

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSTGRADO

RECIBIDO
18 DIC 1998

**ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS MEDIOS, CONVENIENCIA Y VIABILIDAD
FINANCIERA EN EL MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE CONIFERAS:
UNA APLICACIÓN PARA LOS INCENTIVOS PARA EL MANEJO FORESTAL
EN GUATEMALA**

POR

MARIO EDDY DIAZ VISQUERRA



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

RECIBIDO

**ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS MEDIOS, CONVENIENCIA Y VIABILIDAD
FINANCIERA EN EL MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE CONÍFERAS:
UNA APLICACIÓN PARA LOS INCENTIVOS PARA EL MANEJO FORESTAL
EN GUATEMALA**

**Por :
Mario Eddy Díaz Visquera**

Turrialba, agosto de 1998

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Juan A. Aguirre
Profesor Consejero

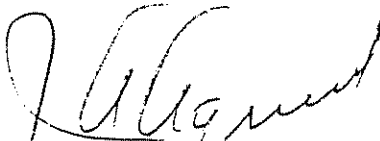


José Joaquín Campos
Miembro Comité Asesor

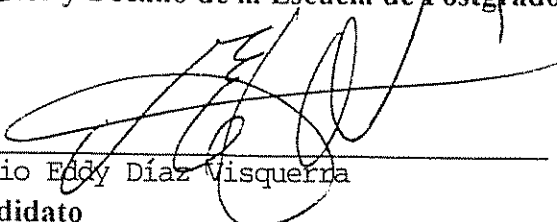


Manuel Gómez
Miembro Comité Asesor

Octavio Ramírez
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre
Director y Decano de la Escuela de Postgrado



Mario Eddy Díaz Visquerria
Candidato

*La presente tesis está dedicada a la memoria del Ing. M Sc. Luis Ortiz
Quien alimentó fuertemente mi inquietud por realizar mis estudios de Posgrado; y al
mismo tiempo, contribuyó de manera significativa en la construcción de las bases
conceptuales y metodológicas del modelo de manejo de bosques naturales de coníferas
del estudio.*

*A Dios
Por guiarme y acompañarme en cada momento de mi vida*

A mi esposa Karla Lissette e hijas Andrea, Alejandra y Génesis, quienes aceptaron sacrificar tantas horas que les pertenecían, y que les fueron sustraídas en la absorbente tarea de culminar mis estudios de Posgrado.

*A mi madre
Alma Angelina Visquerra
Símbolo de abnegación y apoyo incondicional*

*A mi padre
Mario René Díaz López*

*A mis hermanos
Especialmente a Milton René Díaz Visquerra
Por su apoyo y estímulo*

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias a la ayuda de muchas personas, de las cuales quiero agradecer de manera especial:

Al Programa de Becas Mutis de la Agencia Española de Cooperación Internacional por la beca otorgada para hacer posible mis estudios de Maestría.

Al Programa de Incentivos Forestales –PINFOR-, del Instituto Nacional de Bosques de Guatemala por el apoyo brindado durante la etapa de campo.

Al Plan de Acción Forestal para Guatemala –PAFG-, por la colaboración y disposición para la realización de este trabajo.

Al Ph. D. Octavio Ramírez, por su constante colaboración en la dirección de la investigación.

Al Ph. D. Juan Antonio Aguirre, por toda su comprensión, apoyo y sabia orientación.

A los miembros de mi Comité Asesor: M.Sc. Manuel Gómez, Ph.D. José Joaquín Campos y Ph. D. Juan Carlos Méndez por su valiosa colaboración, orientación y amistad.

A mis compañeros del Programa de Maestría por toda la amistad y apoyo brindado.

INDICE

| Contenido | pág. |
|---|------|
| I INTRODUCCION | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.3 HIPOTESIS..... | 4 |
| II REVISION DE LITERATURA | 5 |
| 2.1 Manejo sostenible de los bosques naturales..... | 5 |
| 2.1.1 Definición de sostenibilidad..... | 5 |
| 2.1.2 Sostenibilidad en el manejo de los bosques naturales..... | 6 |
| 2.1.3 Condiciones necesarias y principales restricciones en el manejo sostenible de los bosques naturales..... | 9 |
| 2.2 Aspectos económicos y financieros de manejo de bosques naturales..... | 13 |
| 2.2.1 Indicadores financieros..... | 16 |
| 2.2.2 Determinación de los costos del manejo forestal..... | 20 |
| 2.3 Los incentivos forestales como herramienta de política..... | 24 |
| 2.3.1 Definición de incentivos forestales..... | 24 |
| 2.3.2 Principio de los incentivos como instrumento económico..... | 26 |
| 2.3.3 Clasificación general de los incentivos..... | 29 |
| 2.3.4 Criterio para evaluación de los incentivos..... | 32 |
| 2.3.5 marco legal e institucional para los incentivos forestales en Guatemala..... | 35 |
| III MATERIALES Y METODOS | 40 |
| 3.1 Descripción del área de estudio y de los bosques de coníferas de Guatemala..... | 40 |
| 3.2 Metodología..... | 42 |
| 3.2.1 <i>PRIMERA ETAPA</i> | 42 |
| Definición e identificación de un modelo para el manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala..... | 42 |
| 3.2.2 <i>SEGUNDA ETAPA</i> | 44 |
| Determinación de los costos medios por hectárea..... | 44 |
| Tamaño y selección de la muestra..... | 44 |
| Recolección de la información..... | 46 |
| Estructura de los costos medios..... | 46 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.2.3 | TERCERA ETAPA..... | 49 |
| | Análisis financiero del manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala..... | 49 |
| 3.2.4 | CUARTA ETAPA..... | 51 |
| IV | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 53 |
| 4.1 | Definición del modelo para el manejo sostenible de los bosques naturales de coníferas..... | 53 |
| 4.1.1 | Definición de criterios e indicadores de sostenibilidad en el manejo de bosques naturales de coníferas..... | 55 |
| 4.1.2 | modelo de manejo forestal sostenible en bosques naturales de coníferas..... | 59 |
| 4.2 | Determinación de los costos medios por hectárea en el manejo de bosques de naturales de coníferas..... | 68 |
| 4.2.1 | Estructura de los costos por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas..... | 70 |
| 4.2.1.1 | Estructura de los costos por hectárea en el manejo de bosque naturales de coníferas, por especie y por calidad de sitio..... | 74 |
| 4.2.1.2 | Implicaciones de los modelos estimados..... | 84 |
| 4.3 | Análisis financiero del manejo sostenible de los bosques naturales de coníferas..... | 87 |
| 4.3.1 | Análisis de la conveniencia financiera en las inversiones de manejo de bosques naturales de coníferas, a través de la proyección del valor actual neto por hectárea, por especie y por calidad de sitio..... | 94 |
| 4.3.2 | Análisis de la viabilidad financiera en el manejo de bosques naturales de coníferas..... | 108 |
| 4.3.2.1 | Estimación del punto de equilibrio entre los ingresos-egresos en los diferentes estados de desarrollo..... | 115 |
| 4.4 | Propuesta de modelos cuantitativos como base para definir montos y momentos de desembolso para los Incentivos al Manejo de los Bosques Naturales de Coníferas..... | 153 |
| V | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 158 |
| VI | BIBLIOGRAFIA..... | 162 |
| VII | ANEXOS..... | 167 |

LISTA DE CUADROS

| | | |
|----------------------|---|----|
| Cuadro No.1. | Criterios e indicadores del manejo sostenible de bosques naturales de coníferas. | 57 |
| Cuadro No. 2 | Modelo de manejo de bosque natural de la especie <i>Pinus pseudostrobus</i> , durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio I. | 65 |
| Cuadro No. 3 | Modelo de manejo de bosque natural de la especie <i>Pinus pseudostrobus</i> , durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio II. | 65 |
| Cuadro No. 4 | Modelo de manejo de bosque natural de la especie <i>Pinus pseudostrobus</i> , durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio III. | 66 |
| Cuadro No. 5 | Modelo de manejo de bosque natural de la especie <i>Pinus oocarpa</i> , durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio I. | 66 |
| Cuadro No. 6 | Modelo de manejo de bosque natural de la especie <i>Pinus oocarpa</i> , durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio II. | 67 |
| Cuadro No. 7 | Modelo de manejo de bosque natural de la especie <i>Pinus oocarpa</i> , durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio III. | 67 |
| Cuadro No. 8 | Clasificación y descripción de los costos en el manejo de bosques naturales de coníferas. | 68 |
| Cuadro No. 9 | Modelos probados de la relación costos medios por ha y tamaño de la finca bajo manejo, según los diferentes escenarios. | 70 |
| Cuadro No. 10 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo (4.1) | 71 |
| Cuadro No. 11 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo de costos medios <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena. | 74 |
| Cuadro No. 12 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo de costos medios <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena. | 76 |

| | | |
|----------------------|---|-----|
| Cuadro No. 13 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo de costos medios <i>P. pseudostrabus</i> en calidad de sitio mala. | 78 |
| Cuadro No. 14 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo de costos medios <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena. | 89 |
| Cuadro No. 15 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo de costos medios <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular. | 81 |
| Cuadro No. 16 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo de costos medios <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala. | 83 |
| Cuadro No. 17 | Resultado del Valor Actual Neto por hectárea del análisis financiero del manejo de bosques naturales de coníferas, bajo los seis diferentes escenarios planteados, según la calidad de sitio y especie. | 89 |
| Cuadro No. 18 | Modelos probados de la relación del Valor Actual Neto por hectárea y tamaño de la finca bajo manejo, según los diferentes escenarios. | 90 |
| Cuadro No. 19 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo (4.2) | 91 |
| Cuadro No. 20 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo para proyección del VAN por ha <i>P. pseudostrabus</i> , calidad de sitio buena | 95 |
| Cuadro No. 21 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo para proyección del VAN por ha <i>P. pseudostrabus</i> , calidad de sitio regular | 97 |
| Cuadro No. 22 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo para proyección del Van por ha <i>P. pseudostrabus</i> , calidad de sitio mala | 99 |
| Cuadro No. 23 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo para proyección del Van por ha <i>P. oocarpa</i> , calidad de sitio buena | 101 |
| Cuadro No. 24 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo para proyección del Van por ha <i>P. oocarpa</i> , calidad de sitio regular | 103 |
| Cuadro No. 25 | Resumen de las estadísticas de regresión del modelo para proyección del Van por ha <i>P. oocarpa</i> , calidad de sitio mala | 105 |

| | | |
|----------------------|--|-----|
| Cuadro No. 26 | Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> , desarrollado en calidad de sitio buena, según los estados de desarrollo de la masa arbórea | 109 |
| Cuadro No. 27 | Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> , desarrollado en calidad de sitio regular, según los estados de desarrollo de la masa arbórea | 110 |
| Cuadro No. 28 | Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> , desarrollado en calidad de sitio mala, según los estados de desarrollo de la masa arbórea. | 111 |
| Cuadro No. 29 | Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> , desarrollado en calidad de sitio buena, según los estados de desarrollo de la masa arbórea. | 112 |
| Cuadro No. 30 | Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> , desarrollado en calidad de sitio regular, según los estados de desarrollo de la masa arbórea. | 113 |
| Cuadro No. 31 | Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> , desarrollado en calidad de sitio mala, según los estados de desarrollo de la masa arbórea. | 114 |
| Cuadro No. 32 | Bases para definir los montos y momentos del desembolso del incentivos forestales <i>P. pseudostrobus</i> | 155 |
| Cuadro No. 33 | Bases para definir los montos y momentos del desembolso del incentivos forestales <i>P. oocarpa</i> | 156 |

LISTADO DE GRAFICAS

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| Figura No. 1 | Modelo de manejo de bosque natural de Coníferas | 61 |
| Figura No. 2: | Volumen del rodal de <i>Pino pseudostrobus</i> en calidad de sitio I, durante todo el ciclo de rotación, según los tratamientos silviculturales aplicados en los distintos estados de desarrollo. | 64 |
| Figura No. 3. | Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena. | 75 |
| Figura No. 4. | Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio regular. | 77 |
| Figura No. 5. | Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala. | 78 |
| Figura No. 6. | Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena. | 80 |
| Figura No. 7. | Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular. | 82 |
| Figura No. 8. | Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala. | 84 |
| Figura No. 9. | Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena. | 96 |
| Figura No. 10. | Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio regular. | 98 |
| Figura No. 11. | Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala. | 100 |

| | |
|---|-----|
| Figura No. 12. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena. | 102 |
| Figura No. 13. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular. | 104 |
| Figura No. 14. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala. | 106 |
| Figura No. 15. Proyección de los Ingresos-Egresos Acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena (latizal) | 116 |
| Figura No. 16. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena (latizal) | 117 |
| Figura No. 17. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena (joven) | 119 |
| Figura No. 18. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio buena (joven) | 120 |
| Figura No. 19. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio regular (latizal) | 121 |
| Figura No. 20. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio regular (latizal). | 122 |
| Figura No. 21. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio regular (joven). | 124 |

| | |
|---|-----|
| Figura No. 22. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio regular (joven). | 125 |
| Figura No. 23. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala (latizal). | 126 |
| Figura No. 24. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala (latizal). | 127 |
| Figura No. 25. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala (joven). | 129 |
| Figura No. 26. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala (joven). | 130 |
| Figura No. 27. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. pseudostrobus</i> en calidad de sitio mala (mediano). | 131 |
| Figura No. 28. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena (latizal). | 133 |
| Figura No. 29. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena (latizal). | 134 |
| Figura No. 30. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena (joven). | 135 |
| Figura No. 31. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena (joven). | 136 |
| Figura No. 32. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio buena (mediano). | 138 |

| | |
|--|-----|
| Figura No. 33. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular (latizal). | 140 |
| Figura No. 34. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular (latizal) | 140 |
| Figura No. 35. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular (joven). | 142 |
| Figura No. 36. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular (joven) | 143 |
| Figura No. 37. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio regular (mediano). | 144 |
| Figura No. 38. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala (latizal). | 146 |
| Figura No. 39. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala (latizal) | 147 |
| Figura No. 40. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala (joven). | 148 |
| Figura No. 41. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala (joven) | 149 |
| Figura No. 42. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala (mediano). | 151 |
| Figura No. 43. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el manejo de bosques de <i>P. oocarpa</i> en calidad de sitio mala (mediano) | 152 |

Díaz, V., M. 1998. *Estimación de los costos medios, conveniencia y viabilidad financiera en el manejo de bosques naturales de coníferas: una aplicación para los incentivos para el manejo forestal en Guatemala*. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 168 p.

Palabras claves: Bosques de coníferas en Guatemala, Manejo de bosques naturales, criterios e indicadores de sostenibilidad, costos medios, conveniencia financiera, viabilidad financiera, incentivos forestales.

RESUMEN

El deterioro del ambiente, causado por la deforestación, y consecuentemente, sobre el potencial del desarrollo económico, es de tal magnitud y persistencia en Guatemala, que es imperativo tomar medidas y orientar recursos para atenuar la pérdida de la cobertura arbórea en cantidad y calidad, recuperar las áreas deforestadas y conservar los bosques aún existentes. La solución no radica en eliminar totalmente la tala del bosque, sino en buscar un nivel de aprovechamiento del recurso acorde con las expectativas y requerimientos de desarrollo de las sociedades, junto con la necesidad biológica de este

El nuevo entorno legal e institucional en Guatemala, debido a la aprobación de una nueva Ley Forestal (Decreto Legislativo 101-96) y con ella la creación del Instituto Nacional de Bosques, pretende dentro de sus objetivos, incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a un manejo racional y sostenido, de acuerdo con su potencial biológico y económico. Para la consecución de este objetivo se desea estimular a los propietarios de tierras con bosques naturales, mediante de un incentivo forestal, para que los manejen sosteniblemente.

En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo general, definir la estructura de los costos medios, conveniencia y viabilidad financiera del manejo de bosques naturales de coníferas, según el tamaño del bosque, especie, calidad de sitio y estado de desarrollo de la masa arbórea, con el fin de establecer las bases para definir los montos y momentos de desembolso del incentivo forestal a ser otorgado por el gobierno de Guatemala.

La investigación se realizó en cuatro etapas, conectadas consecutivamente y que comprendieron:

- Definir un modelo de manejo de bosques naturales de coníferas como marco de análisis económico, el cual consideró el turno de rotación y, al mismo tiempo, buscar la sostenibilidad del recurso.
- Determinar la estructura de los costos medios en la ejecución del manejo, por medio de modelos econométricos.
- Realizar el análisis financiero para determinar la conveniencia y viabilidad de la actividad; y

- Formular los modelos cuantitativos como base para definir los montos y modalidades de desembolso del incentivo forestal.

Las anteriores etapas, tomaron en cuenta factores como el tamaño del bosque a manejar y su estado de desarrollo, la calidad del sitio y la especie predominante.

En relación con la estructura de los costos medios, se pudo comprobar mediante el modelo econométrico doble logaritmo que las variables: área bajo manejo, especie y calidad de sitio consideradas en el modelo, explican significativamente los costos medios. Según los resultados, economías de tamaño tienen lugar, ya que se pudo demostrar que conforme aumentó el tamaño del área de producción, los costos por unidad de área tendieron a disminuir.

Al igual que en el caso anterior, con el análisis de regresión se proyectó el Valor Actual Neto por hectárea, y se logró determinar que este indicador financiero está fuertemente influenciado no solamente por la variable cuantitativa área bajo manejo, sino también por las variables cualitativas de calidad de sitio y especie predominante. Con base en lo anterior, se concluye que la clase de sitio tiene una fuerte influencia sobre la rentabilidad financiera de las inversiones forestales.

Sobre la base de los resultados del análisis financiero en los diferentes escenarios evaluados, se concluye que a pesar que fincas bajo manejo presentaron conveniencia financiera, el análisis de liquidez financiera resaltó serias limitaciones en las inversiones, principalmente, en las primeras etapas de desarrollo. Con estos resultados se confirma que las inversiones forestales se caracterizan por requerir sumas moderadas de dinero en un futuro inmediato, a cambio de sumas de mayor magnitud en un futuro distante, y es aquí, donde el valor del dinero a través del tiempo se convierte en un factor de evaluación importante. Estas limitaciones de liquidez, fueron mayores en los sitios de menor calidad y para la especie *P. oocarpa*.

En términos generales, la investigación fundamenta la propuesta de los montos y modalidades de desembolso del incentivo forestal en el manejo de bosques naturales de coníferas, por la vía de lograr la liquidez en los estados de desarrollo de la masa arbórea donde ésta es negativa. Sin embargo, la aplicación de la propuesta lograría dos propósitos: que la inversión forestal sea viable financieramente y aumentar la tasa de rentabilidad de la inversión, lo cual aumentaría la conveniencia financiera, principalmente, aquellas donde su valor fue bajo.

Diaz, V. M. 1998. Estimation of the average cost, suitability and financial feasibility of the management of native coniferous forests: an application for incentives for forest management in Guatemala. M.Sc. Thesis, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 168 p

Keywords: Coniferous forests in Guatemala, management of native forests, criteria and indicators of sustainability, average costs, financial suitability, financial feasibility, forestry incentives.

SUMMARY

The deterioration of the environment, caused by deforestation, and consequently, the potential for economic development, is of great magnitude and persistence in Guatemala. It is imperative to take measures and to orient resources towards reducing the loss of arboreal cover in both quantity and quality, to recover deforested areas and to conserve the forests still existing. The solution is not to radically eliminate totally the felling of trees, but to search for an acceptable level of resource in accordance with the expectations and requirements of development of the society together with the necessary biological considerations.

The new legal and institutional environment in Guatemala, due to the approval of a new Forestry Law (Legislative Decree 101-96) and with the creation of the National Forestry Institute, pretend to as part of their objectives, to increase the productivity of the existing forests, in a rational and sustained manner, in accordance with the biological and economic potential. The achievement of this objective could be met by stimulating the Proprietors of land with native forests, by means of a forestry incentive scheme to sustainably manage these forests.

In this sense, the present work undertook as a general objective, to define the average cost structure, suitability and financial feasibility of the management of native coniferous forests, according to the size of the forest, the species and the quality of the site and state of development of the arboreal mass, with the end to establish the basis for defining the amount and moment to disburse the forestry incentive to be granted by the Government of Guatemala.

The investigation was realized in four stages, connected consecutively and logically:

- To define a management model of native coniferous forests as a form of economic analysis, which considered the shift of rotation and, at the same time, searching for resource sustainability.
- To determine the structure of the average costs in the management execution, by means of econometric models.
- To realize financial analysis to determine the suitability and feasibility of the activity; and
- To formulate quantitative models as a base to define the amount and modalities of the disbursement of the forestry incentive.

The stages mentioned before took into account factors such as the size of the forest to manage and its stage of development, the quality of the site and the predominant species.

In relation to the average cost structure, it could be proven, through the econometric double logarithmic model, that the variables: area under management, species and site quality considered in the model, explained significantly the average costs. According to the results, economies of scale in place, it can be demonstrated that size increase conformed to the area of production, the cost per unit area tending to decrease.

The same occurred as in the case before, with the analysis of regression of the projected Net Present Value per hectare. This financial indicator was strongly influenced not only by the quantitative variable, area under management, but also by the qualitative variables of site quality and predominant species. Based on the foregoing, it can be concluded that site has a strong influence on the financial profitability of forestry investments.

