.25%	0.04%							30.62%

13	1.50%	2.34%	12.52%	11.97%	1.58%	0.51%	0.12%											30.54%
14	1.12%	6.66%	11.04%	12.06%	1.92%	0.78%	0.25%	0.06%										33.88%
15	0.85%	5.34%	9.55%	11.52%	2.10%	1.02%	0.40%	0.13%	0.03%									30.94%
16	0.65%	4.34%	8.24%	10.72%	2.18%	1.20%	0.55%	0.21%	0.07%									28.16%
17	0.49%	3.51%	7.02%	9.72%	2.15%	1.31%	0.68%	0.30%	0.11%	0.04%								25.34%
18	0.38%	2.85%	5.99%	2.72%	2.06%	1.36%	0.78%	0.39%	0.17%	0.06%	0.02%							16.78%
19	0.29%	2.34%	5.14%	2.45%	1.96%	1.37%	0.85%	0.47%	0.23%	0.10%	0.04%							15.23%
20	0.21%	1.90%	4.38%	2.18%	1.82%	1.35%	0.89%	0.53%	0.28%	0.14%	0.06%	0.02%						13.76%
21	0.15%	1.54%	3.73%	1.94%	1.69%	1.30%	0.90%	0.57%	0.33%	0.17%	0.08%	0.04%						12.44%
22	0.09%	1.24%	3.20%	1.74%	1.56%	1.25%	0.91%	0.60%	0.37%	0.21%	0.11%	0.05%						11.32%
23	0.05%	0.97%	2.71%	1.54%	1.43%	1.18%	0.89%	0.62%	0.40%	0.24%	0.13%	0.02%						10.17%
24	0.02%	0.73%	2.31%	1.37%	1.31%	1.12%	0.87%	0.63%	0.42%	0.26%	0.16%	0.03%	0.01%					9.23%
25		0.50%	1.92%	1.21%	1.19%	1.05%	0.84%	0.62%	0.43%	0.28%	0.18%	0.03%	0.01%					8.26%

CELULÓSICOS Y ASTILLA $DN > 10$ Y $DN < 20$ cm

Edad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma	
4	78.59%																		78.59%
5	61.32%	31.25%																	92.57%
6	23.53%	58.28%	11.87%																93.69%
7	9.38%	41.43%	32.75%	5.45%															89.02%
8	4.29%	24.41%	34.63%	17.42%	0.97%														81.70%
9	2.18%	14.49%	27.50%	23.70%	3.26%	0.36%													71.50%
10	1.19%	8.96%	20.17%	23.41%	5.31%	1.23%	0.15%												60.41%
11	0.29%	4.79%	13.39%	19.17%	5.56%	1.97%	0.43%	0.06%											45.66%

8	0.10%	0.30%	0.59%	0.47%	0.15%	0.02%												1.63%
9	0.04%	0.16%	0.35%	0.38%	0.21%	0.06%	0.01%											1.20%
10	0.01%	0.09%	0.22%	0.28%	0.21%	0.09%	0.02%											0.93%
11		0.44%	1.14%	1.40%	1.34%	0.78%	0.30%	0.07%	0.01%									5.48%
12		0.25%	0.77%	1.03%	1.11%	0.79%	0.39%	0.14%	0.03%									4.51%
13		0.14%	0.53%	0.77%	0.91%	0.73%	0.44%	0.20%	0.06%	0.02%								3.81%
14		0.08%	0.37%	0.59%	0.74%	0.65%	0.45%	0.24%	0.10%	0.03%	0.01%							3.25%
15		0.04%	0.26%	0.45%	0.60%	0.57%	0.43%	0.26%	0.13%	0.05%	0.02%							2.80%
16		0.01%	0.18%	0.35%	0.49%	0.49%	0.40%	0.27%	0.15%	0.07%	0.03%	0.01%						2.46%
17			0.12%	0.27%	0.40%	0.42%	0.37%	0.27%	0.17%	0.09%	0.04%	0.02%						2.16%
18			0.07%	0.21%	0.33%	0.36%	0.33%	0.26%	0.17%	0.10%	0.05%	0.02%	0.01%					1.92%
19			0.04%	0.16%	0.27%	0.31%	0.30%	0.24%	0.17%	0.11%	0.06%	0.03%	0.01%	0.01%				1.72%
20			0.02%	0.12%	0.22%	0.27%	0.27%	0.23%	0.17%	0.11%	0.07%	0.04%	0.02%	0.01%				1.55%
21				0.09%	0.18%	0.23%	0.24%	0.21%	0.16%	0.12%	0.07%	0.04%	0.02%	0.01%				1.38%
22				0.05%	0.15%	0.20%	0.21%	0.19%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.01%	0.01%			1.26%
23				0.03%	0.11%	0.17%	0.19%	0.18%	0.15%	0.11%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%			1.14%
24				0.01%	0.09%	0.14%	0.17%	0.16%	0.14%	0.11%	0.08%	0.06%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%		1.04%
25					0.06%	0.12%	0.15%	0.15%	0.13%	0.11%	0.08%	0.06%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%		0.95%