On the basis of the results of the financial analyses in the different scenarios evaluated, it can be concluded that in spite that the farms under management presented financial suitability, the analysis of financial liquidity emphasized serious limitations in the investment, principally, in the first stages of development. With these results, it can be confirmed that the forestry investments can be characterized as requiring moderate sums of money in the immediate future, the sums to change to greater magnitude in the distant future, and here is where the value of money over time can be converted as an important evaluation factor. These limitations of liquidity were major in the sites of lower quality and for the species *P. oocarpa*.

In general terms, the investigation provided grounds for the amount and modalities of disbursement of the forestry incentives in the management of native coniferous forests, through the achievement of liquidity in the states of development of the arboreal mass where this is negative. Nevertheless, the application of the proposal can achieve two aims: that the forestry investment could be financial viable and can increase the rate of profitability of the investment, which could increase the financial suitability, principally, those which have low value.

I. INTRODUCCION

Según el perfil ambiental para Guatemala (URL 1987), las tierras con capacidad de sostener a la agricultura representan 28758 km²; es decir, el 26,4% del territorio total. Las tierras de vocación forestal corresponden a un 72,6%, de las cuales según sus características el 21,4% son aptas para pastos, cultivos permanentes y producción forestal; el 37,1% son eminentemente aptas para producción forestal (bosques productores). Las tierras que deberían ser destinadas para la conservación (bosques protectores) abarcan el 14,1 por ciento.

Bajo este contexto, se puede afirmar que Guatemala es un país de vocación forestal, donde el manejo de los bosques, debería ser considerado como una de las actividades económicas y sociales más importantes. Sin embargo, el uso que en la actualidad se le dá a la mayoría de los suelos del territorio guatemalteco, no es congruente con su capacidad de uso. El diagnóstico forestal de 1996 para Guatemala, reporta tasas de deforestación anual de 90000 ha y tasas estimadas de reforestación no mayores de 4000 ha; es decir, que existe un déficit anual de 86000 hectáreas. Aunado a esta situación, existe una explotación selectiva de los individuos con mejores características morfológicas, con fines comerciales, dejando en la masa forestal remanente árboles torcidos, enfermos o mal conformados, lo cual ha provocado una degradación genética del recurso.

El deterioro del ambiente, causado por la deforestación y, consecuentemente, sobre el potencial para el desarrollo económico, es de tal magnitud y persistencia en Guatemala, que es imperativo tomar medidas y orientar recursos para atenuar la pérdida de la cobertura arbórea en cuanto a cantidad y calidad, recuperar las áreas deforestadas y conservar los bosques que todavía existen. La solución no radica en eliminar totalmente la tala del bosque, sino en buscar un nivel de aprovechamiento sostenible del recurso acorde con las expectativas y requerimientos de desarrollo de las sociedades, junto con la necesidad biológica de éste.

En los últimos años, la actividad forestal en Guatemala ha adquirido gran relevancia tras la creciente preocupación de políticos, instituciones, otros grupos interesados y del público en general, sobre el destino de los bosques. Hoy en día esto se ve manifiesto por la aprobación de una nueva Ley Forestal (Decreto Legislativo 101-96) y con ella la creación del Instituto Nacional de Bosques

Este nuevo entorno legal e institucional pretende, dentro de sus objetivos, incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a un manejo racional y sostenible, de acuerdo con su potencial biológico y económico. Para la consecución de este objetivo se desea estimular a los propietarios de tierras con bosques naturales, mediante un incentivo forestal, para que los manejen sosteniblemente. Para operativizar esta herramienta, la Junta Directiva del Instituto Nacional de Bosques será la responsable de determinar los montos anuales de los incentivos por hectárea, por región y por especie, con base en los costos reales del manejo de los bosques.

La tarea de establecer condiciones favorables para que la inversión privada ocurra, requiere una buena planificación y diseño de instrumentos para la aplicación de los incentivos forestales. Esta no es una tarea fácil, por cuanto necesita procesos de investigación profundos a diferentes niveles. En este sentido, el presente estudio estuvo orientado a la formulación de modelos cuantitativos que servirán de base para determinar los montos propuestos de los incentivos forestales para el manejo de bosques naturales de coníferas en Guatemala, según el tamaño del bosque, las especies prevalecientes, el índice del sitio y el estado de desarrollo que se encuentra el bosque.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

General

- El presente trabajo tuvo como objetivo general definir los costos e ingresos medios, conveniencia y viabilidad financiera del manejo de bosques naturales de coníferas, según el tamaño del bosque, especie, calidad de sitio y estado de desarrollo de la masa arbórea, con el fin de establecer las bases para definir los montos y modalidades de desembolso de los incentivos forestales a ser otorgados por el Gobierno de Guatemala. Con base a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Específicos

- Definir un modelo de manejo de bosques naturales de coníferas, y establecer los criterios y actividades que propicien la producción sostenible del recurso.
- Determinar la estructura de los costos por hectárea de las principales actividades de aprovechamiento forestal, de los tratamientos silviculturales, y de administración, protección y vigilancia, necesarias para manejar sosteniblemente el bosque a largo plazo, así como los correspondientes ingresos.
- Determinar la rentabilidad del manejo de bosques naturales de coníferas, para identificar la factibilidad financiera de implementar un plan de manejo técnicamente sostenible, según el tamaño de la finca, especie predominante e índice de sitio.
- Formular y proponer los modelos cuantitativos como la base para determinar los montos y momentos de desembolso de los incentivos forestales que se otorgará para el manejo de bosques naturales de coníferas, según el tamaño del bosque a manejar, especies predominantes e índice de sitio.

1.3 HIPOTESIS

Los costos medios e ingresos esperados del manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala, variarán estadísticamente según el índice de sitio, la especies predominantes y el tamaño del bosque a ser manejado; lo cual influirá en el monto a ser otorgado mediante los incentivos forestales para los propietarios de bosques, si se desea fomentar que estos manejen el recurso sosteniblemente.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES NATURALES

2.1.1 Definición de sostenibilidad

La sostenibilidad es un concepto de moda; sin embargo, a diferencia de lo que sucede con otras modas, este concepto y la preocupación que se deriva del ambiente no puede pasar si es que al hombre le queda aún algo de instinto social de sobrevivencia (De Camino 1991).

La definición de sostenibilidad se debe aplicar a la parte de un sistema o a un fenómeno concreto, como el desarrollo económico, el desarrollo humano o el desarrollo de los recursos naturales. La palabra "sostenibilidad" aislada carece de sentido, pues no se relaciona con un esfuerzo o acción determinada o el uso de un recurso específico (De Camino y Muller 1993)

La definición más generalmente aceptada de sostenibilidad es la de la Comisión del Ambiente y Desarrollo: "Desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para alcanzar sus propias necesidades (WCED 1987). Sin embargo, aunque polemiza con los actuales niveles de consumo en el mundo desarrollado, esta definición no dá respuesta a lo que tiene que ser sostenible ; de tal manera que la popularidad de la definición de la Comisión puede deberse, al menos en parte, a que es tan amplia que está privada de significación operativa (Ruttan 1992, citado por Muller 1996).

Es importante reconocer que el concepto de sostenibilidad debe involucrar dimensiones económicas, ecológicas y sociales, las cuales son definidas por De Camino y Muller (1993) de la siguiente manera :

- **Sostenibilidad económica:** en el sentido de que el sistema en uso produce una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo para quien lo maneja, lo que hace atractivo continuar con dicho manejo en el tiempo;
- **Sostenibilidad social:** en el sentido de que el manejo y la organización son compatibles con los valores culturales y éticos del grupo involucrado y de la sociedad (equidad), lo que lo hace aceptable por esas comunidades u organizaciones y da continuidad al sistema en el tiempo.
- **Sostenibilidad ecológica:** en que el ecosistema en uso mantiene a través del tiempo las características fundamentales en cuanto a componentes e interacciones en forma indefinida.

Bajo la consideración anterior, se puede definir la sostenibilidad como una relación entre los sistemas económicos humanos dinámicos y los sistemas ecológicos más grandes, dinámicos, pero con cambios más lentos, en la cual la vida humana puede continuar indefinidamente, los seres humanos pueden prosperar, y las culturas humanas se pueden desarrollar. Sin embargo, en dicha relación, los efectos de las actividades humanas permanecen dentro de límites, de manera de no destruir la diversidad, complejidad y funcionamiento del sistema ecológico de soporte de la vida.

2.1.2 La sostenibilidad en el manejo de los bosques naturales

En los últimos años, la sostenibilidad del manejo de los bosques naturales es, sin duda, el tema que ha captado la mayor atención de investigadores, conservacionistas, decisores políticos y empresarios forestales. Más aún, algunos pronostican que, dada la magnitud de los problemas que sufrirá el planeta durante el inicio del nuevo milenio, el ambiente será el tema más importante en la arena de las relaciones internacionales. La tendencia es hacia una sociedad cada vez más interesada en las formas de uso de los recursos naturales. En el caso de los

bosques naturales tropicales, el manejo requerirá de un enfoque más interdisciplinario y de una mayor participación de los diversos sectores (Campos 1997).

En virtud de lo anterior, en primer término, es importante revisar qué se entiende por manejo forestal sostenible. La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) lo define como "el proceso de administrar en forma permanente, la tierra y de lograr uno o más objetivos claramente específicos, para alcanzar un flujo continuo de bienes y servicios deseados del bosque, sin una reducción indebida en sus valores inherentes ni en su productividad futura y sin efectos no deseables en el ambiente físico y social. Schmidt (1987) por su parte, lo define como el aprovechamiento controlado combinado con prácticas silviculturales para mantener o aumentar el valor de los rodales subsecuentes, todo dependiendo de la regeneración natural.

El concepto de manejo forestal científico ha sido equivalente al de manejo forestal sostenible. Sostenibilidad de una unidad forestal es la capacidad de producir, en forma permanente y óptima, madera, servicios de infraestructura y otros bienes y servicios para la utilización de las generaciones presentes y futuras (De Camino y Muller 1993).

Los diferentes conceptos de sostenibilidad presentados en la literatura muestran algunos elementos que son comunes para la sostenibilidad del manejo de los bosques naturales, tales como:

- hay una base de recursos finita, con valores y potenciales cuantificables y aprovechables y con valores no comerciables y no cuantificables directamente;
- la base del recurso debe permitir satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras;
- la base finita impone límites que impiden el crecimiento indefinido;

- la base del recurso puede ser ampliado por medio del cambio tecnológico e institucional y a través de la planificación de estrategias con escenarios futuros posibles; y
- es de vital importancia el número de personas cuyas necesidades actuales y futuras hay que satisfacer.

Campos (1997) en una revisión del tema, manifiesta que el común denominador de las diversas definiciones y propuestas del manejo forestal sostenible apunta a mantener el balance entre dos aspectos :

- integridad del ecosistema, y
- beneficios económicos.

Según De Camino (1991), un sistema puede ser perfectamente sostenible desde el punto de vista ecológico, sí:

- el número de especies del sistema no varía sustancialmente;
- no hay efectos negativos sustanciales sobre el suelo, ni en los nutrientes, ni en la estructura;
- el crecimiento y por lo tanto la producción se hacen bastante constantes en el tiempo;
- la naturaleza tiene tiempo de recuperación y no hay efectos sobre la producción del sistema, etc; y
- hay diversidad de la producción, lo que tiene ventajas ecológicas evidentes, como ocupación de todos los estratos aéreos y del subsuelo y estabilidad frente a los ataques de plagas y enfermedades.

Como se mencionó anteriormente, uno de los elementos fundamentales para promover el manejo forestal sostenible, es la sostenibilidad financiera de esta actividad. En primer lugar, hay que tener en cuenta que el manejo forestal sostenible debe ser una opción de uso de la tierra que compita favorablemente con los usos alternativos que han contribuido a la pérdida de la cobertura boscosa del país. Por otra parte, siendo el manejo forestal sostenible una actividad económica

a largo plazo, interesa que la sostenibilidad financiera sea también a largo plazo. Si bien en el corto plazo es más rentable la explotación forestal que no tienen en cuenta el estado futuro del bosque, es obvio que este tipo de uso debe estar fuera de toda consideración en un esquema de desarrollo sostenible (Campos 1997).

La rentabilidad del manejo forestal sostenible está asociado a muchos factores dentro y fuera del bosque. Entre los principales factores asociados al bosque mismo están el área total del bosque a manejar, el volumen y la calidad de la madera que se extrae, y la accesibilidad del bosque (Campos 1997).

Existe un sinnúmero de escenarios posibles para el manejo sostenido de bosques naturales, de los cuales algunos son más atractivos financieramente que otros. Por ejemplo, debe percibirse mayor ingreso cuando el dueño del bosque, ya sea agricultor o empresa maderera, procesa su madera y vende productos semielaborados o elaborados (Finegan et al. 1993).

2.1.3 Condiciones necesarias y principales restricciones en el manejo sostenible de los bosques naturales

Condiciones necesarias

Sólo se puede alcanzar un manejo sostenible del bosque si se cuenta con condiciones económicas, políticas y sociales favorables. Si bien existen problemas de carácter técnico, las cuestiones más amplias relacionadas con la tenencia de la tierra, el comercio y el desarrollo económico son las que presentan los mayores problemas. Los técnicos forestales no pueden establecer sistemas de manejo sostenible por si solos (Elliott 1991).

Las causas de mayor peso de la no adopción del manejo de bosques naturales tropicales son, más bien, de índole político, legal y socioeconómico. En este sentido, Finegan et al. (1993), hace una revisión del tema y ha identificado como necesarias seis condiciones para el manejo sostenible a largo plazo de bienes y servicios del bosque tropical. Se requiere, a saber de:

1. un planteamiento político y social bien fundamentado para la identificación de un patrimonio forestal nacional permanente, o sea, determinar zonas cuya conservación sea establecida en la política estatal, incluyendo tanto áreas de protección estricta como de manejo para fines de producción. En América Central, parte de los patrimonios forestales nacionales se ubicarán necesariamente en propiedades privadas y los políticos deben tener en cuenta los derechos como las necesidades de los dueños de bosque;
2. seguridad a largo plazo de la operación y de la tenencia;
3. mercado seguro para los productos del bosque;
4. ambiente financiero apropiado;
5. información adecuada para la identificación del patrimonio forestal y para la planificación y control de su manejo; y
6. recursos y el deseo para realizar un control real de las operaciones de parte de todos los involucrados a diferentes niveles.

Estas condiciones, que raras veces se presentan en los países tropicales, no son independientes. Por ejemplo, el deseo de la población en general de manejar sus bosques depende mucho de los beneficios concretos que reciben de ellos, que a su vez dependen del mercado para los productos del bosque (Finegan et al. 1993).

Principales restricciones

Es imprescindible identificar algunas de las restricciones de mayor importancia que operan sobre el manejo racional y sostenible de los bosques naturales. Estas restricciones impiden el desarrollo de un manejo forestal y reducen las posibilidades de éxito económico de las operaciones en bosques naturales.

De Camino (1989) dá algunos ejemplos de tales restricciones de la siguiente manera :

- Restricciones de la estructura de la demanda.
Sólo se utilizan los árboles de mayor dimensión de las mejores especies. Esto supone cortar muy poco volumen y, por lo tanto, los costos de infraestructura (vías de saca, caminos etc.) son muy altos por unidad de volumen.

Estas restricciones se pueden superar clasificando las especies por grupo de características similares, aprovechando más inteligentemente el bosque, incluyendo trozas cortas y ramas de diámetros menores. También utilizando mayores proporciones de maderas del bosque tropical en productos de fibra (celulosa), madera reconstruida (tableros) y combustible (leña y carbón), se lograría un mayor aprovechamiento por hectárea.

- Restricciones de productividad.
En condiciones de suelos muy frágiles y muy pobres, una alteración muy intensa del ecosistema tienen muchas veces consecuencias irreversibles; el aprovechamiento, además de alterar el bosque, produce efectos negativos sobre el suelo como la compactación.
- Restricciones de tecnología en la silvicultura.
Se ha dicho, muchas veces, que no se dispone de experiencia suficiente sobre sistemas silvícolas y tratamientos aplicables a diferentes asociaciones de bosques naturales tropicales, de manera que la segunda intervención es una incógnita en la que se desconoce la composición de especies y dimensiones. Sin embargo, hay ejemplos exitosos de manejo y metodologías que una vez aplicadas con rigor en pocos años, con una buena caracterización ecológica y análisis de comportamiento de los grupos de especies mas importantes, deben permitir resultados mucho mejores que los actuales.

- Restricciones por preferencia de liquidez

El sector privado, que ha estado explotando el bosque natural de los trópicos, tienen una preferencia de liquidez relativamente alta y, por lo tanto, sus horizontes de tiempo para planificar e invertir son muy cortas.

Se produce entonces el fenómeno de corta y abandono, ya que los períodos de corta recomendados exceden los períodos máximos que los privados consideran aceptables.

- Restricciones derivadas de los grupos de presión.

Hay una continua pugna entre los desarrollistas y los preservacionistas en nuestros países, como si uno y otro fuera ajeno a nuestra sociedad. Los unos tratan que se extraiga lo más posible del bosque, pensando sólo en utilidades máximas, mientras que los otros tratan de mantener intacto los bosques, sin considerar ni el bienestar de las poblaciones incluidas, ni las necesidades locales y nacionales. Si a esto se suma la falta de recursos de los Estados para controlar la explotación por parte de los primeros y evitar la invasión de tierra en áreas de protección, el único resultado es una pérdida continua de recursos de todo tipo.

- Restricciones de planificación.

Sin una planificación adecuada del uso de la tierra y proyectos de inversión bien elaborados y a la escala adecuada, es difícil salir de la crítica situación actual. Los proyectos en bosques naturales tropicales deben considerar el rendimiento sostenido de muchos bienes y servicios. En general, los planes de manejo no corresponden a proyectos de inversión con análisis económicos y financieros que permitan comparar la inversión en manejo forestal con otras alternativas de inversión.

En los demás sectores de la economía, los análisis son a plazos demasiado cortos y no consideran la sostenibilidad de los sistemas.

2.2 ASPECTOS ECONOMICOS Y FINANCIEROS DE MANEJO DE BOSQUES NATURALES

Debe tenerse presente la distinción entre evaluación "económica" y "financiera" en los procesos de valoración de proyectos de manejo forestal. El enfoque de un análisis económico es necesario para verificar que un proyecto en su conjunto rinde beneficios netos a la sociedad, mientras que se hace el análisis financiero para ver si los individuos pueden beneficiarse, y por lo tanto, cooperar con el proyecto, lo cual se considera un requisito crítico para alcanzar actividades sostenibles (Gregersen et. al. 1988).

Aguirre (1985) sobre el tema refiere al análisis financiero como el análisis de ingresos, costos y rentabilidad de empresas individuales, considerando todos los factores de producción como pagados a precios de mercado; y al análisis económico al que se hace desde un punto de vista más global, ya sea de la sociedad o el de la economía nacional. La evaluación económica implica en esencia la necesidad de introducir ajustes para corregir las distorsiones primordialmente producidas por los impuestos y los subsidios, ya que éstos constituyen transferencias internas entre sectores de la economía; y revisar los costos y beneficios del proyecto para incluir aquellos elementos que tienen impacto en toda la comunidad, pero que no afectan al inversionista directamente (Villarreal 1997). El análisis económico también adiciona beneficios sociales y costos de bienes y servicios que no se negocian en el mercado mismo; por ejemplo, trata de tomar en cuenta hechos como la prevención de inundaciones, beneficios estéticos, preservación de la vida silvestre, etc (Gregersen et. Al. 1988).

Para realizar un análisis económico se usa una tasa social de actualización (TSA), la cual se utiliza para dar peso relativo al consumo social o al ingreso que corresponde a diferentes puntos en el tiempo. Además, es necesario ajustar los precios del mercado a los precios denominados reales (Reiche 1992).

Podemos entonces resumir en los siguientes puntos las diferencias básicas entre la evaluación financiera y la económica

| Elementos de Evaluación | Financiera | Económica |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| -Precios | Precios de mercado | Precios sombra |
| -Beneficios y Costos | No incluye externalidades | Incluye externalidades |
| - Beneficios | Medidos por flujo de caja | Medidos por excedentes del consumidor |
| - Tasa de Descuento | Interés de oportunidad financiero | Tasa de descuento social |

Se utiliza la expresión "análisis financiero" para describir el tipo de análisis con el que se desarrolla una estimación de rentabilidad comercial para un proyecto. Se efectúa un análisis financiero desde el punto de vista de las entidades concretas que intervienen en un proyecto. Se consideran los rendimientos monetarios previstos por esas entidades como resultado de las inversiones de sus fondos (recursos) en un proyecto. El análisis financiero proporciona también información sobre cuándo se necesitan fondos (salidas) y cuándo pueden preverse ingresos (Contreras y Gregersen 1980). Para el caso de proyectos de manejo de bosques naturales, las principales salidas presupuestarias están dadas por los gastos de operación y gastos de inversión. Los ingresos están representados por la venta de los productos y subproductos maderables. Este último tipo de información es indispensable para la planificación presupuestaria. Como tales, los análisis financieros son también interesantes para los proyectos públicos y sociales.

Una de las finalidades de las explotaciones maderables bajo esquemas de manejo sostenible del recurso en bosques de propiedad privada, es obtener beneficios

financieros de los productos explotados. Sin este beneficio financiero, los propietarios no se arriesgarán a iniciar algún tipo de operaciones y todavía menos, técnicas silviculturales que exigen grandes inversiones; por tal razón, es importante realizar los cálculos financieros exactos sobre todos los gastos, precios del producto y beneficio final.

Contreras y Gregersen (1980), hacen referencia a cuatro etapas principales, para realizar un análisis financiero con el objetivo de estimar la rentabilidad comercial de los proyectos forestales, de la siguiente manera:

- Primero, proponen la especificación de los insumos adquiridos en el mercado en función de cuándo se necesitan (se adquieren o se arrienden). De modo análogo, los productos comercializados se especifican en función de cuando se venden. Esta información determina un cuadro de " corriente física".
- Segundo, se estiman los precios comerciales de los insumos y productos refiriéndolos a las fechas en que se compran y se venden los mismos. Esta información se anota en el cuadro de "valores unitarios".
- Tercera etapa, consiste en conjugar la información procedente de las dos etapas previas en un cuadro de "corriente de liquidez", que muestra el valor de los insumos y productos totales en las fechas en que esos valores (entradas y salidas de dinero) redundan en beneficio de la entidad desde cuyo punto de vista se lleva a cabo el análisis financiero. Para completar el cuadro de corriente de liquidez, se agregan al mismo algunas transacciones financieras que comprenden transferencias de control sobre recursos. Comprenden éstos conceptos tales como impuestos y reembolso de préstamos (salidas) y subsidios y productos de préstamos (entradas), más una serie de otros gastos o ingresos, todos ello, según sea el proyecto y el objeto que se persigue con el análisis. Por último, las entradas y salidas de fondos, se totalizan por los años en que se verifican para así llegar a una línea neta de corrientes de liquidez (salidas).
- Cuarta etapa propuesta por estos autores comprende el empleo de esas cifras de valores netos por años, para derivar algunas medidas de rentabilidad comercial.

2.2.1 Indicadores financieros para el manejo forestal

El uso o la producción de los recursos naturales renovables, se caracteriza por ser una actividad que ocurre a través del tiempo. Es decir, se efectúan inversiones (gastos) que, eventualmente y en el tiempo generan una producción que valorada monetariamente, se transforma en ingresos o beneficios que compensan dicha inversión (Reiche 1992). El caso del manejo de bosques naturales, se caracteriza por ser inversión de recursos, cuyo rendimiento, dependiendo de la especie, del sitio y de los tratamientos silviculturales, el productor tiene que esperar varios años para obtener la producción y los ingresos derivados de su inversión.

En tal sentido, el tiempo es un factor que hay que considerar en la inversión para la producción forestal. En este caso y para fines prácticos, se debe preparar un cuadro con una proyección de la función de producción forestal, a través de un tiempo determinado para obtener un flujo monetario de ingresos y costos, a precios de mercado. Estos flujos, especialmente, en los casos de la producción forestal, tienen la característica de provocar desembolsos o pérdidas netas en los primeros años de inversión y, a medida, que se obtienen ingresos, hay recuperación de los mismos. El tiempo del flujo de caja dependerá del objetivo de la producción, de la especie, del ciclo o turno de corta, principalmente (Reiche 1992).

Con base en la información del flujo de caja, de los ingresos y costos del manejo forestal, es posible calcular, en primer lugar, los indicadores financieros utilizando una tasa de descuento o de actualización.

Valor Actual Neto (VAN)

Es la medida más directa del flujo de fondos actualizada para determinar el valor de un proyecto, el cual es, simplemente el valor actual de la corriente del flujo de fondos. Puede calcularse también averiguando la diferencia existente entre el valor actual de la corriente de beneficios y el de la corriente costos. La actualización de la corriente del flujo se hace utilizando una tasa que refleje el costo de oportunidad del capital invertido (Gittinger 1989; Sapag y Sapag 1995).

En proyectos de manejo de bosques las inversiones se hacen a lo largo del tiempo, desde la implementación del plan de manejo hasta la gestación de los productos finales, por lo que la evaluación de la inversión requiere la comparación de costos e ingresos que ocurren en años diferentes, durante todo el ciclo del manejo. Aguirre (1985), se refiere al Valor Actual Neto (VAN) como el indicador que permite la aplicación del concepto del valor del dinero en el tiempo al evaluar una inversión.

$$\text{Valor actual neto} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

en donde:

B_t = beneficio de cada año (t)

C_t = costo de cada año (t)

n = número de años

i = tasa de interés (descuento) o actualización.

El criterio de selección formal para la medida del VAN de inversiones forestales, consiste en aceptar todos los proyectos cuyo valor actual neto sea positivo al actualizarlos al costo de oportunidad del capital. Un problema evidente que plantea la medida del VAN, es que el criterio de selección no puede aplicarse a menos que exista una estimación relativamente satisfactoria del costo de oportunidad del capital (Gittinger 1989; Sapag y Sapag 1995). En consecuencia, podemos aseverar que cuando el valor presente neto es igual a cero, el dinero invertido gana un interés exactamente igual al empleado para calcular el VAN.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

En la sección anterior, se explicó el método del valor presente neto, y se hizo énfasis en que su valor depende de la tasa de interés que se usa para calcularlo. En particular, el VAN igual a cero evidencia que el dinero invertido en el proyecto ganan un interés idéntico a la tasa de descuento utilizada en los cálculos. En consecuencia, la tasa de interés que produce un VAN igual a cero es una medida

de rentabilidad adecuada. Como se trata del interés que ganan los dineros que permanecen invertidos en el proyecto, se le da el nombre de Tasa Interna de Rentabilidad, o simplemente TIR (Villarreal 1997). Es decir, es determinar la tasa de actualización que haga que el valor actual neto del flujo de fondos sea igual a cero y, en cierto sentido, representa la rentabilidad media del dinero utilizado en el proyecto durante toda su vida (Gittinger 1989; Sapag y Sapag 1995).

La tasa interna de retorno es una tasa de actualización que hace que :

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

en donde:

B_t = beneficio de cada año (t)

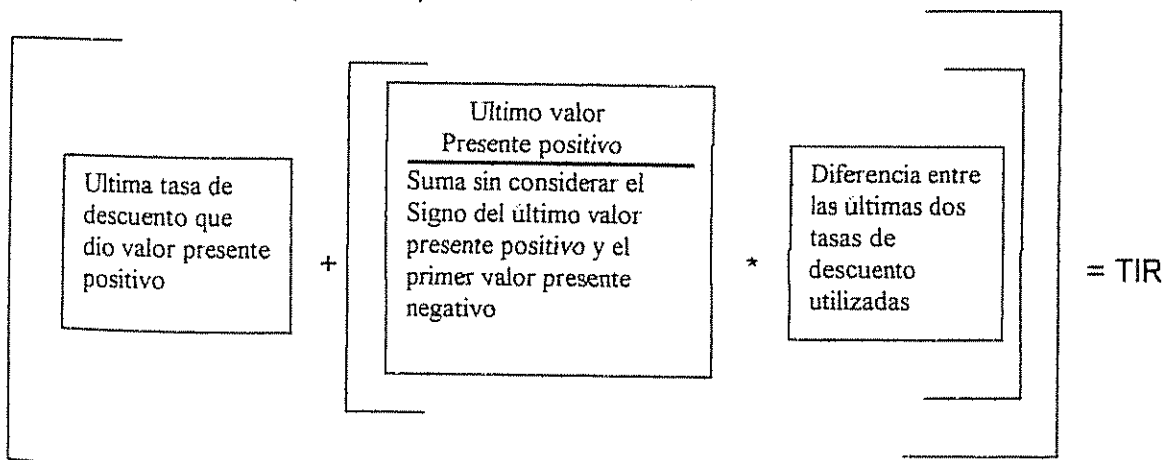
C_t = costo de cada año (t)

n = número de años

i = tasa de interés (descuento) o actualización.

La tasa interna de retorno, se calcula por el método de aproximaciones sucesivas. Normalmente, lo que se hace es iniciar con una tasa de interés cualquiera y si el valor actual neto resulta positivo, se utiliza una tasa de descuento más alta, hasta encontrar la tasa a la cual el valor actual neto sea igual a cero o es superior a cero, según la fórmula de interpolación presentada por Aguirre (1985).

Fórmula de interpolación para estimar la TIR:



El criterio formal de selección para la medida de la tasa interna de retorno del valor de una inversión forestal, consiste en aceptar todos los proyectos con una tasa interna de retorno superior al costo de oportunidad del capital (Gittinger 1989; Sapag y Sapag 1995).

Reiche (1993) al referirse a la aplicación de la tasa interna de retorno en proyectos forestales, indica que hay que comparar la TIR obtenida con la tasa de actualización comercial utilizada. Si la TIR es mayor que esa tasa, entonces se sugiere aceptar la opción de producción forestal, porque comparativamente, habrá mayor generación de ingresos netos que poner el dinero en un banco, con la tasa comercial prevaleciente; al contrario, si la TIR es menor que la tasa comercial, entonces se generaría menor ingresos netos que poner el dinero en un banco comercial, en una cuenta de ahorro.

Relación Beneficio Costo (B/C)

Este indicador, se utiliza para saber cual es el peso relativo de los beneficios de una actividad productiva con respecto a sus costos. Gittinger (1989); Sapag y Sapag (1995) recomiendan que para la toma de decisiones no es un indicador apropiado, porque puede inducir a errores, especialmente, cuando no se tiene claro la magnitud de comparación de la inversión o de los beneficios.

$$\text{Relación beneficio-costo} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

en donde:

B_t = beneficio de cada año (t)

C_t = costo de cada año (t)

n = número de años

i = tasa de interés (descuento) o actualización.

La utilidad del indicador B/C, permite determinar con facilidad cual es el peso de los beneficios con respecto a los costos. Así, si el producto de esta relación es igual a uno, es lógico que hay un equilibrio entre los ingresos y los costos. Si el indicador es menor que uno, como por ejemplo 0,85, significa que es mayor el peso relativo de los costos ; y si el indicador es, por ejemplo 1,20 significa que los ingresos sobrepasan los costos. En términos sencillos, esto se interpretaría que por cada unidad monetaria que se invierte habría un retorno positivo de 0,20 ; pero para el caso del indicador de 0.85, se determinaría que por cada unidad que se invierte hay una pérdida de 0,15 (Gittinger 1989; Sapag y Sapag 1995; Reiche 1993).

Para finalizar la descripción de los indicadores financieros en el manejo forestal, cabe agregar algunos elementos importantes en el calculo del VAN, TIR y Relación B-C, de la siguiente manera:

- en el cálculo del valor actual neto y la relación beneficio-costo, los criterios de selección de la tasa de interés más importantes son: las expectativas del inversionista, las alternativas de inversión y las condiciones imperantes en el mercado de dinero.
- en el cálculo de la tasa interna de retorno se eliminan las influencias de los factores antes citados y la rentabilidad final descansa en los propios méritos del proyecto.

2.2.2 Determinación de los costos del manejo forestal

En el funcionamiento de cualquier proyecto de inversión, se debe hacer frente a una serie de gastos que corresponden a un conjunto de factores productivos que se compra o contrata. Así por ejemplo, compra de maquinaria, de equipo, de trabajo y de servicios. Todos estos constituyen un desembolso en que el proyecto de inversión debe incurrir. Debe pagarse por esos factores productivos, y los desembolsos monetarios incurridos se les conoce como costos (Rosales 1994)

Un sistema de producción forestal bajo manejo sustentable del recurso, está constituido por una serie de actividades de producción, que típicamente van desde la elaboración del plan de manejo del bosque hasta el aprovechamiento y la venta del producto final, según el ciclo de corta. Cada una de estas actividades tiene sus costos. El costo es el valor, en términos monetarios, de las cantidades de insumos, materiales, equipo o del esfuerzo físico de la mano de obra, utilizadas para producir un producto o servicio forestal (Gómez 1993).

Reiche (1993) describe las diferentes categorías de costos para la producción forestal, dependiendo del tiempo y de su función dentro de la estructura de los mismos, y que a continuación se describen:

- Costos fijos

Son aquellos que en el corto plazo, permanecen inalterables, aunque se varíe la cantidad producida o el período de producción. Ejemplos, de estos, pueden ser: un capataz o supervisor de una cuadrilla de obreros forestales; el costo de un pozo o manantial de agua natural, de la construcción de una bodega u otro inmueble utilizado en la producción. Los costos fijos pueden ser: a) *costo fijo total*, que representa la suma de todos los costos fijos en una actividad forestal, y b) *costos fijos promedios*, que se obtienen al dividir el costo fijo total entre la cantidad producida.

- Costos variables

En el corto plazo las empresas forestales utilizan para su producción uno o varios factores variables, los que cambiarán según se altere el nivel de producción. Conforme aumente la producción, aumentará el empleo de los factores variables. Por lo tanto, de la misma forma aumentarán los costos asociados a los factores variables de la producción forestal. Ejemplos, de dichos costos, pueden ser: variación en la cantidad de mano de obra, fertilizantes y semillas a medida que aumenta la extensión del área para producir un producto o servicio forestal. Los costos variables pueden ser: a) *costo variable total*, que representa la suma de

todos los costos variables en una actividad forestal, y b) *costos variables promedios*, que se obtienen al dividir el costo fijo total entre la cantidad producida.

En la teoría marginal se define también los costos marginales, como el costo adicional que se incurre para producir una unidad adicional dentro del sistema de producción.

Rosales (1994) indica que es importante tener presente que, en economía, el tiempo está en relación directa con la categorización de un insumo particular como un costo fijo o variable, ya que en el análisis económico, esencialmente se trabaja con dos períodos :

- corto plazo: período de producción en el cual la empresa mantiene uno o varios factores fijos con otra u otras variables. El corto plazo puede ser un mes, un año o más, dependiendo del tipo de bien y los factores de producción, entre otros elementos
- largo plazo: período suficientemente largo para que los factores de producción se consideren variables. Así, en períodos muy largos, todos los costos son tratados normalmente como variables.

• Costos totales

En el corto plazo el costo para obtener un nivel de producción determinado está constituido por la sumatoria de los costos fijos más los costos variables. La integración de estos costos totales, consiste en conformar la cadena completa de actividades y sus costos variables respectivos, para determinar el costo variable total. También se debe conformar el cuadro de costos fijos, para determinar el costo fijo total. Finalmente, se debe integrar los costos variables y fijos, para determinar el costo total del sistema de producción.

• Costos en efectivo

Son los desembolsos reales que se realizan durante la producción forestal. Ejemplos, de dichos costos, pueden ser: la compra de fertilizante, semillas,

herramientas, mano de obra contratada y otros productos químicos utilizados en la producción forestal.

- Costos no efectivos

Son los aportes de insumos o materiales que efectúa el productor sin incurrir realmente en desembolsos. Ejemplo, de dichos costos, pueden ser: el costo o uso de la tierra propiedad del finquero, el uso de instrumentos o equipo propios, el aporte de la mano de obra familiar para actividades de producción.

- Costos directos

Son costos fijos o variables, en que se incurren exclusivamente para producir un producto forestal.

- Costos indirectos

Estos se relacionan con los costos fijos o variables, en que se incurre a través de otras actividades no relacionadas directamente para producir específicamente el producto, pero que influyen en la producción. Ejemplo, de dichos costos, pueden ser: apertura de un camino, el cual beneficia no sólo a la actividad forestal, sino también a otras actividades, tales como, la actividad pecuaria, agrícola y/o a otras actividades del total de la finca.

- Costo promedios

Se refiere al promedio de todos los costos por unidad de producto, estimados de la siguiente manera:

$$CPT = \frac{\text{Costos Totales}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

Para el caso de la presente investigación, los costos promedio estarán dados por todos los costos en que se incurra para el manejo del bosque natural de coníferas, por unidad de área bajo producción. Es decir, el costo del manejo forestal por hectárea.

2.3 LOS INCENTIVOS FORESTALES COMO HERRAMIENTA DE POLITICA

2.3.1 Definición de incentivos forestales

Según Field (1995), un "incentivo" es algo que atrae o rechaza a la gente, y que le hace modificar su comportamiento de alguna manera. Un "incentivo económico" es eso que en el mundo económico conduce a que las personas canalicen en ciertas direcciones sus esfuerzos de producción y consumo. A menudo se cree que los incentivos económicos consisten en pagos en términos de bienestar material; las personas reciben un estímulo para comportarse de forma que aumente su bienestar. Sin embargo, también existen incentivos no materiales que conducen a que las personas modifiquen su comportamiento económico; por ejemplo, el motivo de herencia, o de legado; es decir, el deseo de preservar un determinado bien para su disfrute por parte de las generaciones futuras.

Bajo este marco general, Curtis et. al.(1996) se refiere a los incentivos forestales como aquellos que buscan superar limitantes que enfrentan los agricultores, comunidades, cooperativas, empresarios o inversionistas, a fin de estimularlos para que realicen inversiones en actividades forestales y de agroforesteria para alcanzar las metas establecidas en el sector forestal. Por su parte De Camino (1989), indica que los incentivos forestales son todos aquellos estímulos del Estado que permiten a un agricultor o campesino absorber inversiones adicionales y sustituir transitoriamente el ingreso, por motivo de trabajos a realizar en su predio, para reemplazar los métodos de aprovechamiento tradicional, por sistemas y técnicas que aseguren el rendimiento sostenible de los recursos, dentro y en el área de influencia de su predio y que contribuya al mejoramiento de la productividad del mismo.

Haltia y Keipi (1997), enumeran las razones prevalecientes para el uso de incentivos forestales de la siguiente manera:

- modificar el sesgo social en contra de las inversiones forestales entre los agricultores quienes tradicionalmente han considerado a los bosques como un enemigo del desarrollo agrícola;
- aumentar las tasas de rendimiento de las inversiones que puedan tener una rentabilidad privada relativamente baja pero que ofrezcan beneficios externos para la sociedad;
- reducir el riesgo y la incertidumbre, que surgen especialmente de largos períodos que toman las inversiones de reforestación;
- reducir los problemas de flujo de fondos durante los períodos largos que se requieren para recobrar los costos de establecimiento y mantenimiento de una plantación hasta los ingresos de cosecha;
- establecer una masa crítica de plantaciones necesaria para el crecimiento inicial de industrias forestales o competitivas ; y
- acelerar el desarrollo inicial de las plantaciones ya sean para propósitos de silvicultura industrial o social.

Otra de las razones prevalecientes en la actualidad para el uso de los incentivos forestales, es que las inversiones forestales pueden generar externalidades ambientales positivas muy importantes para la sociedad. Los incentivos gubernamentales de este tipo, podrían ser considerados como un pago por la producción de bienes ambientales públicos. Es decir, que con estos incentivos se busca cambiar los usos de la tierra que son mas atractivos financieramente para los inversionistas, pero que generan externalidades negativas al ambiente a usos más sostenibles que generen externalidades positivas. Sin embargo, se necesitan lineamientos claros para el manejo del bosque que garantice la sostenibilidad ecológica de los ecosistemas.

2.3.2 Principios de los incentivos como instrumento económico

Con el fin de garantizar la ventajas costo-efectividad de la introducción de instrumentos económicos, así como lograr una aceptación razonable por parte del gobierno, de los sectores privados organizados y de los mismos sujetos económicos individuales, se requiere un consenso inicial sobre los siguientes cinco principios fundamentales (Rayo 1995) :

Principio de la calidad ambiental

Este principio hace referencia al objetivo básico de alcanzar un nivel de calidad ambiental ética, social y económicamente aceptable para el conjunto de la sociedad, sin menoscabo de que las nuevas políticas de gestión ambiental requieren un grado de flexibilidad para facilitar su implementación. En este sentido, la calidad ambiental o el estándar ambiental tiene que ser determinado de manera explícita, tiene que ser monitoreado y, además, tiene que ser verificable.

Principio del costo mínimo

La calidad ambiental o el estándar ambiental deseable y ética, social y económicamente aceptable, requiere que el mismo sea alcanzado por medio del criterio costo-efectividad. En otras palabras, la introducción de los instrumentos económicos para una adecuada gestión ambiental sostenible debe realizarse al menor costo posible para la economía, incluyendo los costos de implementación, monitoreo y verificación, así como los costos de reducción y control de los daños ambientales para los sujetos económicos.

Principio del que contamina paga

Probablemente este es el principio más importante de la estrategia de introducción de los instrumentos económicos para la conservación ambiental, pero al mismo tiempo el más difícil de implementar. Debe partirse del criterio de que éste es básicamente uno de no subvención, o sea, al igual que en el resto de principios propuestos, pero con particular énfasis en éste se trata de una regla de observancia general. Este principio significa que no deben existir intervenciones

gubernamentales o estatales asistenciales para apoyar a los contaminadores en asumir los costos de la alteración, salvo en casos con consecuencias macroeconómicas o macrosociales inaceptables. En este último caso deberá limitarse claramente el monto o la forma de intervención, así como el tiempo específico de duración de la misma. Asimismo, el instrumento económico seleccionado para hacer valer este principio debe ser autofinanciable y equitativo en su origen y resultado. Mientras que el pago debe ser obtenido del contaminador, la carga primaria debe ser compartida entre el productor y el consumidor en una proporción determinada por la elasticidad de la demanda del producto al que se hace referencia. En el fondo, se trata nuevamente de que los precios expresen la verdad sobre los costos reales internos y externos de producir y consumir bienes y servicios.

Principio de la competitividad

Este se relaciona con el instrumento económico que se decida introducir para incidir en cualquier área o recurso específico, de tal manera que los efectos de la introducción de éste no provoque una pérdida de competitividad de la economía. Sin embargo, debe estar claro que, siempre y cuando los instrumentos sean efectivos, se afectarán positivamente, desde la perspectiva ambiental, los procesos e incluso las estructuras productivas en el mediano y largo plazo. Un resultado parcialmente exitoso o semi-efectivo conlleva serios costos negativos para la economía, el sector productivo, el sujeto económico, y por supuesto, el ambiente.