IS 20

PRIMARIOS DN > 25 cm

Edad	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Suma
6	0.23%														0.23%
7	2.37%	0.31%													2.68%
8	4.52%	2.27%	0.29%												7.09%
9	4.94%	4.84%	1.70%	0.24%											11.72%
10	4.41%	6.28%	3.82%	1.18%	0.43%										16.12%
11	3.65%	6.56%	5.58%	2.73%	1.86%										20.39%
12	2.93%	6.15%	6.51%	9.95%	4.35%	1.25%									31.14%
13	2.34%	5.48%	6.74%	12.65%	7.24%	2.94%	0.85%								38.23%
14	1.87%	4.76%	6.54%	14.19%	9.85%	5.10%	1.99%	0.58%							44.88%
15	1.51%	4.11%	6.14%	14.83%	11.87%	7.34%	3.56%	1.36%							50.71%
16	1.22%	3.51%	5.60%	14.70%	13.11%	9.28%	5.31%	2.48%	0.95%						56.16%
17	0.99%	2.99%	11.26%	14.14%	13.72%	10.79%	7.02%	3.82%	1.75%	0.67%					67.16%
18	0.81%	2.57%	10.10%	13.40%	13.92%	11.90%	8.57%	5.26%	2.77%	1.26%					70.55%
19	0.66%	2.19%	8.96%	12.45%	13.67%	12.51%	9.77%	6.61%	3.90%	2.02%	0.92%				73.68%
20	0.54%	1.89%	7.99%	11.55%	13.29%	12.86%	10.74%	7.86%	5.09%	2.93%	1.51%				76.25%
21	0.44%	1.61%	7.06%	10.57%	12.65%	12.82%	11.32%	8.85%	6.18%	3.89%	2.21%	1.14%			78.72%
22	0.35%	1.37%	6.23%	9.64%	11.94%	12.59%	11.64%	9.61%	7.15%	4.84%	2.98%	1.69%	0.87%		80.91%
23	0.27%	1.17%	5.54%	8.83%	11.28%	12.30%	11.84%	10.23%	8.03%	5.77%	3.82%	2.33%	1.32%		82.75%
24	0.20%	0.99%	4.88%	8.02%	10.52%	11.83%	11.77%	10.58%	8.69%	6.57%	4.61%	3.01%	1.83%	1.04%	84.54%
25	0.13%	0.83%	4.32%	7.34%	9.88%	11.40%	11.68%	10.86%	9.27%	7.33%	5.40%	3.72%	2.41%	1.47%	86.04%

SECUNDARIOS $DN < 25, DN > 20$ cm

Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	------

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
1	10%																	10
2	39.02%	60.98%																10
3	0.21%	98.42%																98.64%
4	0.01%	11.88%	0.72%															12.61%
5		1.91%	2.49%	1.11%	0.02%													5.53%
6		0.48%	1.08%	1.24%	0.30%	0.01%												3.11%
7		0.17%	0.44%	0.77%	0.48%	0.10%												1.96%
8		0.06%	0.21%	0.45%	0.42%	0.19%	0.04%											1.37%
9		0.02%	0.11%	0.27%	0.32%	0.21%	0.08%	0.01%										1.03%
10		0.01%	0.06%	0.17%	0.23%	0.19%	0.10%	0.03%	0.01%									0.81%
11			0.32%	0.89%	1.15%	1.20%	0.80%	0.36%	0.11%	0.02%								4.85%
12			0.18%	0.60%	0.85%	0.97%	0.75%	0.43%	0.18%	0.05%	0.01%							4.04%
13			0.10%	0.42%	0.64%	0.79%	0.68%	0.45%	0.23%	0.09%	0.03%	0.01%						3.42%
14			0.05%	0.30%	0.49%	0.64%	0.59%	0.44%	0.26%	0.12%	0.04%	0.01%						2.94%
15			0.02%	0.21%	0.38%	0.52%	0.52%	0.41%	0.27%	0.15%	0.06%	0.02%	0.01%					2.57%
16				0.14%	0.29%	0.43%	0.44%	0.38%	0.27%	0.16%	0.08%	0.04%	0.01%					2.25%
17				0.09%	0.23%	0.35%	0.38%	0.34%	0.26%	0.17%	0.10%	0.05%	0.02%	0.01%				2.00%
18				0.05%	0.18%	0.29%	0.33%	0.31%	0.25%	0.17%	0.11%	0.06%	0.03%	0.01%				1.79%
19				0.03%	0.14%	0.24%	0.28%	0.28%	0.23%	0.17%	0.11%	0.07%	0.03%	0.02%	0.01%			1.61%
20				0.01%	0.10%	0.20%	0.24%	0.25%	0.22%	0.17%	0.12%	0.07%	0.04%	0.02%	0.01%			1.45%
21					0.07%	0.16%	0.21%	0.22%	0.20%	0.16%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.01%	0.01%		1.31%
22					0.04%	0.13%	0.18%	0.20%	0.18%	0.15%	0.12%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%		1.19%
23					0.02%	0.10%	0.15%	0.17%	0.17%	0.14%	0.11%	0.08%	0.05%	0.03%	0.02%	0.01%	0.01%	1.08%
24					0.01%	0.07%	0.13%	0.15%	0.15%	0.14%	0.11%	0.08%	0.06%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%	0.99%

Edad	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Suma
25						0.05%	0.11%	0.14%	0.14%	0.13%	0.11%	0.08%	0.06%	0.04%	0.03%	0.02%	0.01%	0.91%

Valor total de la producción por índice de sitio

Donde:

VP= volumen de producción

CC= costo corriente

VPA= volumen de producción actualizado

CA=costo actualizado

VANa= valor neto presente anual de la producción maderable

VAN= valor neto presente de la producción maderable

IS 12 Tasa de descuento 5.0 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,184	-3,184	-19,406.81
3	2	0	3,343	0	3,032	-3,032	-22,439.01
4	3	53	3,343	46	2,888	-2,842	-25,280.63
5	4	5,058	3,343	4,161	2,750	1,411	-23,916.06
6	5	11,064	3,343	8,669	2,619	6,049	-22,027.67
7	6	18,893	3,343	14,099	2,495	11,604	-19,092.50
8	7	29,147	3,343	20,714	2,376	18,338	-14,852.92
9	8	42,254	3,343	28,599	2,263	26,336	-9,230.65
10	9	59,987	3,343	38,668	2,155	36,513	-1,316.48
11	10	77,575	3,343	47,624	2,052	45,572	5,587.52
12	11	104,366	3,343	61,021	1,955	59,066	17,029.51
13	12	134,280	3,343	74,772	1,862	72,911	28,919.36
14	13	170,314	3,343	90,321	1,773	88,548	42,695.46
15	14	208,651	3,343	105,383	1,688	103,695	56,068.90
16	15	254,594	3,343	122,464	1,608	120,856	71,541.74
17	16	292,939	3,343	134,199	1,531	132,667	81,745.24
18	17	334,127	3,343	145,779	1,459	144,320	91,866.49
19	18	374,724	3,343	155,706	1,389	154,317	100,404.31
20	19	425,765	3,343	168,490	1,323	167,167	111,865.53
21	20	464,115	3,343	174,920	1,260	173,660	117,036.06
22	21	500,811	3,343	179,762	1,200	178,562	120,678.09
23	22	531,740	3,343	181,775	1,143	180,633	121,548.39
24	23	565,954	3,343	184,258	1,088	183,170	122,943.01
25	24	592,460	3,343	183,703	1,037	182,666	121,350.89

IS 12 Tasa de descuento 6.8 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,130	-3,130	-19,353.15
3	2	0	3,343	0	2,931	-2,931	-22,284.00
4	3	53	3,343	44	2,744	-2,700	-24,984.36
5	4	5,058	3,343	3,888	2,570	1,318	-23,710.21
6	5	11,064	3,343	7,962	2,406	5,557	-22,041.20
7	6	18,893	3,343	12,732	2,253	10,479	-19,524.83
8	7	29,147	3,343	18,390	2,109	16,281	-15,975.40
9	8	42,254	3,343	24,963	1,975	22,988	-11,377.90
10	9	59,987	3,343	33,183	1,849	31,334	-5,007.09
11	10	77,575	3,343	40,180	1,732	38,448	258.46
12	11	104,366	3,343	50,615	1,621	48,993	9,072.01
13	12	134,280	3,343	60,976	1,518	59,458	17,914.96
14	13	170,314	3,343	72,414	1,421	70,993	27,932.15
15	14	208,651	3,343	83,066	1,331	81,735	37,253.02
16	15	254,594	3,343	94,903	1,246	93,657	47,843.63
17	16	292,939	3,343	102,244	1,167	101,077	54,018.02
18	17	334,127	3,343	109,195	1,093	108,102	59,876.06
19	18	374,724	3,343	114,665	1,023	113,642	64,323.12
20	19	425,765	3,343	121,988	958	121,030	70,688.58
21	20	464,115	3,343	124,509	897	123,612	72,313.01
22	21	500,811	3,343	125,799	840	124,959	72,763.26
23	22	531,740	3,343	125,064	786	124,278	71,241.84
24	23	565,954	3,343	124,636	736	123,899	70,077.36
25	24	592,460	3,343	122,166	689	121,476	66,917.98