Principio de transición de las políticas e instrumentos

Este es importante desde la perspectiva y criterios de certeza y predecibilidad de las nuevas políticas de gestión ambiental y de recursos naturales. En efecto, el cambio de estructuras y procesos productivos, de altamente contaminantes y depredadores a bajamente contaminantes y usuarios racionales de recursos escasos, es uno de los objetivos prioritarios de la estrategia. No obstante, debe tenerse conciencia que los cambios estructurales de los procesos y criterios de producción y consumo requieren tiempo. Por un lado, el sistema de incentivos que

han motivado los actuales procesos productivos se realizaron a partir de inversiones amparadas por criterios rentistas y contaminadores que requieren de una fase prudencial de depreciación, y por el otro, los patrones de consumo están muy arraigados, incluso poseen connotaciones culturales específicas difíciles de superar. De esa cuenta, y en razón de equidad y eficiencia, así como de aceptación por parte de los sujetos económicos, debe permitirse un período de transición prudencial para el ejecutarse. Esto significa no cambiar la estructura de incentivos, provocada por la introducción de instrumentos económicos, bruscamente, sino programar adecuadamente el proceso. Sin embargo, la coherencia, consistencia, estabilidad y predecibilidad de las nuevas políticas e instrumentos debe estar garantizada.

La introducción de los instrumentos económicos de una manera gradual presenta las siguientes ventajas:

- es más susceptible de ser aceptado e introducido ;
- permite un tiempo prudencial de ajuste, por lo que los costos y resistencias se minimizan ; y
- transmite incentivos correctos y favorables a los sujetos económicos.

2.2.3 Clasificación general de los incentivos

De Camino (1989) hace mención a los diferentes tipos de incentivos, clasificándolos en dos grandes categorías:

Incentivos específicos

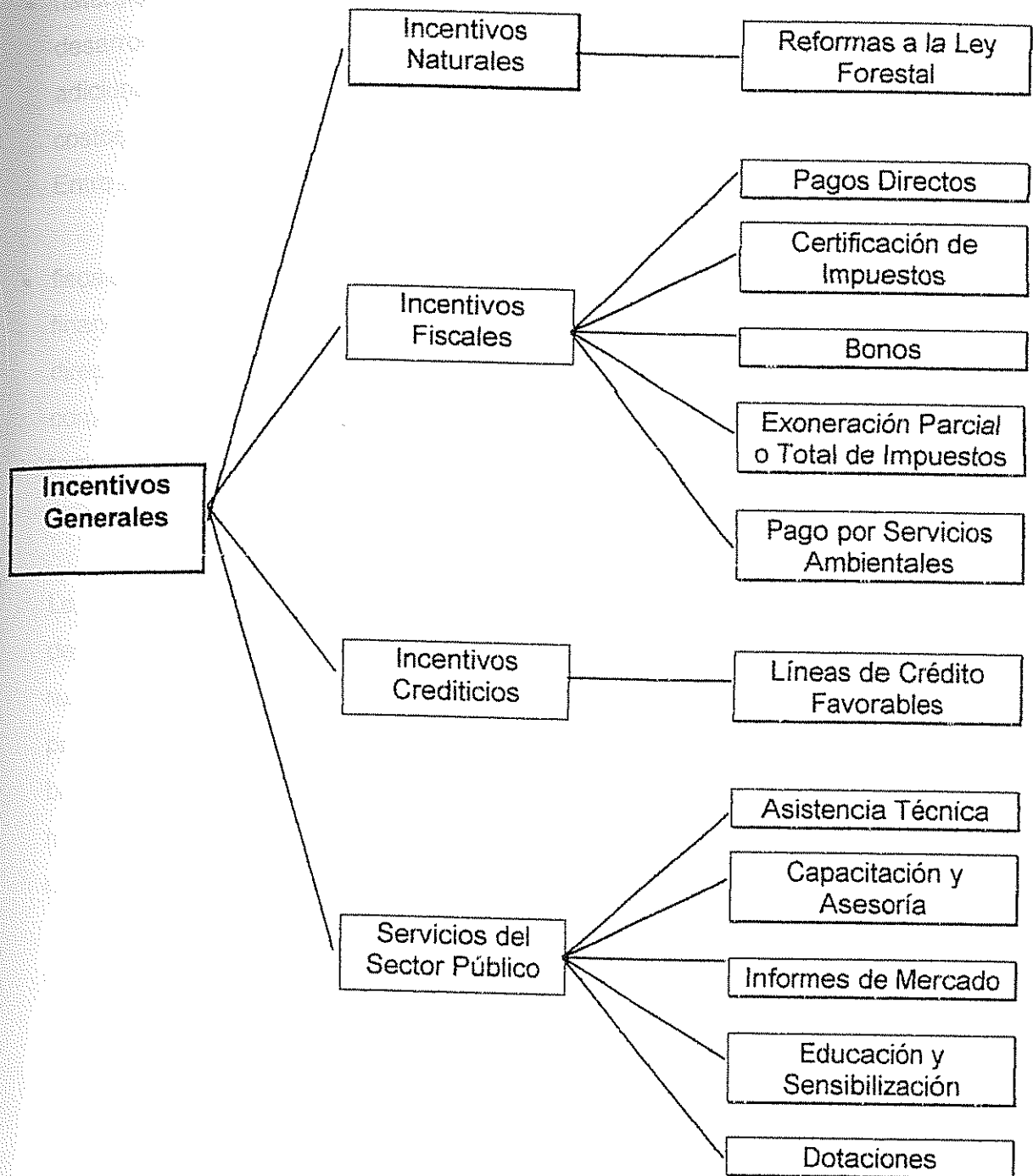
Son todos aquellos cuyos destinatarios están ligados a proyectos que tienen aplicación local o regional y se encuentran incorporados a iniciativas de desarrollo en actividades puntuales. Estos incentivos pueden adoptar la forma de pago en dinero, en especie, o de una combinación de ambos (mixtos), y en todos los casos, consideran las características específicas de una situación particular, por lo que su repercusión es inmediata.

Incentivos generales

Están ligados a las políticas y se caracterizan por su aplicación global y por el alcance de su incidencia, la cual puede darse en términos nacionales y/o sectoriales. Además, tiene el propósito de informar a la población sobre el cambio de reglas y esto debe permitir a la población meta decidir las mejores y más convenientes modalidades para participar. Si la participación de la sociedad es baja, significa que el incentivo es inadecuado o insuficiente para estimular el cambio.

Bajo los incentivos generales, Curtis et. al. (1996) esquematizan los incentivos de la siguiente manera :

Clasificación de Incentivos*



* Fuente : Curtis, R., (1996), Incentivos forestales para El Salvador. Un análisis económico financiero

Según el esquema del gráfico anterior, la clasificación para los incentivos generales, consta de cuatro tipos y están agrupados así:

- naturales : operan con tan solo una base de política y leyes que permiten el desarrollo libre de mercado. Tienen la ventaja de no requerir recursos adicionales, erogados por el Estado, para que surtan efecto y reduzcan los costos de transacción. Dependen del deseo de la gente de obtener ganancias. Entre estos se incluyen la simplificación de trámites.
- fiscales : los autoriza el Estado y tienen a los ingresos públicos como fuente de financiamiento. Entre estos están los incentivos fiscales para transferir pago directamente a productores y propietarios de tierras en el sector forestal, así como también la compra de servicios ambientales. Entre otras modalidades, también pueden ser reembolsos en efectivo, reducción de la carga tributaria, exenciones tributarias, bonos, avales, garantías, seguros, etc.

La compra de servicios ambientales dentro de esta clase de incentivos, se define como una inversión que asume la forma de un pago a los propietarios rurales a cambio de que mantengan la tierra de tal forma que puedan mantener procesos y funciones de valor para la sociedad (agua, CO₂, protección de biodiversidad, paisaje y evitar la erosión). Este incentivo se dirige al mantenimiento de la cobertura vegetal y a la regeneración de los recursos naturales.

En este incentivo cabe la modalidad de compra de derechos del uso de la tierra, con el fin de asegurar que la tierra mantenga la cubierta vegetal. Esta variante de la compra de servicios ambientales se realiza bajo la clasificación especial de áreas protegidas.

- Crediticios : son medidas que el sistema financiero adopta para propiciar condiciones favorables al inversionista. Son créditos para financiar inversiones forestales, a intereses reducidos o en condiciones especiales.

- especies y servicios: son considerados como servicios subsidiados y se constituyen en incentivos en la medida en que el Gobierno o las organizaciones privadas los proporcionan, pues son indispensables para el desarrollo forestal.

2.3.4 Criterios para la evaluación de los incentivos forestales

Como se mencionó anteriormente, los incentivos económicos pueden ser una forma efectiva de alterar el comportamiento de los agentes de la economía. Si bien los incentivos económicos pueden ser la manera más costo-efectiva de inducir cambios de conducta, éstos no son la única manera de alterar el comportamiento de los seres humanos y, ciertamente, algunos casos específicos requieren de políticas que no deben emplear incentivos económicos como mecanismos de control. Adicionalmente, los incentivos económicos, como cualquier otro mecanismo regulatorio, requieren de una serie de características para que el estímulo que generen sea el que se desea políticamente. Bajo esta consideración, Gaitán y Uribe (1996), proponen cuatro dimensiones principales para evaluar los incentivos:

1. la actividad que se quiere incentivar (objetivo político);
2. el usuario al que está dirigido el incentivo (destinatario);
3. la región para la cual se aplica el incentivo (destinatario general); y
4. las fuentes de administración y financiación del incentivo.

Una dimensión adicional que debe considerarse es la política ambiental, en este caso forestal, dentro de la cual están insertos los incentivos. Para que el conjunto de incentivos opere adecuadamente es necesario que se encuentren articulados dentro del marco de una política ambiental clara y definida. Los incentivos deben diseñarse de tal forma que, en conjunto, las conductas que estimulen conlleven al objetivo general; es decir, al cumplimiento de la política forestal.

Una vez explicados estos factores es posible analizar con mayor claridad la ejecución y los efectos que han ocasionado cada uno de los incentivos (Gaitán y Uribe 1996), de la siguiente manera:

- Actividad que se quiere incentivar: a pesar de que puede padecer trivial identificar la actividad que se quiere promover con un incentivo, se ha observado que para el caso de la reforestación y la conservación a veces no hay mucha claridad sobre este punto. Por ejemplo, varios de los incentivos a la reforestación que se encuentran en vigencia no diferencian explícitamente si lo que se desea son bosques plantados de carácter comercial (para cosecha en el futuro), con finalidad protectora (siembra a perpetuidad), o si existe indiferencia en cuanto los tipos de plantación que se realicen. Otro de los objetivos que se pueden perseguir y que se deben tener claros son: recuperación de área degradadas, protección de fuentes de agua o generación de empleo, etc.
- Usuario al que está dirigido el incentivo: los incentivos muchas veces presentan problemas de claridad en cuanto a los destinatarios de los mismos. Estos, deben contemplar la realidad socioeconómica de los usuarios a los que se quiere dirigir. Por ejemplo, aunque exista un gran número de tierras habitadas, no todos los individuos poseen título de sus tierras, o se encuentran ocupándolas con formas de tenencia diferentes a la propiedad: aparcería, Arrendamiento o simple ocupación "ilegal" (colones e invasores de tierras). Los incentivos actuales olvidan este punto casi por completo.

Además del agente privado, el destinatarios de un incentivo puede ser público o colectivo. Entre los usuarios públicos hay que distinguir entre los niveles de organismos (empresas públicas), municipio, departamento y nación (baldíos, parques, santuarios, etc.).

El tipo de tenencia de la tierra no es suficiente para caracterizar socioeconómicamente a los destinatarios de los incentivos. Se ha observado que en algunos casos, la estructura normativa del incentivo hace que éstos sirvan solo a agentes con importantes recursos de capital (como empresas) o con grandes extensiones de tierras, de tal forma que otros agentes de menor ingresos o con terrenos medianos y pequeños se ven excluidos de los

beneficiarios que los incentivos otorgan. No se sabe si esta característica discriminatoria era deseada en el momento del diseño de algún incentivo, pero ciertamente, esta característica, deja por fuera a un buen número de agentes que podrían estar contribuyendo a la reforestación si tuvieran acceso a los beneficios.

No menos importante, son las características socioculturales de los destinatarios de los incentivos.

- Región para la cual se aplica el incentivo: muy pocos incentivos poseen criterios para diferenciación regional, o están diseñados para regiones específicas. Esto puede ser una limitante cuando las variaciones biofísicas y socioeconómicas de las diferentes regiones de un país son factores que afectan sustancialmente el desempeño y los efectos que ocasionan los incentivos.
- Fuente de administración y financiación del incentivo: las entidades encargadas de administrar y financiar el incentivo también pueden afectar su desempeño. La falta de control, la ausencia estatal y el exceso o complejidad en los trámites, son factores que afectan los efectos finales que generan los incentivos y los niveles de ejecución de los mismos.

Es probable que un incentivo idéntico, aplicado a regiones y agentes similares, resulte en conductas bastante diferentes cuando se administra por entidades con importantes diferencias de personal, presupuesto y capacidad técnica, por mencionar algunos factores determinantes.

Por otro lado, la baja prioridad de los problemas ambientales en la política nacional, que en muchos casos, se traduce en bajas asignaciones presupuestales o recortes en tiempos de austeridad fiscal, también afecta significativamente el desempeño de los incentivos. La estructura de los incentivos debe tratar con objetividad la realidad, por sombría que sea, de las instituciones que están encargadas de administrar, vigilar y sancionar la ejecución de los incentivos.

2.3.5 Marco legal e institucional de los incentivos forestales en Guatemala

Las decisiones en materia macroeconómica, estabilidad sociopolítica y modernización del sector público que orientan a un país, proveen no solamente una guía para la sociedad, sino también el fundamento básico, junto a otros elementos, para poner en marcha incentivos en el sector forestal. Dentro de esos otros elementos se destaca, de manera imprescindible, la necesidad de cimentar con precisión una política hacia el sector forestal que permita aprovechar al máximo cualquier tipo de incentivo forestal (MAG 1996).

Como se mencionó anteriormente, los incentivos son un instrumento de la política forestal en su planteamiento teórico, pero el resultado final de su aplicación, depende de la forma que se estructuren, se administren y se apliquen.

Incentivos fiscales para la reforestación y el manejo de bosques naturales en Guatemala

Los incentivos fiscales a la reforestación tienen más de dos décadas de estar en vigencia en Guatemala. Los primeros incentivos fiscales fueron contemplados dentro de la Ley Forestal promulgada en 1974 (Decreto 58-74), donde en uno de sus artículos se estableció la deducción de hasta el 50% del valor del impuesto sobre la renta, a personas individuales o jurídicas que realizarán gastos debidamente comprobados en reforestación y mantenimiento de plantaciones no menores de cinco hectáreas. En 1975 fue aprobado el reglamento operativo (Acuerdo Gubernativo 22-75), con el cual dio inicio los primeros proyectos de reforestación bajo el esquema de incentivos fiscales.

Durante 1984 se promulgó otra Ley Forestal (Decreto 118-84), la cual ratificó lo estipulado en el Decreto 58-74 en materia de incentivos forestales. Esta Ley queda sin vigencia en el momento de la aprobación del Decreto 70-89 que promulga una nueva Ley Forestal. Paralelo a esta Ley, se creó la creación de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), cuyo objetivo general era lograr el pleno desarrollo forestal para el país, mediante el uso racional y sostenible del

recurso forestal, de la flora y la fauna silvestre, en función del mejoramiento de la calidad de vida. Esta Ley Forestal a través del artículo 83, mantuvo en vigencia el incentivo fiscal por reforestación y lo amplía a actividades de protección, prevención y combate contra incendios, plagas y enfermedades, así como para el manejo de bosques naturales (Ley Forestal 1990).

No obstante, que esta Ley Forestal (Decreto 70-89) contemplaba incentivos fiscales para el manejo de bosques naturales, nunca fue puesto en práctica, ya que el financiamiento para la aplicación provenía del Fondo de Fomento Forestal (FoFoFo). El Fondo era constituido por donaciones, créditos específicos y los que se adquirían por cualquier otro título, y el propósito sería financiar sistemas de incentivos y proyectos especializados orientados, entre otros, a la creación de masas forestales industriales, manejo de bosques naturales, restauración de cuencas y cultivos agrosilvopastoriles. A pesar que el Fondo logró recaudar recursos financieros, los mismos permanecieron congelados producto de que nunca se operativizaron los mecanismos para poder asignarlos.

En relación con los incentivos fiscales a la reforestación, el Diagnóstico Forestal de Guatemala (1996), hace referencia a las características de los mecanismos empleados para la aplicación de estos instrumentos de política en Guatemala, de la siguiente manera:

- el incentivo sólo era aplicado a empresas relativamente grandes, desligadas del sector forestal y que no tenían interés en la actividad productiva forestal. Los propietarios de terrenos forestales no tenían acceso a este incentivo.
- Debido a que el programa no predefinía objetivos de las plantaciones, ni áreas a reforestar, no se desarrollaron masas forestales de magnitud apropiada para abastecer industrias forestales
- Los costos de reforestación eran relativamente elevados (más de US \$1000/ha para el primer año de establecimiento). Esto se debió a que el incentivo no era un monto fijo, sino que variaba según el gasto, lo que no

estimuló la eficiencia para lograr los costos más bajos, ya que se premiaba más a quién más gastaba, hasta el límite fijado.

Luego de dos décadas de vigencia del incentivo, se lograron reforestar un total de 15354 ha y se estima que se han invertido 66 millones de quetzales. Esto equivale a una reforestación promedio de 768 ha/año a un costo de Q 4298/ha. Estas cifras, comparadas con el ritmo de la deforestación, con la capacidad productiva maderera del país o con la demanda de madera industrial, resultan poco significativas (Diagnóstico Ambiental de Guatemala 1996). Las plantaciones se encuentran dispersas en distintas partes del país, con diferentes especies y muchas de ellas sin un objetivo claro de producción y mercadeo.

Mediante el Decreto 101-96 se promulga la Nueva Ley Forestal (en vigencia) y con ella la creación del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Con la presente Ley se declara de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propiciará el desarrollo forestal y su manejo sostenible. Para lograr este fin, entre sus objetivos trazados está promover la reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, para proveer al país de los productos forestales que requiera, e incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a manejo racional y sostenido de acuerdo con su potencial biológico y económico. Para lograr estos objetivos, entre otros, el Estado otorgará incentivos por medio del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas conforme esta Ley, a los propietarios de tierras, incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como al manejo de bosques naturales; y a las agrupaciones sociales con personería jurídica, que en virtud a arreglo global, ocupan terrenos de propiedad de los municipios (Ley Forestal, Decreto 101-96).

Mecanismos de aplicación de los incentivos forestales al manejo de bosques naturales

En cuanto a los mecanismos de aplicación de los incentivos para el manejo sostenible de los bosques naturales expresada en la Ley Forestal en vigencia (Decreto 101-96), se establece en los artículos del 72 al 83 lo siguiente:

- Monto total anual de incentivos forestales.

El Estado destinará anualmente una partida en el presupuesto de ingresos y egresos de la Nación al INAB para otorgar incentivos forestales, equivalentes al 1% del Presupuesto de Ingresos Ordinarios del Estado, mediante el Ministerio de Finanzas Públicas.

- Duración del programa de incentivos.

El Estado, en un período de 20 años contados a partir de la vigencia de la ley en referencia, dará incentivos para el manejo de bosques naturales. Este incentivo se otorgará a los propietarios de tierras con vocación forestal, una sola vez, de acuerdo con el plan de manejo aprobado por el INAB.

- Presentación de planes de manejo.

Para ser beneficiario de los incentivos establecidos en la nueva ley, se deberá presentar al INAB el Plan de Manejo, previa calificación de tierras de vocación forestal. El INAB deberá pronunciarse en un plazo de treinta días

- El pago de los incentivos.

Los incentivos serán pagados al propietario por el Ministerio de Finanzas Públicas contra presentación del certificado emitido por el INAB que indique que la plantación se encuentra establecida y basado en el cumplimiento del Plan de Manejo. El certificado del INAB, deberá ser entregado al beneficiario en un plazo de treinta días a partir de su solicitud.

- Área mínima para la obtención de los incentivos.

El área mínima consignada en una solicitud para obtener el incentivo forestal será de dos hectáreas, en el mismo municipio, perteneciente a uno o varios propietarios.

- Administración de los incentivos.

Por concepto de supervisión y administración, el Ministerio de Finanzas Públicas asignará y trasladará al INAB un nueve por ciento (9%) del monto total de los incentivos otorgados, que se harán efectivo en forma simultánea al momento de otorgar el incentivo al beneficiario.

- Costos de manejo de bosques naturales.

El costo fijo por hectárea, por región y especie, para el manejo de bosques naturales, será determinado por la Junta Directiva del INAB, con base en el costo real por avalúo. La Junta Directiva fijará anualmente los anteriores valores, los que deberán ser publicados en el diario oficial con vigencia a partir del primero de septiembre de cada año.

- Distribución de incentivos por magnitud del proyecto

El INAB distribuirá anualmente hasta el 50% del monto total de incentivos a proyectos de reforestación y mantenimiento de bosques voluntarios, así como al manejo de bosques naturales, a pequeños propietarios que presenten proyectos a realizarse en áreas menores de quince hectáreas.