IS 12 Tasa de descuento 8.7 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16223	0	16223	-16223	-16,223.00
2	1	0	3343	0	3075	-3075	-19,298.44
3	2	0	3343	0	2829	-2829	-22,127.73
4	3	53	3343	42	2603	-2561	-24,688.94
5	4	5058	3343	3623	2395	1228	-23,502.30
6	5	11064	3343	7290	2203	5088	-22,037.47
7	6	18893	3343	11453	2027	9427	-19,901.16
8	7	29147	3343	16255	1864	14390	-16,964.10

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
9	8	42254	3343	21678	1715	19963	-13,255.63
10	9	59987	3343	28313	1578	26735	-8,198.67
11	10	77575	3343	33684	1452	32233	-4,279.28
12	11	104366	3343	41690	1335	40355	2,391.49
13	12	134280	3343	49347	1229	48118	8,819.23
14	13	170314	3343	57579	1130	56449	15,921.73
15	14	208651	3343	64894	1040	63855	22,197.11
16	15	254594	3343	72846	957	71889	29,191.98
17	16	292939	3343	77109	880	76229	32,575.21
18	17	334127	3343	80911	810	80102	35,568.11
19	18	374724	3343	83479	745	82735	37,391.44
20	19	425765	3343	87259	685	86574	40,485.53
21	20	464115	3343	87505	630	86875	40,101.97
22	21	500811	3343	86867	580	86287	38,883.34
23	22	531740	3343	84850	533	84316	36,332.76
24	23	565954	3343	83081	491	82590	34,073.42
25	24	592460	3343	80011	451	79560	30,552.02

IS 14 Tasa de descuento 5.0 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,184	-3,184	-19,406.81
3	2	0	3,343	0	3,032	-3,032	-22,439.01
4	3	856	3,343	740	2,888	-2,148	-24,586.96
5	4	7,796	3,343	6,413	2,750	3,663	-21,663.71
6	5	15,298	3,343	11,987	2,619	9,367	-18,709.79
7	6	25,344	3,343	18,912	2,495	16,417	-14,279.19
8	7	38,965	3,343	27,691	2,376	25,316	-7,875.50
9	8	57,105	3,343	38,651	2,263	36,388	821.35
10	9	80,634	3,343	51,978	2,155	49,823	11,993.18
11	10	104,247	3,343	63,999	2,052	61,946	21,961.84
12	11	135,219	3,343	79,060	1,955	77,105	35,068.48
13	12	175,076	3,343	97,489	1,862	95,627	51,636.07
14	13	216,159	3,343	114,634	1,773	112,861	67,008.04
15	14	265,165	3,343	133,927	1,688	132,238	84,612.39
16	15	306,136	3,343	147,257	1,608	145,649	96,334.57
17	16	349,771	3,343	160,234	1,531	158,703	107,780.69

18	17	388,276	3,343	169,404	1,459	167,945	115,491.45
19	18	437,304	3,343	181,709	1,389	180,320	126,407.57
20	19	464,150	3,343	183,680	1,323	182,357	127,055.74
21	20	484,011	3,343	182,419	1,260	181,159	124,534.67
22	21	496,789	3,343	178,319	1,200	177,119	119,234.58
23	22	502,911	3,343	171,920	1,143	170,777	111,693.18
24	23	503,047	3,343	163,778	1,088	162,689	102,462.47
25	24	498,093	3,343	154,443	1,037	153,406	92,090.94

IS 14 Tasa de descuento 6.8 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,130	-3,130	-19,353.15
3	2	0	3,343	0	2,931	-2,931	-22,284.00
4	3	856	3,343	703	2,744	-2,041	-24,325.17
5	4	7,796	3,343	5,992	2,570	3,422	-21,605.92
6	5	15,298	3,343	11,010	2,406	8,604	-18,993.66
7	6	25,344	3,343	17,078	2,253	14,825	-15,178.20
8	7	38,965	3,343	24,585	2,109	22,476	-9,780.69
9	8	57,105	3,343	33,737	1,975	31,762	-2,603.91
10	9	80,634	3,343	44,605	1,849	42,755	6,414.57
11	10	104,247	3,343	53,995	1,732	52,263	14,073.23
12	11	135,219	3,343	65,577	1,621	63,956	24,034.72
13	12	175,076	3,343	79,501	1,518	77,983	36,440.11
14	13	216,159	3,343	91,907	1,421	90,485	47,424.57
15	14	265,165	3,343	105,565	1,331	104,234	59,751.84
16	15	306,136	3,343	114,116	1,246	112,870	67,056.70
17	16	349,771	3,343	122,080	1,167	120,913	73,854.01
18	17	388,276	3,343	126,891	1,093	125,798	77,572.18
19	18	437,304	3,343	133,814	1,023	132,791	83,472.40
20	19	464,150	3,343	132,986	958	132,028	81,686.40
21	20	484,011	3,343	129,847	897	128,950	77,650.56
22	21	496,789	3,343	124,789	840	123,949	71,753.08
23	22	502,911	3,343	118,283	786	117,497	64,461.32
24	23	503,047	3,343	110,782	736	110,046	56,223.96
25	24	498,093	3,343	102,707	689	102,018	47,459.59