Bajo el esquema de los incentivos forestales expresado en la nueva Ley Forestal, por un lado se desea incentivar al mediano y pequeño propietario y empresario, los cuales, en la legislación anterior eran marginados, ya que los mismos, en la mayoría de los casos, no pagan impuesto sobre la renta, ni poseen capital de inversión para proyectos de largo plazo; y por el otro lado, se espera que por primera vez los incentivos al manejo de bosques naturales se hagan operativos.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio y de los bosques de coníferas de Guatemala

Guatemala es una de las pocas regiones que tiene tierras altas tropicales en las cuales están bien representadas las coníferas (Tasaico 1970). Es el país de América Central que cuenta con más especies de coníferas nativas, las cuales están formando bosques puros o mezclados (Vablen 1976). La topografía accidentada y la variación altitudinal de las tierras altas de Guatemala han dado origen a un mosaico sumamente variado de ambientes físicos que favorecen una mayor diversidad. Se distribuyen en una extensa área del país, en las regiones de oriente, centro y occidente, formando masas puras o asociadas con especies de latifoliadas, principalmente, de los géneros *Quercus*, *Alnus*, *Ostrya*, *Carpinus*, *Liquidambar*, *Arbutus*, etc (PROCAFOR 1997). Se localizan en un gradiente altitudinal que va de 100 hasta 4000 msnm. Estos bosques abarcan los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Las Verapaces, Zacapa, Jalapa, Santa Rosa, El Progreso, Chiquimula, Izabal, y Petén (Diagnóstico Forestal para Guatemala 1996).

Estos bosques de coníferas actualmente ocupan 2282 Km², que equivale al 6,7 % del total de cobertura forestal del país. Los departamentos que más área boscosa de estas especies poseen, son: Quiché con un 23 %, Huehuetenango 17 %, Baja Verapaz 16 %, Totonicapán con 11% y Chimaltenango 7% (Diagnóstico Forestal para Guatemala 1996). Estos se desarrollan en una gran diversidad de suelos, pero principalmente en los de origen volcánico. Los árboles de los bosques son maduros o de edad media, con gran variación de diámetro. Se estima un volumen de 150 m³/ha en pie, con variaciones entre 50-600 m³/ha (PROCAFOR 1997).

Las especies mas representativas de los bosques de coníferas en Guatemala son, para el género *Pinus*: *Pinus oocarpa* (pino de ocote); *P. pseudostrobus* (pino triste); *P. maximinoii* (pino candelillo); *P. caribaea* (pino del norte); *P. rudis*; *P.*

montezuma (pino macho) y *P. ayacahuite* (pino blanco o curtidor). Otros géneros de coníferas en Guatemala incluyen: *Abies*, *Cupressus* y *Taxodium*.

Los bosques de coníferas en Guatemala se destacan como productores de bienes, tales como : material energético¹, madera para aserrío y otros usos industriales, resinas, taninos, etc.; además, juegan un papel muy importante en la generación de servicios ambientales.

Aunque el área de bosques de coníferas no disminuye al ritmo que la de los bosques latifoliados, estos han sufrido una importante degradación genética y una reducción del volumen de madera en pie por procesos extractivos selectivos, sin ningún criterio técnico de sostenibilidad.

Cuadro No. 1 Cobertura arbórea de bosques de coníferas por departamento (en Km²)

| DEPARTAMENTO | EXTENSION TERRITORIAL | COBERTURA FORESTAL (km ²) |
|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| ALTA VERAPAZ | 8636 | 21 |
| BAJA VERAPAZ | 3124 | 361 |
| CHIMALTENANGO | 1979 | 151 |
| CHIQUMULA | 2376 | 80 |
| EL PROGRESO | 1922 | 51 |
| EL PETÉN | 35854 | 140 |
| EL QUICHÉ | 8378 | 531 |
| GUATEMALA | 2126 | 36 |
| HUEHUETENANGO | 7403 | 380 |
| IZABAL | 9038 | 5 |
| JALAPA | 2063 | 59 |
| QUETZALTENANGO | 1948 | 25 |
| SAN MARCOS | 3701 | 54 |
| SANTA ROSA | 2955 | 29 |
| SOLOLA | 1061 | 47 |
| TOTONICAPAN | 1061 | 251 |
| ZACAPA | 2690 | 61 |
| TOTAL | | 2282 |
| PORCENTAJE | | 6,7 |

Fuente : Instituto Nacional de Bosques. 1997. Lineamientos básicos para los administradores forestales en Guatemala.

¹ Según el Diagnostico forestal para Guatemala (1996), el 82% del consumo de leña total a nivel nacional es proveniente de los bosques de coníferas

3.2 Metodología

Para llegar a la formulación y propuesta de los modelos cuantitativos que servirán de base para determinar los montos de los incentivos forestales a ser otorgados para el manejo de bosques naturales de coníferas en Guatemala, fue necesario previamente, realizar los estudios que le dieron sustento y solidez técnica y científica a dicha propuesta. Es por ello, que se previó realizar la investigación en cuatro etapas.

Estas cuatro etapas estuvieron conectadas consecutivamente y comprendieron: la definición de un modelo que propicie el manejo sostenible del bosque, como marco de análisis financiero; la determinación de la estructura de costos para poder ejecutar el manejo del bosque y de los correspondientes ingresos; el análisis financiero para determinar la rentabilidad de la actividad; y la formulación de los modelos cuantitativos que servirán de base para definir los montos de los incentivos forestales necesarios para fomentar el manejo de bosques naturales de coníferas. Todas las etapas anteriores, tomaron en cuenta factores como el tamaño del bosque a manejar y su estado de desarrollo, la calidad del sitio y las especies predominantes.

3.2.1 PRIMERA ETAPA

a. Definición de un modelo para el manejo sostenible de bosques naturales de coníferas de Guatemala

Las actividades de intervención en los bosques de Guatemala se han orientado básicamente al aprovechamiento forestal, sin considerar aspectos técnicos que guíen adecuadamente las intervenciones con criterios de manejo sostenible (PROCAFOR 1997). La falta de evidencias sobre la existencia de procesos de aprovechamiento racional y sustentable de los recursos forestales, ha originado la

necesidad de enfocar los esfuerzos a identificar y promover modelos de utilización con estas características.

En tal sentido, esta etapa de la investigación estuvo orientada a definir el marco conceptual y metodológico del manejo sostenible de bosques naturales de coníferas, por medio de un modelo, que sirvió de base para el análisis financiero de las inversiones forestales, según los diferentes escenarios. El modelo definido tuvo como características principales el desarrollo de parámetros silviculturales que aseguren la permanencia del bosque y la rentabilidad de las operaciones a largo plazo. Aspectos tales como: tasa de crecimiento y rendimiento, calidades de sitio, posibilidades de corta o corta permisibles, sistemas silviculturales, y la relación de la posibilidad ecológica y financiera de la intervención forestal fueron consideradas para la definición del modelo.

La primera fase para definir el modelo de manejo sostenible de bosques naturales de coníferas fue el análisis de los diferentes criterios, parámetros y consideraciones técnicas aplicadas en Guatemala para la elaboración de planes de manejo en coníferas, con base en la información depositada en el registro del Servicio Forestal Nacional de Bosques. También se llevó a cabo visitas y entrevistas con funcionarios de las instituciones de investigación relacionados con el tema, con el fin de complementar la información obtenida en el servicio forestal y adquirir más elementos de juicio para la definición del mismo.

La segunda fase de la formulación del modelo de manejo de bosques naturales de coníferas fue la identificación y definición de los criterios e indicadores de sostenibilidad, que propicien la capacidad de producir en forma permanente y óptima, madera y otros bienes y servicios para la utilización de las generaciones presentes y futuras.

En relación con la escogencia de los indicadores, se realizó con la idea de poner un listado mínimo de estos, de relativamente fácil aplicabilidad, de bajo costo en lo posible y que garanticen la sostenibilidad de las actividades del manejo forestal.

Sin embargo, algunos criterios o indicadores que se proponen no son fácilmente medibles. No obstante, son insustituibles, ya que ningún otro criterio o indicador mediría el correspondiente avance hacia la sostenibilidad ; como por ejemplo, la tasa de incremento anual de la masa arbórea con el fin de establecer la corta permisible y así planificar el rendimiento sostenible del recurso a lo largo del tiempo.

3.2.2 SEGUNDA ETAPA

a. Determinación de la estructura de los costos medios por hectárea

En esta etapa de la investigación se determinaron todos los gastos directos e indirectos, necesarios para realizar las actividades del manejo sostenible del bosque, según los diferentes escenarios planteados y de acuerdo con el modelo previamente definido en la primera etapa. Es decir, que a las actividades establecidas en el modelo previamente definido se les asignó un valor monetario, de acuerdo con las entrevistas a los productores forestales y con los precios vigentes en el mercado.

Esta etapa de la investigación se realizó sujeta a limitantes en la información disponible, debido al tiempo que se lleva la ejecución de la planificación del manejo forestal que considere todo el ciclo de rotación, desde su implementación hasta la gestación del producto final. En estos casos, se tuvo que simular los procesos, según el modelo previamente establecido y aplicar los costos identificados por medio de las visitas de campo a las fincas bajo manejo, cuando fue necesario.

a.1 Tamaño y selección de la muestra

Debido a que el esquema de investigación se planificó con base en el modelo de manejo sostenible, previamente definido, ya que con dicho esquema, lo que se buscó fue homogeneizar la información y buscar un mayor alcance para definir la

estructura de costos, sólo fueron muestreadas las fincas típicas que estuvieron sujetas a estos parámetros, o por lo menos, que se ajustaron más. Es decir, que la muestra fue dirigida (no probabilística), ya que la elección de las unidades muestrales no dependió de la probabilidad, sino a causas relacionadas con las características de la investigación.

Otro criterio de selección fue la cobertura forestal de las especies de pino en el ámbito nacional. Primero se seleccionaron los dos departamentos con mayor área con bosques de coníferas en cada una de las siete regiones del país -a excepción de la región VIII (Petén)-, con el fin de lograr una mayor cobertura nacional y tener una buena representación en relación con dichas áreas. Es decir, se muestrearon siete regiones con dos departamentos en cada una:

Región I: departamento de Guatemala, municipios de San Raimundo, San Juan Sacatepéquez, San José Pinula y Palencia; Región II: Alta y Baja Verapaz; Región III: El Progreso Guastatoya, Zacapa y Chiquimila; Región IV: Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa; Región V: Chimaltenango y Tecpán; Región VI: Totonicapan y Quetzaltenango; y Región VII: Santa Cruz de Quiché y Huehutenango.

Dentro de los departamentos muestreados de cada región, se seleccionaron las fincas registradas en los archivos del Instituto Nacional de Bosques, que más se ajustaron al modelo de manejo previamente definido y que según el criterio de los técnicos, se consideren las mejores representaciones de la región en relación con el manejo forestal. En este sentido, el marco de lista general estuvo constituido por todas las fincas que han sido y son sujetas de manejo forestal y se encuentran registradas en los archivos de usuarios del INAB, y a partir de la cual se seleccionaron las unidades muestrales. El tamaño de la muestra fue de 65 fincas y ésta dependió del número de fincas reportadas en el marco de lista general, las cuales respondieron a los criterios anteriormente definidos.

a.2 Recolección de la información

Una vez seleccionadas las fincas, según el esquema de investigación, la siguiente etapa consistió en recolectar la información de los ingresos, así como de todos los costos variables y fijos en que la finca incurre para la ejecución del manejo forestal durante un ciclo de rotación.

La recolección de los datos implicó tres actividades estrechamente vinculadas:

- diseño del instrumento de recolección de datos; que consistió en un cuestionario que presenta todas las actividades ordenadas según su periodo de realización, definidas en el modelo de manejo previamente establecido (Anexo 1). Cada actividad definida presenta sus respectivas variables de medición en relación con los costos para su realización.
- aplicación del instrumento de medición: la entrevista fue aplicada al dueño del bosque o al representante legal en el expediente de aprovechamiento forestal de los registros del INAB. A la hora de aplicar el instrumento, se le solicitó al entrevistado que se apoyará en los registros contables de las actividades forestales que han ejecutado en la finca, cuando fue posible. El instrumento contó con un apartado donde se le permitió al dueño del bosque emitir su opinión o recomendación sobre los mecanismos, trámites y procedimientos para el manejo de bosques naturales en Guatemala.
- elaborar una base de datos, para ordenar y sistematizar las mediciones obtenidas para su posterior análisis.

a.3. Estructura de los costos medios

Con la información recolectada y con la reconstruida donde hubo limitaciones, se aplicó un análisis de regresión múltiple, para explicar cuantitativamente la relación de los costos medios en el manejo de los bosques naturales de coníferas, según el área con cobertura arbórea a ser intervenida, así como por la especie que la conforma y la calidad de sitio donde se desarrolla.

El modelo de regresión construido estuvo compuesto de una variable cuantitativa y dos variables categóricas, con el fin de explicar el comportamiento de los costos

medios por hectárea. En tal sentido, el modelo hizo uso de variables artificiales y teóricamente se representarían de la siguiente manera:

$$Y_i = \alpha_1 + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_4 D_{4i} + \beta x_i + u_i$$

Donde:

Y_i = Costo medio por hectárea

x_i = Tamaño del bosque bajo manejo

D_{2i} = Calidad de sitio buena

D_{3i} = Calidad de sitio regular

D_{4i} = Especie I

u_i = Término del error

Debido a que el modelo hizo uso de dos variables artificiales, en el cual la especie bajo manejo fue una variable artificial con dos categorías (*pseudostrobus* y *oocarpa*) y calidad de sitio la otra, con tres categorías (buena, regular y mala), se eliminaron las categorías especie *oocarpa* y calidad de sitio mala, para evitar el problema de dependencia lineal perfecta entre las variables.

Es decir, $D_2 = 1 =$ sitio bueno
 $= 0 =$ los demás sitios

$D_3 = 1 =$ sitio regular
 $= 0 =$ los demás sitios

$D_{4i} = 1 =$ Especie I
 $= 0 =$ la otra especie

Los ingresos medios correspondientes a los provenientes de las actividades de venta de madera, leña y postes de los diferentes tratamientos silviculturales, se calcularon de la misma forma que los costos medios.

Los coeficientes de las variables independientes del modelo fueron estimados con la ayuda del programa Sistemas de Análisis Estadístico (SAS). Se evaluó la capacidad de las variables independientes para explicar la variación de los costos medios por hectárea (variable dependiente) mediante las pruebas de "F", "t" y "R²". Para la comprobación de las pruebas de hipótesis se utilizó un nivel de significancia estadística del 5 por ciento.

Las pruebas para la detección de problemas de multicolinealidad y autocorrelación, se llevaron a cabo usando las opciones de COLLIN (prueba de índice de condición) y DW (prueba de Durbin-Watson) de SAS, en su orden respectivo. Para detectar problemas de heterocedasticidad se llevo a cabo la prueba de Breusch-Pagan.

Hipótesis nula planteada:

La hipótesis nula probada en la investigación fue que los costos medios para el manejo sustentable de bosques naturales de coníferas en Guatemala, no varían según el índice de sitio, las especies predominantes y el tamaño del bosque a ser manejado; por lo cual no influirá en el monto a ser otorgado mediante los incentivos forestales para los propietarios de bosques.

Hipótesis Nula:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \beta = 0$$

Vrs.

Hipòtesis alternativa

Ha : al menos un parámetro es diferente a cero.

Para la comprobación de esta hipótesis se utilizó la prueba de "F" con un nivel de significancia estadística del 5 por ciento.

En este caso la hipótesis H_0 (hipótesis nula) probada, es que ninguna de las variables independientes ayuda a explicar la variación de la variable dependiente. De ser rechazada esta hipótesis, entonces, se acepta la H_a (hipótesis alternativa) concluyendo que la variación en la variable dependiente es explicada por al menos una variable independiente incluida en el modelo.

$$H_0 : \beta_k = 0 \quad \text{Vrs.} \quad H_a : \beta_k \neq 0$$

Para la comprobación de ésta hipótesis se empleó la prueba de "t" con un nivel de significancia estadística del 5 por ciento. Esta prueba se realizó para los coeficientes individuales del modelo, tratando de probar que los coeficientes individuales no ayudan a explicar la variación en la variable dependiente.

En relación con la medida de la bondad de ajuste de la línea de regresión de los costos medios se hizo por medio del *coeficiente de determinación* (R^2). Dicho coeficiente fue la medida resumen que nos indicó qué tan bien la línea de regresión calculada se ajusta a los datos de la muestra. En tal sentido, el R^2 midió la proporción o porcentaje de la variación total en la variable dependiente (costos medios) explicada por el modelo de regresión que se construyó.

3.2.3 TERCERA ETAPA

a. Análisis financiero del manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala

Un proyecto forestal puede ser sumamente interesante desde el punto de vista de su eficiencia económica, debido a la generación de bienes y servicios para la sociedad. Ahora bien, sino es además interesante financieramente para las entidades privadas que dedican recursos para implementarlo, no puede esperarse que se lleven a cabo las actividades de manejo forestal, según lo planificado (FAO 1997). En tal sentido, el análisis financiero puede constituir una herramienta

importante para la planificación y diseño de proyectos de incentivos para el manejo de bosques naturales. Un proyecto que sin incentivos no es financieramente viable, puede volverse factible si el Gobierno (sector público) otorga subvenciones. El que estas se consideren o no justificables en un plano económico y/o social, dependerá de la relación entre su magnitud necesaria en las diferentes situaciones de interés y el excedente económico vinculado al proyecto de manejo del bosque.

Dada esta situación, en esta etapa se llevó a cabo el análisis financiero bajo el marco del modelo definido para el manejo de los bosques naturales de coníferas, con el fin de determinar la rentabilidad teórica de la actividad, bajo los distintos escenarios identificados en lo que respecta al tamaño del bosque a manejar, el índice de sitio, las especie(s) predominante(s) y el estado de desarrollo de éste.

Para lo anterior, se estableció en detalle los costos y beneficios por hectárea, en las diferentes etapas silviculturales del manejo del bosque, para lo cual se siguió la siguiente secuencia:

- identificación de costos y beneficios;
- cuantificación de los costos y los beneficios;
- evaluación de los costos y beneficios;
- descuento del valor actual de costos y beneficios; y
- estimación de los indicadores financieros.

En relación con la identificación y cuantificación de los costos de operación y de inversión a lo largo del tiempo, desde la implementación del plan de manejo hasta la actividad de cosecha final de los productos forestales dentro del ciclo de corta, se utilizaron los datos que se obtuvieron para el análisis de los costos medios por hectárea.

Los ingresos promedios se calcularon de la misma forma y correspondieron a los provenientes de las actividades de venta de madera, leña y postes de los diferentes tratamientos silviculturales, con base en la producción comercial total.

El procesamiento de la información se hizo utilizando el programa "Microsoft Excel, a través del cual se construyeron las hojas electrónicas para los flujos de caja. El indicador financiero que se utilizó fue el valor presente neto (VAN). Dado a que el estudio utilizó los precios vigentes en el momento de la investigación, la construcción del flujo de caja se realizó utilizando precios constantes y el impacto de la inflación no fue incluido y por tal motivo, la tasa de interés de oportunidad utilizada para la actualización fue la real a un 8 por ciento.

Al igual que en la etapa anterior, en esta etapa de la investigación se usó los modelos de regresión para proyectar los valores del VAN obtenidos en el análisis financiero, lo cual permitió identificar el tamaño exacto del bosque, donde este indicador financiero dio un valor igual a cero.

3.2.4 CUARTA ETAPA

Esta etapa de la investigación partió del análisis financiero, el cual resultó ser la contabilidad de ingresos y egresos del productor forestal, durante todo el ciclo de rotación, resumido en un flujo de caja y constituyó el instrumento de análisis central donde se vislumbraron todos los aspectos financieros de la actividad de manejo sostenible de los bosques naturales de coníferas y donde se observaron las alternativas de acción operativa para la propuesta de aplicación y las bases para definir los montos del incentivo forestal.

Los criterios para establecer la necesidad de incentivos para el manejo forestal fueron:

- **Conveniencia financiera.**

Este criterio se refiere a la rentabilidad de invertir recursos en las actividades de manejo forestal, durante todo el ciclo de rotación. Este criterio se identificó por medio de los resultados del Valor Actual Neto (VAN). Es decir, con valores del VAN superiores a 0, la actividad se definió como conveniente

financieramente. Las inversiones forestales que dieron valores del VAN inferiores a 0, se definieron como no convenientes financieramente, y es aquí donde es necesario el incentivo forestal.

- Viabilidad financiera

Este criterio se basó en el análisis del flujo de caja, e identificó las magnitudes y momentos de las erogaciones requeridas en el manejo del bosque, según sus estados de desarrollo, versus los montos y momentos en que la actividad genera ingresos por la venta de productos y subproductos. La necesidad del incentivo forestal fue definida en los estados de desarrollo donde los Ingresos menos los Egresos acumulados (Ingreso Neto) fueron negativos.

Bajo los criterios anteriores, el establecimiento de las bases para definir los montos y momentos de desembolso del incentivo forestal, estuvo orientado en la formulación de los modelos cuantitativos que estiman el punto de equilibrio entre el Ingreso-Egreso acumulado, en los diferentes estados de desarrollo. Es decir, el monto que hace que el ingreso neto sea igual a 0, en el estado de desarrollo donde este es negativo.

En tal sentido, esta última etapa del estudio correspondió a la formulación y estimación de los modelos cuantitativos que servirán de base para definir los montos de los incentivos que deben otorgarse para promover el manejo sostenible de los bosques naturales de coníferas de Guatemala.