IS 14 Tasa de descuento 8.7 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,075	-3,075	-19,298.44
3	2	0	3,343	0	2,829	-2,829	-22,127.73
4	3	856	3,343	667	2,603	-1,936	-24,063.72
5	4	7,796	3,343	5,584	2,395	3,189	-21,541.32
6	5	15,298	3,343	10,081	2,203	7,878	-19,247.12
7	6	25,344	3,343	15,364	2,027	13,337	-15,990.93
8	7	38,965	3,343	21,730	1,864	19,866	-11,488.74
9	8	57,105	3,343	29,298	1,715	27,583	-5,636.06
10	9	80,634	3,343	38,059	1,578	36,481	1,546.84
11	10	104,247	3,343	45,266	1,452	43,814	7,302.11
12	11	135,219	3,343	54,015	1,335	52,679	14,715.99
13	12	175,076	3,343	64,339	1,229	63,110	23,811.32
14	13	216,159	3,343	73,078	1,130	71,948	31,420.88
15	14	265,165	3,343	82,471	1,040	81,432	39,774.07
16	15	306,136	3,343	87,593	957	86,637	43,939.61
17	16	349771	3343	92069	880	91189	47,534.85
18	17	388276	3343	94024	810	93214	48,680.65
19	18	437304	3343	97421	745	96676	51,332.74
20	19	464150	3343	95126	685	94440	48,352.35
21	20	484,011	3,343	91,257	630	90,626	43,853.22
22	21	496,789	3,343	86,169	580	85,589	38,185.79
23	22	502,911	3,343	80,249	533	79,716	31,732.52
24	23	503,047	3,343	73,846	491	73,356	24,838.87
25	24	498,093	3,343	67,267	451	66,815	17,807.96

IS 16 Tasa de descuento 5.0 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,184	-3,184	-19,406.81
3	2	0	3,343	0	3,032	-3,032	-22,439.01
4	3	2,978	3,343	2,573	2,888	-315	-22,754.10
5	4	10,558	3,343	8,686	2,750	5,936	-19,390.82
6	5	20,142	3,343	15,782	2,619	13,162	-14,914.81
7	6	33,226	3,343	24,794	2,495	22,299	-8,397.32

8	7	50,743	3,343	36,062	2,376	33,686	495.03
9	8	74,546	3,343	50,456	2,263	48,193	12,626.04
10	9	103,233	3,343	66,545	2,155	64,390	26,560.35
11	10	132,126	3,343	81,114	2,052	79,061	39,076.94
12	11	169,131	3,343	98,887	1,955	96,933	54,896.15
13	12	216,427	3,343	120,515	1,862	118,653	74,662.04
14	13	268,090	3,343	142,174	1,773	140,401	94,548.34
15	14	311,687	3,343	157,423	1,688	155,735	108,109.14
16	15	357,432	3,343	171,931	1,608	170,323	121,008.58
17	16	402,117	3,343	184,215	1,531	182,683	131,760.87
18	17	442,418	3,343	193,026	1,459	191,567	139,113.48
19	18	499,615	3,343	207,600	1,389	206,211	152,299.06
20	19	538,685	3,343	213,176	1,323	211,853	156,551.63
21	20	571,789	3,343	215,501	1,260	214,241	157,617.06
22	21	607,456	3,343	218,042	1,200	216,842	158,957.54
23	22	635,440	3,343	217,225	1,143	216,082	156,998.15
24	23	668,104	3,343	217,516	1,088	216,427	156,200.33
25	24	698,674	3,343	216,636	1,037	215,600	154,284.55