Los modelos estuvieron en función de las siguientes cuatro variables:

- tamaño del bosque a ser manejado
- especie(S) predominante(s)
- calidad de sitio; y
- estado de desarrollo del bosque.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DEFINICIÓN DEL MODELO PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES NATURALES DE CONÍFERAS

Durante el análisis de gabinete efectuado a los diferentes expedientes de solicitudes de aprovechamiento forestal para bosques de coníferas en el Servicio Forestal de Guatemala, se pudo identificar que casi en su totalidad, con pocas excepciones, constituyen planes de aprovechamiento y no de manejo forestal, dirigidos a los árboles en un estado de desarrollo de maduros a sobremaduros.

De las 63 fincas bajo explotación forestal que constituyeron la muestra de la investigación, el 85% aplican el sistema de aprovechamiento selectivo por diámetro mínimo, y los tratamientos silviculturales sólo están dirigidos a los estados de desarrollo de maduros a sobremaduros. Aunque dicho sistema puede propiciar a que no se corte más que la capacidad productiva del bosque, el mismo ha inducido en la mayoría de estos bosques de coníferas a:

- extracción de los árboles con mejores características fenotípicas con fines comerciales, dejando en la masa arbórea remanente, los individuos mal conformados, torcidos y enfermos. El resultado a largo plazo a sido la degradación del bosque remanente;
- Aunque el método permite cortes relativamente frecuentes en un rodal dado, el volumen por corte por unidad de superficie es relativamente bajo y, por lo tanto, tiende a aumentar los costos de corte, extracción y transporte. Lo cual, ha inducido a que se corte más del volumen autorizado por la institución responsable por unidad de superficie;
- los árboles remanentes con diámetros menores al diámetro mínimo de corta establecido, según el tiempo que han estado en el dosel inferior (oprimidos), son de respuesta lenta en cuanto al crecimiento, después de aplicar los aprovechamientos selectivos por diámetro mínimo. Esto se debe,

principalmente, a que las especies del género Pino necesita mucha apertura del dosel en sus primeros estados de crecimiento. Es importante resaltar, que las aperturas que se generan durante el aprovechamiento tradicional, dependen de la ubicación de los árboles a extraer con mejores características fenotípicas con fines comerciales, y no de la presencia de árboles seleccionados de futura cosecha;

- esta práctica de aprovechamiento forestal tradicional, se caracteriza por ser una actividad extremadamente degradativa al ecosistema, principalmente, por las actividades de tala y extracción, con altos volúmenes de desperdicio de madera aprovechable, fuertes daños a la masa remanente y al suelo, lo que pone en riesgo la factibilidad técnica, ecológica y económica del manejo forestal; y
- las estimaciones del volumen anual de corte en futuros años son complicadas e inexactas.

Aunque actualmente se han hecho intentos de aplicar modelos de manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala, tal es el caso del modelo propuesto por PROCAFOR^a, los mismos no aplicaron en su totalidad a la presente investigación, ya que no consideran por un lado, la planificación de todo el ciclo de rotación, ya que en el mejor de los casos, la misma es quinquenal; y por el otro lado, no se tienen definidos turnos de corta para las especies incluidas en ésta investigación. Considerando que estos modelos presentaron limitantes para predecir los momentos e intensidades de los diferentes tratamientos silviculturales durante todo el turno de rotación, fue necesario construir un modelo de manejo sostenible de bosques naturales de coníferas, que consideró todo el turno de rotación y los tratamientos implícitos durante todo este período, el cual parte de la aplicación de criterios e indicadores de uso y manejo sostenible del recurso.

^a Proyecto PROCAFOR-GUATEMALA Manejo y utilización sostenida de bosques naturales de coníferas en Guatemala. 1997.

4.1.1 Definición de Criterios e Indicadores de Sostenibilidad en el Manejo de Bosques Naturales de Coníferas

La siguiente propuesta de criterios e indicadores para el manejo sostenible de los bosques naturales de coníferas fue desarrollada tomando como base el modelo propuesto por Weber (1990) para proyectos agrícolas, y esta orientada a un modelo de sostenibilidad bajo las siguientes consideraciones:

Nivel : *Sistema de Finca*

Un sistema de finca puede formarse por varios sistemas de producción forestal o diferentes estratos de cobertura arbórea.

Instrumento de Desarrollo: *Plan de Manejo Forestal*

Será la herramienta que le ayude al propietario a planificar los trabajos en la finca en forma ordenada y sostenible, con el fin de hacer uso racional del bosque y mejorar los ingresos familiares. Habrá que buscar o desarrollar propuestas de manejo del recurso que permita tomar en cuenta en forma integral los diferentes sistemas de producción forestal, según la capacidad de uso de la tierra.

Dimensión : *Ecológica*

Los modelos de forestería sostenible deben de incluir las dimensiones ecológicas, económicas y sociales; no obstante, en este modelo se da mayor énfasis a la dimensión ecológica.

Elementos de Categoría

Un elemento es el recurso que se pretende caracterizar en el sistema de finca, significativo desde el punto de vista de la sostenibilidad; por ejemplo el bosque

Criterios de Sostenibilidad :

Los criterios son una categoría de condiciones o procesos por medio de los cuáles puede evaluarse el manejo sostenido del recurso. La función de los criterios es caracterizar o determinar los elementos esenciales de la producción forestal respecto a los cuales pueden evaluarse la sostenibilidad de las prácticas silvícolas.

Un criterio se caracteriza por un conjunto de indicadores relacionados, que son medidos periódicamente para evaluar el cambio; por ejemplo mantenimiento del capital natural

Descriptor

Para cada elemento significativo es necesario seleccionar descriptores, éstos son características significativas de un elemento de acuerdo con los principios atribuidos de sostenibilidad de un sistema de finca. Si el sistema es sostenible, el indicador tendrá un efecto positivo sobre el descriptor del elemento de recurso y un efecto negativo si no lo es; por ejemplo la cobertura

Indicadores de Sostenibilidad

Es una medida de algún aspecto del criterio. Esta puede ser una variable cuantitativa o cualitativa, que puede ser medida o descrita y que cuando se observa periódicamente demuestra tendencias; por ejemplo la tasa de incremento anual para planificar la corta permisible.

Aún no existe una fórmula mágica para sintetizar la complejidad que implica promover el desarrollo sostenible ; no obstante, el Cuadro 1 presenta una propuesta de los criterios e indicadores para desarrollar modelos de producción forestal sostenibles para los bosques de coníferas

| NIVEL | DIMENSION | ELEMENTO DE CATEGORIA | CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD | DESCRIPTOR | INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD | TIPO DE INDICADOR |
|------------------|-----------|--|--|---------------|---|---|
| Sistema de Finca | Ecológica | <ul style="list-style-type: none"> Bosque | <ul style="list-style-type: none"> Conservación de la biodiversidad en ecosistemas naturales | Diversidad | <ul style="list-style-type: none"> Número de especies aprovechadas con relación a la composición del bosque Aprovechamiento de especies con amenazas de extinción Aprovechamiento sostenible de especies no maderables | <p>Descriptivo y cuantitativo</p> <p>Descriptivo</p> <p>Descriptivo</p> |
| | | <ul style="list-style-type: none"> Suelo | <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la capacidad productiva | Calidad | <ul style="list-style-type: none"> Aprovechamiento forestal de bajo impacto <ul style="list-style-type: none"> * tipo * intensidad | Descriptivo |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Uso de la tierra de acuerdo a su capacidad productiva, para mantener la capacidad productiva | Productividad | <ul style="list-style-type: none"> Conflicto de uso de la tierra <ul style="list-style-type: none"> * Subutilización * Uso adecuado * Sobreutilización * Áreas de recuperación | Descriptivo y cuantitativo |
| | | <ul style="list-style-type: none"> Agua | <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la capacidad productiva | Cobertura | <ul style="list-style-type: none"> Protección de áreas de recarga hídrica | Descriptivo |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento del capital natural | Cobertura | <ul style="list-style-type: none"> Áreas forestales no intervenidas a lo largo de corrientes de agua | Descriptivo |
| | | <ul style="list-style-type: none"> Fauna | <ul style="list-style-type: none"> Conservación de la biodiversidad en ecosistemas forestales | Diversidad | <ul style="list-style-type: none"> Medidas de conservación en especies en peligro de extinción Caza controlada | Descriptivo |
| | Económica | <ul style="list-style-type: none"> Bosque | <ul style="list-style-type: none"> Rentabilidad económica y financiera | Rentabilidad | <ul style="list-style-type: none"> Valor Actual Neto Tasa Interna de retorno | Descriptivo |
| | Social | <ul style="list-style-type: none"> Bosque | <ul style="list-style-type: none"> Sostenibilidad del proceso | | <ul style="list-style-type: none"> Internalización del dueño del bosque sobre la necesidad de manejar el recurso sostenidamente y de los tratamientos silviculturales a aplicar al mismo | Cuantitativo |

Se debe considerar que el desarrollo sostenible no es estático, sino dinámico, por lo que los criterios e indicadores para inducir a la sostenibilidad de los sistemas de producción forestal en coníferas no deben ser estáticos y rígidos; necesitan de una continua evaluación y ajuste. Obviamente, hay límites y éstos los establece la propia naturaleza, el ambiente, la disponibilidad de recursos naturales, la tecnología, la organización social prevaleciente y la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas. No existen indicadores universales, sino que cada sistema de fincas, dependiendo de su nivel de agregación y sus elementos específicos, tendrá su propio conjunto de indicadores.

Mediante la entrevista (Anexo 1) realizada a los directores técnicos de las regiones forestales muestreadas, se pudo identificar que a nivel institucional solo prevalecen los criterios de corta permisible y recuperación de la masa forestal como indicador de sostenibilidad, los cuales son establecidos en la Ley Forestal (Decreto No. 101-96) en su artículo 48, numerales h) e l), a lo referente al aprovechamiento y manejo sostenido del bosque. No obstante, durante el análisis de gabinete realizado a los diferentes expedientes de manejo forestal registrados en el servicio forestal y las visitas de campo a las mismas, se pudo comprobar que son pocos los casos que cumplen con estos criterios a cabalidad en la práctica.

4.1.2 Modelo de manejo forestal sostenible en bosques naturales de coníferas

Ya sea simple o complejo, un modelo es una representación que idealiza, simplifica y abstrae selectivamente la realidad, y esta representación es construida por individuos (Eppen, G.; Gould, f.; Schmidt C. 1992). Bajo este marco conceptual, la Gráfica 1 presenta el modelo de planeación silvicultural para bosques naturales de coníferas, construido como punto de referencia para el análisis financiero de la presente investigación, el cual exhibe una estructura lógica del manejo forestal durante todo el ciclo productivo de la masa arbórea, hasta su turno de corta. Esta orientado a predecir, identificar y registrar los momentos y las

intensidades de los diferentes tratamientos silviculturales, principalmente, en lo referente a podas, raleos y corta final. Otro objetivo potencial del modelo será explorar alternativas de mercado de los productos y subproductos forestales provenientes de los tratamientos silviculturales, previa ejecución.

La construcción del modelo se llevó a cabo tomando como referencia el modelo PROCAFOR y de información de fuentes primarias, tales como: entrevistas con especialistas y recabación de información dasonómica en campo. Dentro de la información de fuentes secundarias se tuvo las referencias bibliográficas de la literatura relacionadas con el tema y la información silvicultural que PROCAFOR ha generado, tales como: curvas de calidad de sitio para las especie *oocarpa* para el departamento de Huehuetenango, de la especie *pseudostrobus* (Escobedo 1996), y *maximinoi* (Portillo 1996); tablas de crecimiento y volumen de la especie *oocarpa* para el departamento de Huehuetenango (Villatoro 1998), de la especie *pseudostrobus* (Lopez 1998). Si bien algunos de los datos de base utilizados, tales como: los índices de sitio, no podrían ser del todo valederos para todo el país, son al menos los únicos que se han elaborado hasta el momento de la presente investigación

El modelo de manejo de bosques naturales de coníferas presentado en la Gráfica 1 consiste, en general, en mantener el máximo número de árboles en pie sin dejar que haya competencia de copas, aplicar los tratamientos silviculturales para mejorar la calidad y la cantidad de la madera. Todo esto, considerando el estado de desarrollo de la masa arbórea y la calidad de sitio donde ésta se desarrolla. La aplicación del modelo contempla, en lo posible, la formación de rodales uniformes en densidad y edad.

Gráfica No. 1
MODELO
 Manejo de Bosque
 natural de
 Coníferas

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|---|---|--|--|--|---|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD <i>Pinus pseudostrabus</i> Calidad de sitio I | 0 - 1 año | 1 - 6 años | 6 - 12 años | 12 - 17 años | 17 - 21 años |
| TRATAMIENTOS SILVICULTURAL | <ul style="list-style-type: none"> * Quema controlada - Escarificación del suelo - Picado superficial - Deshije | <ul style="list-style-type: none"> * Primera limpia¹ * Segunda limpia¹ * Mantenimiento de brecha contra fuego² * Corta de liberación de arboles semilleros * Raleo latizales * Poda | <ul style="list-style-type: none"> * Raleo * Poda * Mantenimiento de brecha contra incendio | <ul style="list-style-type: none"> * Raleo * Mantenimiento de brecha contra incendio | <ul style="list-style-type: none"> * Corta final con arboles semilleros - 20 arboles semilleros |
| DENSIDAD POR HA. ANTES DEL RALEO. | Un mínimo de 1620 | 1620 | 1600 | 750 | 440 |
| DENSIDAD MÁXIMA (Arboles ha ⁻¹) | 2500 | 1600 | 750 | 440 | 20 arboles semilleros |
| ARBOLES A EXTRAIDOS POR HA. | Solo cuando el No. de arboles este arriba de 2500 | - Cuando la densidad este arriba de los 1600 | 850 arboles con Dap de 17-18 cm | 310 arboles con Dap de 26-27 cm | 420 arboles con Dap de 32-33 cm |
| INTENSIDAD RALEO | | - 20 semilleros | 53 % | 41 % | Cosecha Final |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN | Ninguna | 20 arboles semilleros Dap 38-39 cm (24 m ³) | 150 m ³ /ha | 133 m ³ /ha | 295 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER | Ninguno | - Troza de 39 a 20 cm de diámetro = 21 m ³ - Leña = 3 m ³ | - Postos de 17 a 10 cm de diámetro = 93 m ³ - Leña = 58 m ³ | - Troza de 26 a 15 cm de diámetro = 111 m ³ - Leña = 22 m ³ | - Troza de 32 a 20 cm de diámetro = 241 m ³ - Leña = 54 m ³ |

¹ La primera y segunda limpia, se llevarán a cabo del primer año hasta que la planta haya alcanzado los 5 metros de altura

² Idem
³ A partir del segundo año, solo se hará mantenimiento de la brecha corta fuego, ya que la misma fue elaborada a la hora de realizar la quema controlada del primer año

Los estados de desarrollo de la masa forestal fueron determinados considerando la altura del rodal y no la edad, ya que según la calidad de sitio y la especie, se pueden alcanzar alturas fijadas a diferentes edades.

Como es sabido, la calidad de sitio de un rodal determina su capacidad productiva; es decir, hasta qué cantidad de madera puede éste producir. **La densidad** denominada también espesura, indica hasta qué grado, el rodal está utilizando la capacidad productiva del sitio.

Prácticamente no se puede ejercer control sobre la capacidad productiva de un determinado rodal, ya que ésta depende mayormente de la calidad del sitio; pero si se puede controlar la densidad del rodal, la calidad y las dimensiones de los árboles que lo conforman. Bajo este marco, el modelo considera dejar el máximo número de árboles en pie, sin dejar que haya competencias de copas, y por lo consiguiente, que limite el crecimiento de éstos en los diferentes estados de desarrollo, para lograr utilizar en un buen grado la capacidad productiva del sitio.

La densidad máxima del rodal en los diferentes estados de desarrollo, sirvió de base para determinar la intensidad de raleo a que será sometido el rodal, y la cantidad de producto a obtener del mismo. La densidad varía para cada especie en cada sitio. El índice utilizado para determinar las densidades fue el de espaciamiento relativo, el cual evalúa el tamaño de los árboles en el rodal y su número por unidad de área. Los índices de espaciamiento relativo para coníferas utilizados en el modelo para determinar las densidades, según el estado de desarrollo y calidad de sitio, fueron los establecidos por Lemckart y Dick citados por Ortiz (1995).

El turno de rotación es el número de años que crece un rodal antes de ser explotado. Este fue definido con base en el criterio técnico-forestal. Este criterio de definir el turno de rotación tiene su aplicación limitada a satisfacer exigencias o necesidades reales de la industria o del consumo forestal, y está fijado por el

tiempo que se requiere para producir determinadas dimensiones. Para el caso de la presente investigación se identificó que el diámetro mínimo para la cosecha final de bosques de coníferas es de 35 cm, el cual fue definido por las exigencias del mercado, según las entrevistas dirigidas a la industria forestal (Anexo 1).

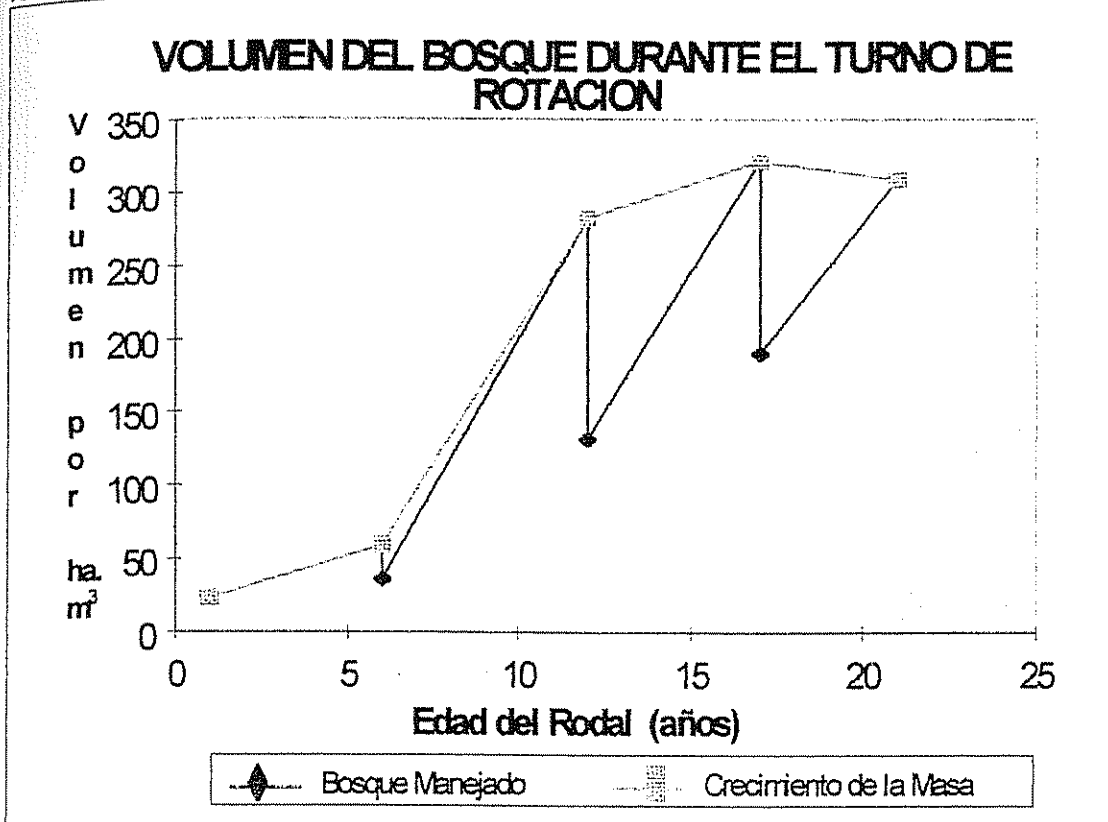
La calidad del sitio fue una variable importante para definir el turno de rotación técnica, ya que como se dijo anteriormente, ésta expresa la productividad promedio de un área determinada para el crecimiento de los árboles dentro del rodal. En tal sentido, a mejor sitio, la rotación es más corta.

Se puede fijar una rotación para una masa boscosa como un todo, pero esto no impide que se corte antes o después un rodal determinado, ya sea por consideraciones especiales de transporte, precios, mercado, etc.

El volumen del fuste en metros cúbicos sin corteza hasta distintos índices de utilización para troza, postes y leña después de cada raleo y cosecha final, fue obtenida mediante la tabla de índices de utilización de fustes en coníferas (Anexo 2) propuesta por la FAO (1977).

En la Figura 2 se muestra, en forma de ejemplo y de manera gráfica, el volumen en metros cúbicos por hectárea del rodal de pino de la especie *pseudostrobus* en una calidad de sitio I, la cual es manejada durante todo el turno de rotación, según el estado de desarrollo de la masa arbórea. Parte de un volumen inicial que es proveniente de los árboles semilleros, que se dejan para regenerar naturalmente el bosque. La corta de los árboles semilleros se lleva a cabo antes de que la regeneración alcance cinco metros de altura. Se aplica un mínimo de dos raleos antes de la cosecha final, con el objetivo de mantener las densidades adecuadas por unidad de superficie, y distribuir el volumen en los mejores árboles.

Figura 2: Volumen del rodal de *Pino pseudostrobus* en calidad de sitio I, durante todo el ciclo de rotación, según los tratamientos silviculturales aplicados en los distintos estados de desarrollo.



En los Cuadros del 2 al 7, se presentan los resultados de la aplicación del modelo en las dos especies de coníferas bajo estudio, referente al rango de edad para los diferentes estados de desarrollo y calidades de sitio, densidades máximas por hectárea, árboles extraídos en cada tratamiento silvicultural y el volumen en m^3 provenientes de los mismos, según los productos a obtener. Los resultados de la aplicación del modelo, hacen referencia de las actividades y productos a obtener por hectárea

Cuadro 2 Modelo de manejo de bosque natural de la especie *Pinus pseudostrobus*, durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio I.

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|--|-------------------|---|--|---|---|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD Calidad de sitio I | 0 - 1 años | 1 - 6 años | 6 - 12 años | 12 - 17 años | 17 - 21 años |
| DENSIDAD ha ⁻¹ antes del raleo | Un mínimo de 1620 | 1620 | 1600 | 750 | 440 |
| DENSIDAD MÁXIMA ha ⁻¹ . | 2500 | 1600 | 750 | 440 | 20 |
| ARBOLES EXTRAIDOS ha ⁻¹ | | - Cuando la densidad esté arriba de 1600 - 20 semilleros | 850 arboles Dap de 17 cm | 310 arboles Dap de 26-27 cm | 420 arboles Dap de 32-33 cm |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ha ⁻¹ | Ninguna | 20 semilleros con dap 38-39 24 m ³ | 150 m ³ /ha | 133 m ³ /ha | 295 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER EN M ³ /ha | | - Troza de 38 a 20 cm 21 m ³ - Leña 3.m ³ | - Poste de 17 a 10 cm 93 m ³ - Leña 58 m ³ | - Troza de 26 a 15 cm 111 m ³ - Leña 22 m ³ | - Troza de 32 a 20 cm 241 m ³ - Leña 54 m ³ |
| TURNO de Rotación Técnica | 21 años | | | | |

Cuadro 3 Modelo de manejo de bosque natural de la especie *Pinus pseudostrobus*, durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio II.

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|--|-------------------|--|--|---|---|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD Calidad de sitio II | 0 - 1 años | 1 - 7 años | 7 - 16 años | 16 - 23 años | 23 - 31 años |
| DENSIDAD ha ⁻¹ Antes del raleo | Un mínimo de 1625 | 1625 | 1400 | 680 | 400 |
| DENSIDAD MÁXIMA ha ⁻¹ . | 2500 | 1400 | 680 | 400 | 25 |
| ARBOLES EXTRAIDOS ha ⁻¹ | | - 200 arboles Dap 4-5 cm - 25 semilleros Dap 40-41 | 720 arboles Dap de 17-18 cm | 280 arboles Dap de 27-28 cm | 375 arboles Dap de 35 cm |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ha ⁻¹ | Ninguna | - 2.13 m ³ - semilleros 37 m ³ | 105 m ³ /ha | 114 m ³ /ha | 335 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER EN M ³ /ha | | - Troza de 40 a 25 cm 23 23 M ³ -Leña 13 m ³ | - Poste de 17 a 10 cm 78 43 m ³ -Leña 27 m ³ | - Troza de 27 a 15 cm 109.2 m ³ -Leña 5 m ³ | - Troza de 35 a 20 cm 268 20 m ³ -Leña 66 m ³ |
| TURNO de Rotación Técnica | 31 años | | | | |

Cuadro 4 Modelo de manejo de bosque natural de la especie *Pinus pseudostrabus*, durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio III.

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|--|-------------------|--|--|--|--|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD Calidad de sitio III | 0 - 1 años | 1 - 9 años | 9 - 19 años | 19 - 28 años | 28 - 39 años |
| DENSIDAD ha ⁻¹ . Antes del raleo | Un mínimo de 1630 | 1630 | 1300 | 620 | 400 |
| DENSIDAD MÁXIMA ha ⁻¹ . | 2500 | 1300 | 620 | 400 | 30 |
| ARBOLES EXTRAIDOS ha ⁻¹ | | - 300 arboles Dap 4-5 cm - 30 semilleros Dap 40 | 680 arboles Dap de 16 cm | 220 arboles Dap de 25-26 cm | 370 arboles Dap de 34-35 cm |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ha ⁻¹ | Ninguna | - 15 64 m ³ - semilleros 44.51 m ³ | 158 m ³ /ha | 111 m ³ /ha | 362 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER EN M ³ /ha | | - Troza de 40 a 25 cm 28 m ³ - Leña 32 m ³ | - Poste de 16 a 10 cm 65 m ³ - Leña 93 m ³ | - Troza de 25 a 15 cm 72 m ³ - Leña 39 m ³ | - Poste de 34 a 20 cm 247 m ³ - Leña 115 m ³ |
| TURNO de Rotación Técnica | 39 años | | | | |

Cuadro 5 Modelo de manejo de bosque natural de la especie *Pinus oocarpa*, durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio I.

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|--|-------------------|--|---|--|--|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD Calidad de sitio I | 0 - 1 años | 1 - 8 años | 8 - 21 años | 21 - 32 años | 32 - 48 años |
| DENSIDAD ha ⁻¹ . Antes del raleo | Un mínimo de 1620 | 1620 | 1600 | 750 | 440 |
| DENSIDAD MÁXIMA ha ⁻¹ . | 2500 | 1600 | 750 | 440 | 20 |
| ARBOLES EXTRAIDOS ha ⁻¹ | | - Cuando la densidad esté arriba de 1600 - 20 semilleros | 850 arboles Dap de 15 cm | 310 arboles Dap de 23 cm | 420 arboles Dap de 30 cm |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ha ⁻¹ | Ninguna | 20 semilleros con dap 33 26 m ³ | 116 m ³ /ha | 123 m ³ /ha | 407 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER EN M ³ /ha | | - Troza de 33 a 20 cm 13 m ³ - Leña 13 m ³ | - Poste de 15 a 10 cm 69 m ³ - Leña 480 m ³ | - Troza de 23 a 15 cm 81 m ³ - Leña 41 m ³ | - Troza de 30 a 20 cm 215 m ³ - Leña 192 m ³ |
| TURNO de Rotación Técnica | 48 años | | | | |

Cuadro 6 Modelo de manejo de bosque natural de la especie *Pinus oocarpa*, durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio II.

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|--|-------------------|---|--|---|---|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD Calidad de sitio II | 0 - 1 años | 1 - 10 años | 10 - 29 años | 29 - 45 años | 45 - 61 años |
| DENSIDAD ha ⁻¹ . Antes del raleo | Un mínimo de 1625 | 1625 | 1400 | 680 | 400 |
| DENSIDAD MÁXIMA ha ⁻¹ . | 2500 | 1400 | 680 | 400 | 25 |
| ARBOLES EXTRAIDOS ha ⁻¹ | | - 200 arboles Dap 4 cm - 25 semilleros Dap 42 | 720 arboles Dap de 17 cm | 280 arboles Dap de 27-28 cm | 375 arboles Dap de 37 cm |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ha ⁻¹ | Ninguna | - 1 4 m ³ - semilleros 32 m ³ | 111 m ³ /ha | 136 m ³ /ha | 364 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER EN M ³ /ha | | - Troza de 42 a 25 cm 27 m ³ - Leña 6 m ³ | - Poste de 17 a 10 cm 77 m ³ - Leña 34 m ³ | - Troza de 27 a 15 cm 106 m ³ - Leña 29 m ³ | - Troza de 37 a 20 cm 316 m ³ - Leña 48 m ³ |
| TURNO de Rotación Técnica | 61 años | | | | |

Cuadro 7 Modelo de manejo de bosque natural de la especie *Pinus oocarpa*, durante todo el turno de rotación, en calidad de sitio III.

| ESTADO DE DESARROLLO | BRINZAL | LATIZAL | JOVEN | MEDIANO | MADURO |
|--|-------------------|---|---|---|--|
| ALTURA HASTA (m) | 1 | 5 | 15 | 21 | 25 |
| RANGO DE EDAD Calidad de sitio III | 0 - 1 años | 1 - 14 años | 14 - 46 años | 46 - 71 años | 71 - 87 años |
| DENSIDAD ha ⁻¹ . Antes del raleo | Un mínimo de 1630 | 1630 | 1300 | 620 | 400 |
| DENSIDAD MÁXIMA ha ⁻¹ . | 2500 | 1300 | 620 | 400 | 30 |
| ARBOLES EXTRAIDOS ha ⁻¹ | | - 300 arboles Dap 5-6 cm - 30 semilleros Dap 48 | 680 arboles Dap de 16 cm | 220 arboles Dap de 25-26 cm | 370 arboles Dap de 34-35 cm |
| VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ha ⁻¹ | Ninguna | - 3 3 64 m ³ - semilleros 43 m ³ | 203 m ³ /ha | 179 m ³ /ha | 426 m ³ /ha |
| PRODUCTOS A OBTENER EN M ³ /ha | | - Troza de 48 a 25 cm 41 m ³ - Leña 5 m ³ | - Poste de 16 a 10 cm 64 m ³ - Leña 139 m ³ | - Troza de 25 a 15 cm 70 m ³ - Leña 109 m ³ | - Troza de 34 a 20 cm 257 m ³ - Leña 169 m ³ |
| TURNO de Rotación Técnica | 87 años | | | | |

4.2 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS MEDIOS POR HECTÁREA EN EL MANEJO DE BOSQUES DE NATURALES DE CONÍFERAS

Después de definir un marco conceptual y metodológico homogéneo para el manejo de bosques naturales de coníferas, mediante el modelo propuesto, se determinaron los costos que implica llevar a la práctica el mismo. Estos costos fueron obtenidos por medio de las entrevistas realizadas a los propietarios, representantes legales o regentes forestales de las 63 fincas seleccionadas en la muestra, de las siete regiones muestreadas. Los costos fueron clasificados como se presentan en el siguiente Cuadro:

Cuadro 8 Clasificación y descripción de los costos en el manejo de bosques naturales de coníferas.

| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN DEL GASTO | UNIDAD DE MEDIDA |
|------------------------------|---|--|
| a. Tramitología | <ul style="list-style-type: none"> ■ Plan de Manejo ■ Tramites de licencia ■ Regencia forestal ■ Autentica y mandato | costo/área costo/día costo/área costo/licencia |
| b. Impuestos | <ul style="list-style-type: none"> ■ 10 % de la madera en pie | costo/m ³ |
| c. Vigilancia | <ul style="list-style-type: none"> ■ Control y vigilancia | días al año/área |
| c. Costos Directos de Manejo | | |
| → Brinzal | <ul style="list-style-type: none"> ■ Quema controlada ■ Picado superficial | jornales/ha jornales/ha |
| → Latizal | <ul style="list-style-type: none"> ■ Primera limpia ■ Segunda limpia ■ Corta de arboles semilleros <ul style="list-style-type: none"> • Tala • Arrastre • Hechura de leña • Arrastre de leña ■ Raleos Latizal ■ Podas | jornales/ha jornales/ha costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ jornales/ha jornales/ha |
| → Joven | <ul style="list-style-type: none"> ■ Raleos <ul style="list-style-type: none"> • Tala • Labrado Arrastre | costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ |

| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN DEL GASTO | UNIDAD DE MEDIDA |
|-----------|---|---|
| → Mediano | <ul style="list-style-type: none"> • Hechura de leña • Arrastre de leña ■ Podas Mantenimiento de brechas contra incendios | costo/m ³ costo/m ³ jornales/ha jornales/ha |
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ Raleos • Tala • Labrado • Arrastre • Hechura de leña • Arrastre de leña ■ Mantenimiento de brecha contra incendio | costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ jornales/ha |
| → Maduro | <ul style="list-style-type: none"> ■ Cosecha final • Tala • Labrado • Arrastre • Hechura de leña • Arrastre de leña ■ Mantenimiento de brecha contra incendios | costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ costo/m ³ jornales/ha |

Con el objetivo de determinar los costos medios por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas, se aplicaron los costos obtenidos para diferentes tamaños de finca, según la información de la muestra y la reconstruida, dado los diferentes escenarios identificados, a saber:

- ⇒ especie predominante;
- ⇒ calidad de sitio; y
- ⇒ estado de desarrollo.

4.2.1 Estructura de los costos por hectárea en el manejo de Bosques naturales de Coníferas

Con el fin de establecer y explicar cuantitativamente la relación de los costos medios por hectárea para el manejo sustentable de bosques naturales de coníferas en Guatemala, y saber si éstos varían según los escenarios planteados (índice de sitio, especie), se construyó el siguiente modelo:

$$\text{Costos/ha} = \text{Intercepto} + \alpha_2 \text{Sitio}_{ii} + \alpha_3 \text{Sitio}_{iii} + \alpha_4 \text{Especie}_{ii} + \beta_1 \text{Area}_i + u_i$$

Dado que el modelo contiene dos variables cualitativas, que son la variable sitio con tres categorías (bueno, regular y malo) y la variable especie con dos categorías (*pseudostrobus* y *oocarpa*), se eliminaron las categorías de sitio malo y especie *oocarpa*, para evitar el problema de dependencia lineal perfecta entre las variables. En este sentido, cuando:

Sitio_{ii} = 1 = Sitio Bueno
0 = los demás sitios

Sitio_{2i} = 1 = Sitio Regular
0 = los demás sitios

Especie_{ii} = 1 = Especie *pseudostrobus*
0 = Especie *Oocarpa*

Los modelos probados se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 9: Modelos probados de la relación costos medios por ha y tamaño de la finca bajo manejo, según los diferentes escenarios.

| Ns | MODELO | β_0 | D ₁ | D ₂ | D ₃ | β_1 | Pr > F | R ² |
|----|---|-----------|----------------|----------------|----------------|-----------|--------|----------------|
| 1 | $Y = 74075 - 16550D_1 - 9892D_2 - 16343D_3 - 62.9 X$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.66 |
| 2 | $Y = 61927 - 16550D_1 - 9892D_2 - 6343D_3 + 61927 (1/X)$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.79 |
| 3 | $Y = 76224 - 16550D_1 - 9892D_2 - 16343D_3 - 164X + 0.26 X^2$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.71 |

| | | | | | | | | |
|---|--|----|----|----|----|----|--------|------|
| 4 | $\ln y = 11.22 - 0.298D_1 - 0.164D_2 - 0.297D_3 - 0.0013 X$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.77 |
| 5 | $\ln y = 11.48 - 0.298D_1 - 0.164D_2 - 0.297D_3 - 0.119 (\ln X)$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.92 |
| 6 | $Y = 88469 - 16550D_1 - 9892D_2 - 16343D_3 - 6276.8 (\ln X)$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.84 |

Referencias:

R^2 = Coeficiente de determinación

$Pr > F$ = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

D_1 = Sitio I

D_2 = Sitio II

D_3 = Especie I

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

Con base en los resultados presentados en el cuadro anterior, se seleccionó el quinto modelo (Log-Log) como el mejor, por tener el R^2 más alto (92%). El modelo seleccionado es el siguiente:

$$\ln \text{Costos} = 11.48 - 0.298 \text{ Sitio}_I - 0.164 \text{ Sitio}_{II} - 0.297 \text{ Especie}_I - 0.119 \ln \text{Area} \dots (4.1)$$

Donde:

$\ln \text{Costos}$ = Logaritmo natural de los costos por hectárea

$\ln \text{Area}$ = Logaritmo natural del área bajo manejo.

Cuadro 10 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo (4.1)

| Resumen | | | | | | |
|------------------------------------|----------|--------------------|----------------|----------------------------|-----------|--|
| Análisis de Varianza | | | | | | |
| | Grados | Suma de | Promedios | | | |
| Fuente | Libertad | Cuadrados | de Cuadrados | Valor de F | Prob > F | |
| Modelo | 4 | 13.38063 | 3.34516 | 536.176 | 0.0001 | |
| Error | 175 | 1.09181 | 0.00624 | | | |
| C Total | 179 | 14.47244 | | | | |
| Coeficiente de Determinación R^2 | | 0.9246 | | | | |
| R^2 Ajustado | | 0.9228 | | | | |
| Desviación estándar del error | | 0.72963 | | | | |
| Parámetros estimados | | | | | | |
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H_0 : Parámetro=0 | Prob > T | |
| INTERCEPTO | 1 | 11.489491 | 0.01608859 | 714.139 | 0.0001 | |
| Ln AREA | 1 | -0.119382 | 0.00360514 | -33.114 | 0.0001 | |
| SITIO1 | 1 | -0.294552 | 0.01442096 | -20.425 | 0.0001 | |
| SITIO2 | 1 | -0.164843 | 0.01442096 | -11.431 | 0.0001 | |
| ESPECIE1 | 1 | -0.295300 | 0.01177466 | -25.079 | 0.0001 | |

De acuerdo con los valores del R^2 (0.9246), el comportamiento de los costos medios por hectárea es explicado en un 92,46% por el modelo logarítmico (4.1). En relación con el valor de probabilidad de "F" (0.0001) se puede concluir que al menos alguna variable independientes consideradas en el modelo ayuda a explicar la variación en los costos por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas, lo cuál rechaza la hipótesis nula ($H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \beta = 0$) que ninguna de las variables independientes ayuda a explicar la variación de los costos por hectárea.

Así también, de los resultados del modelo econométrico (1.1) se desprende que los coeficientes individuales de las variables independientes área bajo manejo, calidad de sitio y especie manejada, consideradas en el modelo, son estadísticamente significativas ($p < 1\%$), lo cual ayuda para rechazar la hipótesis nula ($H_0 : \beta_k = 0$) planteada en principio, que los coeficientes individuales no ayudan a explicar la variación de los costos por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas. Lo anterior implica que, la variable dependiente (costos/ha.) está influenciada no solamente por la variable cuantitativa área bajo manejo, sino también por las variables cualitativas de calidad de sitio y especie predominante. Es decir que, manteniendo constante otros factores, se tiene que los costos por hectárea en el manejo de bosques naturales tiende a ser menores en calidad de sitio bueno y cuando la especie predominante es *Pinus pseudostrobus* y a ser mayores cuando el manejo se hace en calidad de sitio malo con la especie *Pinus oocarpa*.

Al aplicar las pruebas de Durbin- Watson y la de Breusch- Pagan para detectar autocorrelación y heterocedasticidad respectivamente, arrojó los valores de d (1.266) y de 27 en su orden respectivo. Al comparar el primer valor con los valores de d_l (1.58) y d_u (1.78) de la tabla de Durbin-Watson y el segundo con la de la tabla de X^2 (chi-square), se encontró presencia de una leve autocorrelación de primer orden y problemas de heterocedasticidad, según el orden indicado. Al hacer las pruebas para detectar cuál de las variables estaba causando el

problema, se estableció que las variables cualitativas de calidad de sitio y especie bajo manejo eran las causantes.

Una de las opciones para corregir dichos problemas fue, hacer pruebas de hipótesis para establecer si las ecuaciones de regresión tienen estructura diferente por calidad de sitio y especie, ya que de ser así, con ello, se evitaría el problema que estas variables causan al regresionarlas juntas.

La hipótesis nula probada fue:

$$H_0 : \beta^a_0 = \beta^b_0 = \beta^c_0 = \beta^d_0 = \beta^e_0 = \beta^f_0 \text{ y}$$

$$\beta^a_1 = \beta^b_1 = \beta^c_1 = \beta^d_1 = \beta^e_1 = \beta^f_1$$

donde :

β_0 = intercepto

β_1 = Pendiente

y :

$$Ln y = \beta_0 + \alpha_2 D_{li} + \alpha_3 D_{lII} + \alpha_4 D_{li} + \beta_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación Estimada}$$

$$Ln y = \beta^a_0 + \beta^a_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioI Especiel}$$

$$Ln y = \beta^b_0 + \beta^b_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioI Especiell}$$

$$Ln y = \beta^c_0 + \beta^c_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioII Especiel}$$

$$Ln y = \beta^d_0 + \beta^d_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioII Especiell}$$

$$Ln y = \beta^e_0 + \beta^e_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioIII Especiel}$$

$$Ln y = \beta^f_0 + \beta^f_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioIII Especiell}$$

El valor obtenido de la "F" en la prueba de igualdad de las ecuaciones de regresión fue de 29.48 y el valor de la distribución de "F" de la tabla para 1 grado de libertad en el numerador y 168 en el denominador es de 6.76. Dado a que el valor de la "F" en la prueba de igualdad de ecuaciones de regresión fue mayor que el tabulado, se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que las ecuaciones de regresión son diferentes en la pendiente y en el intercepto. En virtud de lo anterior, se estimaron

los parámetros de las ecuaciones de regresión de los diferentes escenarios por separado.

4.2.1.1 Estructura de los costos por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas, por especie y por calidad de sitio.