IS 16 Tasa de descuento 6.8 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,130	-3,130	-19,353.15
3	2	0	3,343	0	2,931	-2,931	-22,284.00
4	3	2,978	3,343	2,445	2,744	-299	-22,583.42
5	4	10,558	3,343	8,115	2,570	5,546	-19,482.42
6	5	20,142	3,343	14,496	2,406	12,090	-15,507.88
7	6	33,226	3,343	22,390	2,253	20,137	-9,866.62
8	7	50,743	3,343	32,017	2,109	29,907	-2,349.14
9	8	74,546	3,343	44,041	1,975	42,066	7,699.92
10	9	103,233	3,343	57,105	1,849	55,256	18,915.37
11	10	132,126	3,343	68,434	1,732	66,703	28,512.98
12	11	169,131	3,343	82,024	1,621	80,403	40,481.09
13	12	216,427	3,343	98,278	1,518	96,760	55,217.47
14	13	268,090	3,343	113,987	1,421	112,566	69,504.78
15	14	311,687	3,343	124,086	1,331	122,755	78,272.68
16	15	357,432	3,343	133,237	1,246	131,991	86,177.70
17	16	402,117	3,343	140,350	1,167	139,183	92,124.13

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
18	17	442,418	3,343	144,585	1,093	143,492	95,266.09
19	18	499,615	3,343	152,881	1,023	151,858	102,539.39
20	19	538,685	3,343	154,341	958	153,383	103,041.63
21	20	571,789	3,343	153,395	897	152,498	101,198.76
22	21	607,456	3,343	152,587	840	151,748	99,551.54
23	22	635,440	3,343	149,454	786	148,668	95,631.75
24	23	668,104	3,343	147,131	736	146,395	92,573.21
25	24	698,674	3,343	144,067	689	143,378	88,819.44

IS 16 Tasa de descuento 8.7 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,075	-3,075	-19,298.44
3	2	0	3,343	0	2,829	-2,829	-22,127.73
4	3	2,978	3,343	2,319	2,603	-284	-22,411.72
5	4	10,558	3,343	7,563	2,395	5,168	-19,562.44
6	5	20,142	3,343	13,272	2,203	11,070	-16,055.52
7	6	33,226	3,343	20,142	2,027	18,115	-11,212.63
8	7	50,743	3,343	28,299	1,864	26,434	-4,920.16
9	8	74,546	3,343	38,246	1,715	36,531	3,312.08
10	9	103,233	3,343	48,725	1,578	47,147	12,213.12
11	10	132,126	3,343	57,371	1,452	55,919	19,407.45
12	11	169,131	3,343	67,561	1,335	66,226	28,262.55
13	12	216,427	3,343	79,535	1,229	78,306	39,007.52
14	13	268,090	3,343	90,635	1,130	89,505	48,977.69
15	14	311,687	3,343	96,941	1,040	95,901	54,243.27
16	15	357,432	3,343	102,270	957	101,314	58,616.58
17	16	402,117	3,343	105,847	880	104,967	61,313.56
18	17	442,418	3,343	107,135	810	106,325	61,791.57
19	18	499,615	3,343	111,302	745	110,557	65,214.12
20	19	538,685	3,343	110,401	685	109,716	63,627.90
21	20	571,789	3,343	107,806	630	107,176	60,402.99
22	21	607,456	3,343	105,365	580	104,785	57,381.16
23	22	635,440	3,343	101,397	533	100,863	52,880.09
24	23	668,104	3,343	98,076	491	97,586	49,068.95
25	24	698,674	3,343	94,355	451	93,904	44,896.15

IS 18 Tasa de descuento 5.0 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,184	-3,184	-19,406.81
3	2	0	3,343	0	3,032	-3,032	-22,439.01
4	3	5,637	3,343	4,869	2,888	1,982	-20,457.45
5	4	13,991	3,343	11,510	2,750	8,760	-16,566.78
6	5	25,895	3,343	20,290	2,619	17,670	-10,406.90
7	6	42,388	3,343	31,631	2,495	29,136	-1,560.50
8	7	64,955	3,343	46,162	2,376	43,786	10,595.21
9	8	94,350	3,343	63,860	2,263	61,597	26,030.51
10	9	129,066	3,343	83,197	2,155	81,042	43,212.66
11	10	162,538	3,343	99,784	2,052	97,732	57,747.42
12	11	210,508	3,343	123,080	1,955	121,125	79,088.22
13	12	256,052	3,343	142,579	1,862	140,718	96,726.22
14	13	310,723	3,343	164,783	1,773	163,010	117,157.21
15	14	358,405	3,343	181,019	1,688	179,331	131,704.92
16	15	401,895	3,343	193,318	1,608	191,710	142,396.23
17	16	447,740	3,343	205,115	1,531	203,583	152,661.08
18	17	507,360	3,343	221,359	1,459	219,901	167,447.09
19	18	543,846	3,343	225,979	1,389	224,590	170,678.09
20	19	583,176	3,343	230,782	1,323	229,459	174,158.14
21	20	620,117	3,343	233,716	1,260	232,456	175,831.47
22	21	650,055	3,343	233,332	1,200	232,132	174,248.19
23	22	683,614	3,343	233,693	1,143	232,550	173,466.36
24	23	708,591	3,343	230,697	1,088	229,609	169,381.61
25	24	739,258	3,343	229,220	1,037	228,184	166,868.40

IS 18 Tasa de descuento 6.8 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VAN	VANA
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,130	-3,130	-19,353.15
3	2	0	3,343	0	2,931	-2,931	-22,284.00
4	3	5,637	3,343	4,627	2,744	1,883	-20,400.95
5	4	13,991	3,343	10,754	2,570	8,184	-16,844.00
6	5	25,895	3,343	18,636	2,406	16,231	-11,367.26
7	6	42,388	3,343	28,564	2,253	26,311	-3,692.68

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VAN	VANA
8	7	64,955	3,343	40,984	2,109	38,874	6,618.03
9	8	94,350	3,343	55,741	1,975	53,766	19,400.14
10	9	129,066	3,343	71,395	1,849	69,546	33,205.52
11	10	162,538	3,343	84,186	1,732	82,455	44,264.99
12	11	210,508	3,343	102,090	1,621	100,469	60,547.59
13	12	256,052	3,343	116,271	1,518	114,753	73,210.50
14	13	310,723	3,343	132,113	1,421	130,692	87,631.26
15	14	358,405	3,343	142,685	1,331	141,354	96,871.56
16	15	401,895	3,343	149,811	1,246	148,565	102,751.94
17	16	447,740	3,343	156,274	1,167	155,107	108,047.66
18	17	507,360	3,343	165,808	1,093	164,715	116,489.19
19	18	543,846	3,343	166,415	1,023	165,393	116,074.05
20	19	583,176	3,343	167,088	958	166,130	115,788.88
21	20	620,117	3,343	166,360	897	165,463	114,163.87
22	21	650,055	3,343	163,288	840	162,448	110,252.06
23	22	683,614	3,343	160,784	786	159,998	106,962.10
24	23	708,591	3,343	156,048	736	155,311	101,489.26
25	24	739,258	3,343	152,435	689	151,746	97,187.92

IS 18 Tasa de descuento 8.7 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VAN	VANA
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,075	-3,075	-19,298.44
3	2	0	3,343	0	2,829	-2,829	-22,127.73
4	3	5,637	3,343	4,389	2,603	1,786	-20,341.70
5	4	13,991	3,343	10,021	2,395	7,627	-17,103.72
6	5	25,895	3,343	17,064	2,203	14,861	-12,264.34
7	6	42,388	3,343	25,696	2,027	23,669	-5,658.54
8	7	64,955	3,343	36,225	1,864	34,360	3,005.72
9	8	94,350	3,343	48,407	1,715	46,692	13,472.87
10	9	129,066	3,343	60,918	1,578	59,340	24,406.17
11	10	162,538	3,343	70,576	1,452	69,125	32,612.90
12	11	210,508	3,343	84,090	1,335	82,754	44,790.93
13	12	256,052	3,343	94,096	1,229	92,868	53,568.98
14	13	310,723	3,343	105,048	1,130	103,918	63,390.72
15	14	358,405	3,343	111,471	1,040	110,431	68,773.44

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VAN	VANA
16	15	401,895	3,343	114,993	957	114,036	71,338.69
17	16	447,740	3,343	117,856	880	116,976	73,322.56
18	17	507,360	3,343	122,861	810	122,051	77,517.55
19	18	543,846	3,343	121,156	745	120,411	75,067.79
20	19	583,176	3,343	119,519	685	118,834	72,746.09
21	20	620,117	3,343	116,918	630	116,288	69,514.91
22	21	650,055	3,343	112,753	580	112,174	64,770.08
23	22	683,614	3,343	109,084	533	108,551	60,567.16
24	23	708,591	3,343	104,020	491	103,529	55,012.30
25	24	739,258	3,343	99,836	451	99,385	50,376.99

IS 20 Tasa de descuento 5.0 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,184	-3,184	-19,406.81
3	2	33	3,343	30	3,032	-3,002	-22,409.09
4	3	8,169	3,343	7,056	2,888	4,169	-18,270.42
5	4	18,166	3,343	14,945	2,750	12,195	-13,132.16
6	5	32,943	3,343	25,812	2,619	23,193	-4,884.44
7	6	53,479	3,343	39,907	2,495	37,412	6,715.70
8	7	81,884	3,343	58,193	2,376	55,817	22,626.23
9	8	116,875	3,343	79,106	2,263	76,843	41,276.37
10	9	156,248	3,343	100,719	2,155	98,564	60,734.52
11	10	192,397	3,343	118,115	2,052	116,063	76,078.26
12	11	247,184	3,343	144,523	1,955	142,569	100,532.09
13	12	304,052	3,343	169,308	1,862	167,446	123,454.87
14	13	353,611	3,343	187,528	1,773	185,755	139,901.97
15	14	399,828	3,343	201,940	1,688	200,252	152,626.08
16	15	447,234	3,343	215,127	1,608	213,519	164,204.88
17	16	509,121	3,343	233,234	1,531	231,703	180,780.61
18	17	547,837	3,343	239,019	1,459	237,561	185,107.06
19	18	588,170	3,343	244,397	1,389	243,008	189,095.39
20	19	621,048	3,343	245,770	1,323	244,447	189,145.41
21	20	657,643	3,343	247,859	1,260	246,599	189,974.63
22	21	691,762	3,343	248,303	1,200	247,103	189,218.58
23	22	718,264	3,343	245,539	1,143	244,396	185,311.69

24	23	749,281	3,343	243,944	1,088	242,856	182,629.13
25	24	771,056	3,343	239,080	1,037	238,043	176,727.86

IS 20 Tasa de descuento 6.8 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,130	-3,130	-19,353.15
3	2	33	3,343	29	2,931	-2,902	-22,255.09
4	3	8,169	3,343	6,706	2,744	3,961	-18,322.65
5	4	18,166	3,343	13,963	2,570	11,393	-13,635.14
6	5	32,943	3,343	23,709	2,406	21,303	-6,294.75
7	6	53,479	3,343	36,037	2,253	33,785	3,781.09
8	7	81,884	3,343	51,665	2,109	49,556	17,299.44
9	8	116,875	3,343	69,048	1,975	67,073	32,707.63
10	9	156,248	3,343	86,432	1,849	84,583	48,241.88
11	10	192,397	3,343	99,652	1,732	97,920	59,730.45
12	11	247,184	3,343	119,877	1,621	118,256	78,334.54
13	12	304,052	3,343	138,068	1,518	136,550	95,007.35
14	13	353,611	3,343	150,349	1,421	148,927	105,866.69
15	14	399,828	3,343	159,175	1,331	157,844	113,362.24
16	15	447,234	3,343	166,712	1,246	165,465	119,652.43
17	16	509,121	3,343	177,697	1,167	176,531	129,471.47
18	17	547,837	3,343	179,036	1,093	177,943	129,717.27
19	18	588,170	3,343	179,978	1,023	178,955	129,636.89
20	19	621,048	3,343	177,939	958	176,981	126,639.77
21	20	657,643	3,343	176,427	897	175,530	124,231.04
22	21	691,762	3,343	173,764	840	172,925	120,728.46
23	22	718,264	3,343	168,934	786	168,148	115,111.85
24	23	749,281	3,343	165,008	736	164,272	110,450.12
25	24	771,056	3,343	158,992	689	158,303	103,744.63

IS 20 Tasa de descuento 8.7 %

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
1	0	0	16,223	0	16,223	-16,223	-16,223.00
2	1	0	3,343	0	3,075	-3,075	-19,298.44
3	2	33	3,343	28	2,829	-2,801	-22,099.81

Edad	Año de operación	VP	CC	VPA	CA	VANa	VAN
4	3	8,169	3,343	6,360	2,603	3,757	-18,370.49
5	4	18,166	3,343	13,012	2,395	10,617	-14,113.40
6	5	32,943	3,343	21,708	2,203	19,505	-7,619.92
7	6	53,479	3,343	32,419	2,027	30,393	1,064.87
8	7	81,884	3,343	45,666	1,864	43,801	12,446.77
9	8	116,875	3,343	59,963	1,715	58,248	25,029.47
10	9	156,248	3,343	73,748	1,578	72,170	37,235.92
11	10	192,397	3,343	83,542	1,452	82,090	45,578.12
12	11	247,184	3,343	98,741	1,335	97,405	59,441.69
13	12	304,052	3,343	111,736	1,229	110,508	71,208.80
14	13	353,611	3,343	119,548	1,130	118,418	77,890.40
15	14	399,828	3,343	124,354	1,040	123,314	81,656.60
16	15	447,234	3,343	127,965	957	127,009	84,311.23
17	16	509,121	3,343	134,013	880	133,134	89,479.68
18	17	547,837	3,343	132,663	810	131,853	87,319.35
19	18	588,170	3,343	131,030	745	130,285	84,941.98
20	19	621,048	3,343	127,281	685	126,596	80,507.81
21	20	657,643	3,343	123,994	630	123,363	76,590.16
22	21	691,762	3,343	119,988	580	119,408	72,004.24
23	22	718,264	3,343	114,613	533	114,080	66,096.36
24	23	749,281	3,343	109,993	491	109,502	60,985.53
25	24	771,056	3,343	104,130	451	103,679	54,671.24