Especie *pseudostrobus* en calidad de sitio bueno

El modelo estimado es :

$$\ln y_i = 10.8843 - 0.10292 \ln X_i \dots\dots\dots \text{Modelo Linealizado}$$

Donde

$\ln y$ = logaritmo natural de costos por ha

$\ln X$ = logaritmo natural de Area bajo manejo

$$y_i = 53332.43 X_i^{-0.10292} \dots\dots\dots \text{Modelo Original}$$

En el cuadro 11, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico doble logarítmico explica en un 90,79% la variación de los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio buena, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente, que en este caso es área bajo manejo, es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 11 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|---------|
| Modelo | 1 | 0.84754 | 0.84754 | 275.942 | 0.0001 | 0.9070 | 0.52426 |
| Error | 28 | 0.08600 | 0.00307 | | | | |
| C Total | 29 | 0.93354 | | | | | |

Parámetros Estimados

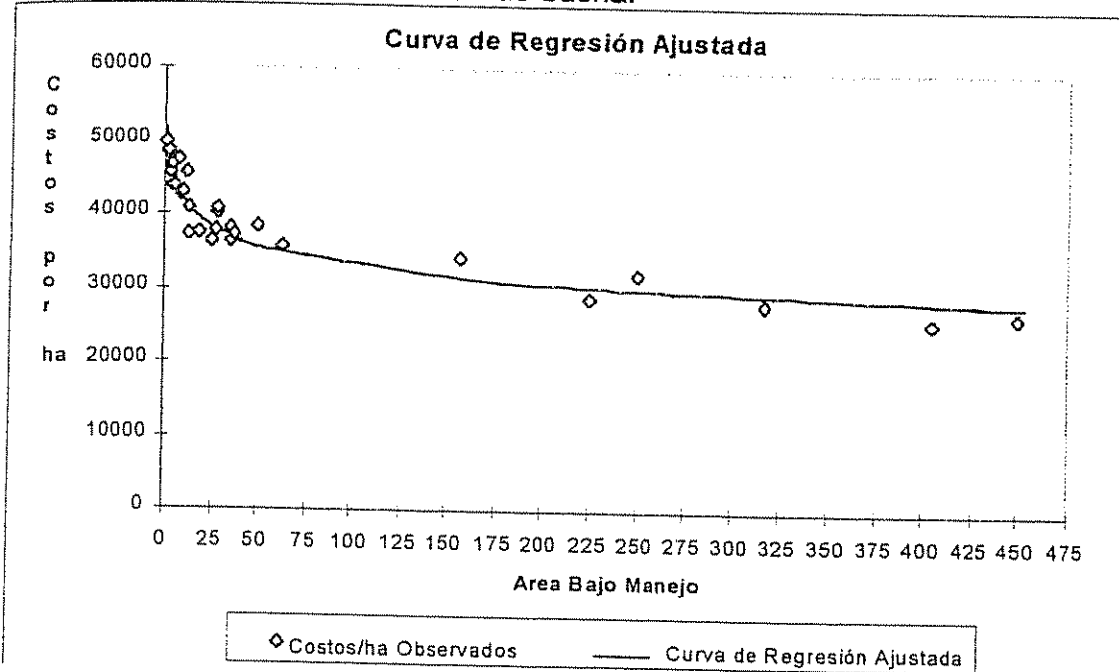
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | 10.884259 | 0.02138761 | 508.905 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | -0.102925 | 0.00619603 | -16.612 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson (1.388), Breusch Pagan (3.3) y de Índice de Condición (3.97) para detectar problemas de

autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

En la Figura 3, se presenta de manera gráfica la relación de los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio bueno, en la cual se identifica que conforme aumenta el área bajo manejo, los costos por unidad de área tienden a disminuir en forma lineal.

Figura 3. Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena.



Especie pseudostrobus en calidad de sitio regular

El modelo estimado es:

$$\ln y_j = 11.0226 - 0.115671 \ln X_j \dots \dots \dots \text{Modelo Linealizado}$$

Donde

$\ln y$ = logaritmo natural de costos por ha
 $\ln X$ = logaritmo natural de Área bajo manejo

$$y_i = 61242.70 X_i^{-0.115671} \dots \dots \dots \text{Modelo Original}$$

En el Cuadro 12, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico doble logarítmico explica en un 93,74% la variación de los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio regular, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente, que como en el caso anterior es área bajo manejo, es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 12 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

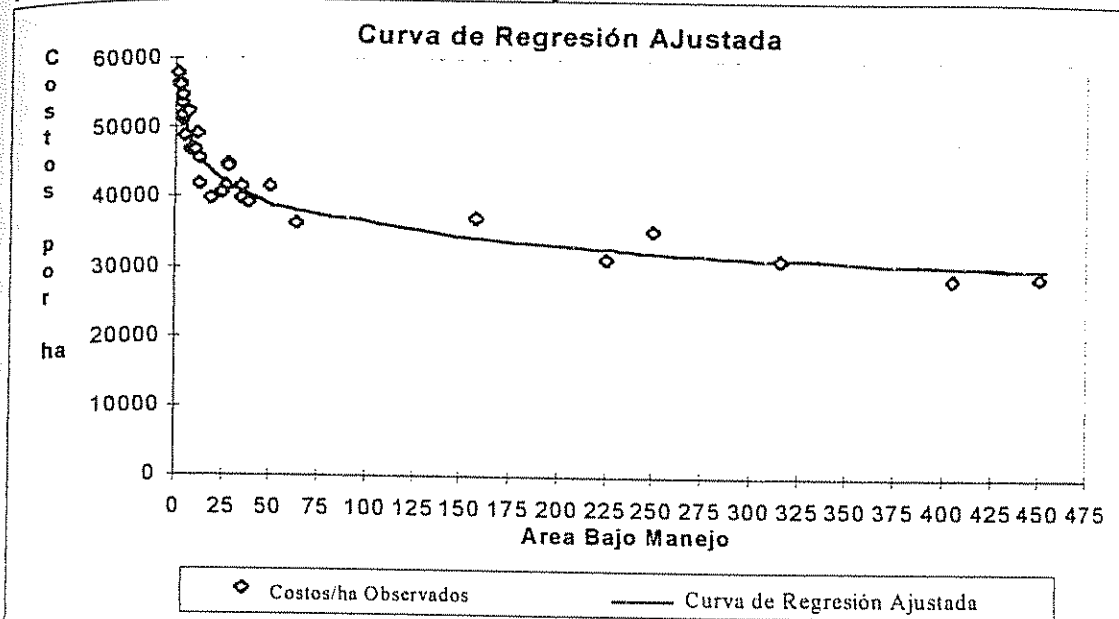
| RESUMEN | | | | | | | |
|----------------------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|---|---------|
| Análisis de Varianza | | | | | | | |
| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coeficiente de Determinación R ² | C.v |
| Modelo | 1 | 1.07044 | 1.07044 | 419.600 | 0.0001 | 0.9374 | 0.47333 |
| Error | 28 | 0.07143 | 0.00255 | | | | |
| C Total | 29 | 1.14187 | | | | | |

| Parámetros Estimados | | | | | |
|----------------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
| Intercepto | 1 | 11.022641 | 0.01949197 | 565.496 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | -0.115671 | 0.00564686 | -20.484 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson (1.893), Breusch Pagan (3.35) y de Índice de Condición (3.97) para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

En la Figura 4, se presenta de manera gráfica la relación de los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio regular, en la cual se identifica como en el caso anterior que conforme aumenta el área bajo manejo, los costos por unidad de área tienden a disminuir en forma lineal.

Figura 4. Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular.



Especie *pseudostrobus* en calidad de sitio malo

El modelo estimado es :

$$\ln y_i = 11.1356 - 0.116053 \ln X_i \dots \dots \dots \text{Modelo Linealizado}$$

Donde
 Ln y = logaritmo natural de costos por ha
 Ln X = logaritmo natural de Área bajo manejo

$$y_i = 68569.28 X_i^{-0.116053} \dots \dots \dots \text{Modelo Original}$$

En el Cuadro 13, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico doble logarítmico explica en un 92,62% la variación de los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio mala, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 13 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

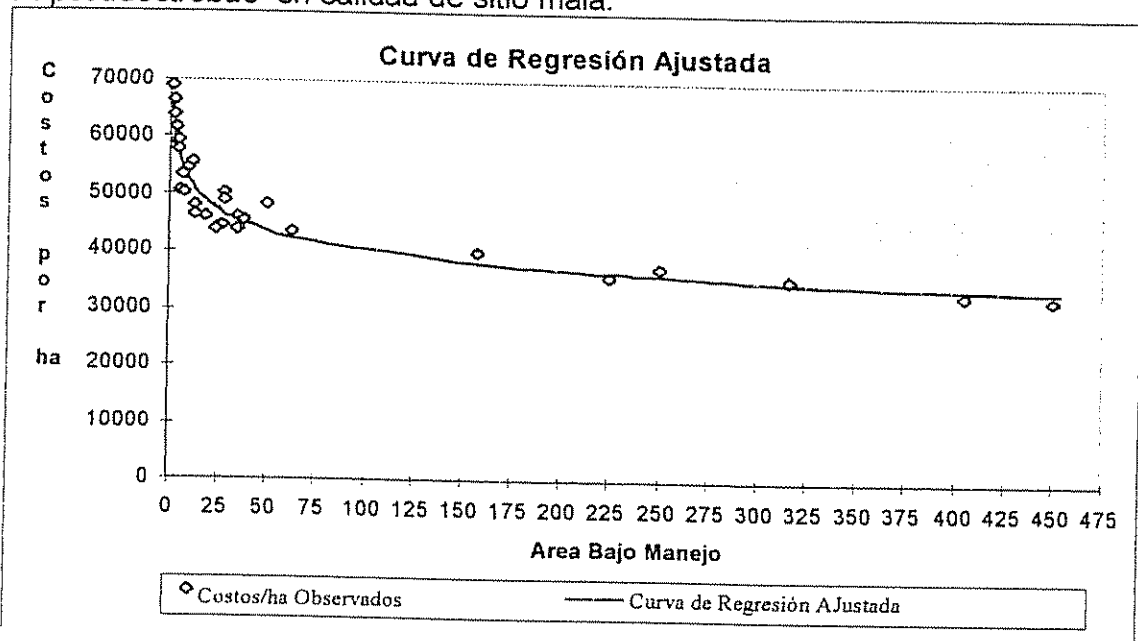
| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|---------|
| Modelo | 1 | 1.07753 | 1.07753 | 351.358 | 0.0001 | 0.9262 | 0.51358 |
| Error | 28 | 0.08587 | 0.00307 | | | | |
| C Total | 29 | 1.16340 | | | | | |

Parámetros Estimados

| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | 11.135621 | 0.02137129 | 521.055 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | -0.116053 | 0.00619130 | -18.745 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson (1.580), Breusch Pagan (0.46) y de Índice de Condición (3.97) para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

Figura 5. Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



En la Figura 5, se presenta de manera gráfica la relación de los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio mala, en la cual se identifica como en los casos anteriores, que

conforme aumenta el área bajo manejo, los costos por unidad de área tienden a disminuir en forma lineal.

Especie oocarpa en calidad de sitio bueno

El modelo estimado es:

$$\ln y_i = 11.1755 - 0.12627 \ln X_i \dots\dots\dots \text{Modelo Linealizado}$$

Donde:

$\ln y$ = logaritmo natural de costos por ha

$\ln X$ = logaritmo natural de Area bajo manejo

$$y_i = 71360.51 X_i^{-0.126271} \dots\dots\dots \text{Modelo Original}$$

En el Cuadro14, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico doble logarítmico explica en un 90,26% la variación de los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio buena, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 14 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|---------|
| Modelo | 1 | 1.27563 | 1.27563 | 259.461 | 0.0001 | 0.9026 | 0.64974 |
| Error | 28 | 0.13766 | 0.00492 | | | | |
| C Total | 29 | 1.41329 | | | | | |

Parámetros Estimados

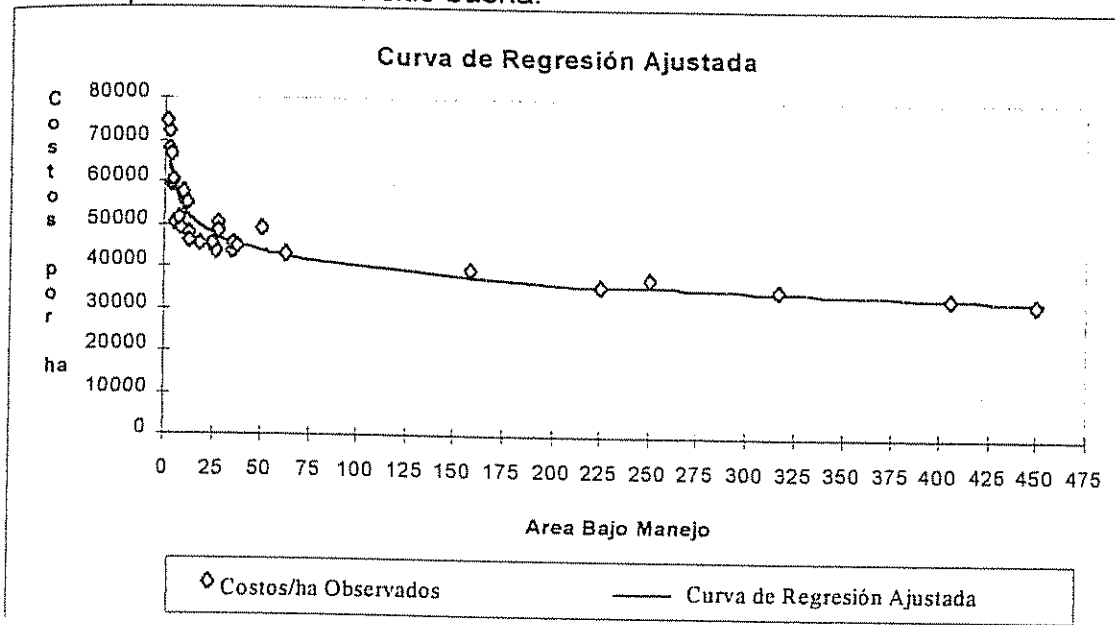
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | 11.175533 | 0.02705935 | 413.001 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | -0.126271 | 0.00783914 | -16.108 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson (1.539), Breusch Pagan (5.5) y de Índice de Condición (3.97) para detectar problemas de

autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

En la Figura 6, se presenta de manera gráfica la relación de los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio bueno, en la cual se identifica que conforme aumenta el área bajo manejo, los costos por unidad de área tienden a disminuir en forma lineal.

Figura 6. Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena.



Especie oocarpa en calidad de sitio regular

El modelo estimado es :

$$\ln y_i = 11.3586 - 0.13408 \ln X_i \dots \dots \dots \text{Modelo Linealizado}$$

Donde

$\ln y$ = logaritmo natural de costos por ha

$\ln X$ = logaritmo natural de Área bajo manejo

$$y_i = 85699.30 X_i^{-0.134085} \dots \dots \dots \text{Modelo Original}$$

En el Cuadro 15, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico doble logarítmico explica en un 92,74% la variación de los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio regular, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 15 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

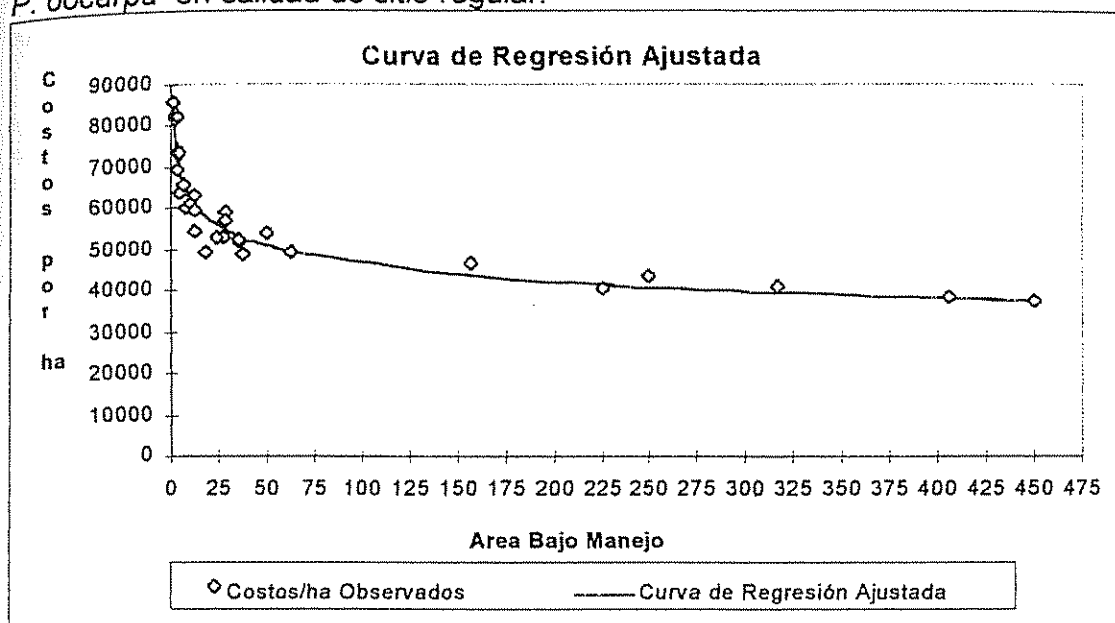
| Análisis de Varianza | | | | | | | |
|----------------------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|---------|
| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
| Modelo | 1 | 1.43838 | 1.43838 | 357.683 | 0.0001 | 0.9274 | 0.57908 |
| Error | 28 | 0.11260 | 0.00402 | | | | |
| Total | 29 | 1.55098 | | | | | |

| Parámetros Estimados | | | | | |
|----------------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parámetro=0 | Prob > T |
| Intercepto | 1 | 11.358578 | 0.02447252 | 464.136 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | -0.134085 | 0.00708973 | -18.913 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson (1.151), Breusch Pagan (2.5) y de Índice de Condición (3.97) para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

En la Figura 7, se presenta de manera gráfica la relación de los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio regular, en la cual se identifica, al igual que en los casos anteriores, que conforme aumenta el área bajo manejo, los costos por unidad de área tienden a disminuir en forma lineal.

Figura 7. Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.



Especie oocarpa en calidad de sitio malo

El modelo estimado es :

$$\ln y_i = 11.5861 - 0.13679 \ln X_i \dots \dots \dots \text{Modelo Linealizado}$$

Donde

Ln y = logaritmo natural de costos por ha

Ln X = logaritmo natural de Area bajo manejo

$$y_i = 107591.83 X_i^{-0.136797} \dots \dots \dots \text{Modelo Original}$$

En el Cuadro 16, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico doble logarítmico explica en un 87.20 % la variación de los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio mala, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro16 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|---------|
| Modelo | 1 | 1.49715 | 1.49715 | 190.763 | 0.0001 | 0.8720 | 0.79310 |
| Error | 28 | 0.21975 | 0.00785 | | | | |
| C Total | 29 | 1.71690 | | | | | |

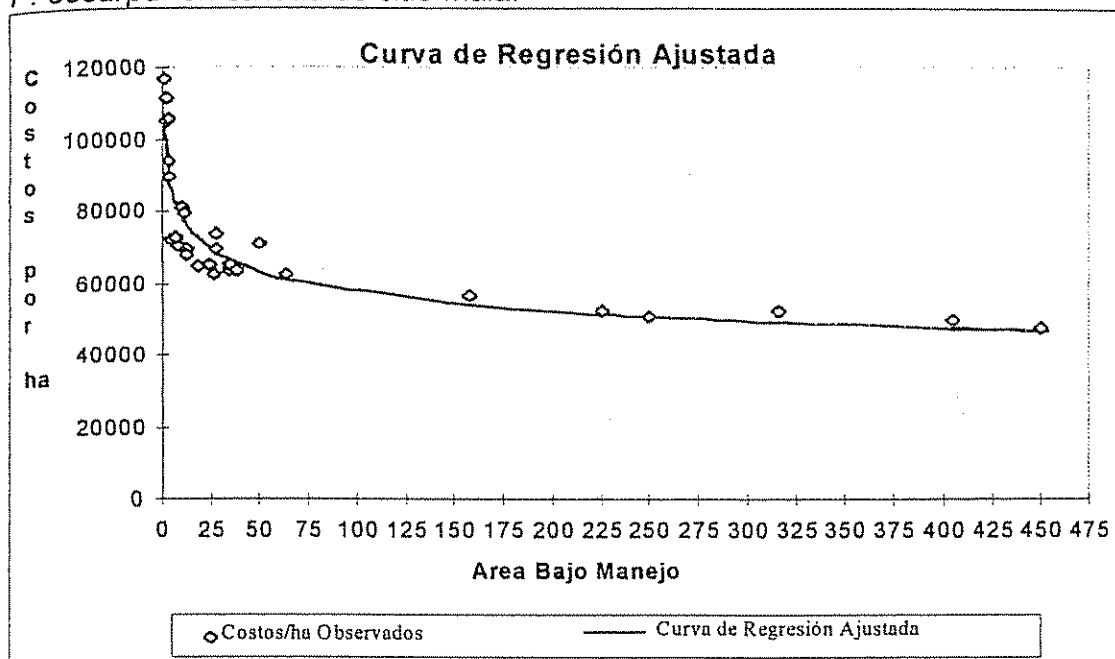
Parámetros Estimados

| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | 11.586117 | 0.03418834 | 338.891 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | -0.136797 | 0.00990442 | -13.812 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson (1.163) y de Índice de Condición (3.97) para detectar problemas de autocorrelación y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados. Sin embargo, el valor de la prueba de Breusch Pagan (9.3) para identificar problemas de heterocedasticidad evidencia la presencia de este problema, pero con un efecto moderado. Dado a que el error estándar del estimador es muy pequeño (0.9 %), el valor de "T" alto y de alta significancia estadística, no fue considerada ninguna medida correctiva del problema, ya que sólo se lograría cambios muy ligeros en la reducción del error estándar.

En la Figura 8, se presenta de manera gráfica la relación de los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio mala, en la cual se identifica que conforme aumenta el área bajo manejo, los costos por unidad de área tienden a disminuir en forma lineal.

Figura 8. Proyección de los costos por ha en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



4.2.1.2 Implicaciones de los modelos estimados

Los modelos estimados en el apartado anterior, para predecir los costos por unidad de área en el manejo de bosques naturales de coníferas en Guatemala, bajo los diferentes escenarios planteados (especie predominante y calidades de sitios), reflejan dos aspectos fundamentales e interrelacionados a considerar:

- las implicaciones económicas que estos tienen, dada la compatibilidad de la teoría de la economía de la producción, en lo relacionado con economías de tamaño y de escala, y el conocimiento existente acerca del problema.
- Lo bien que se adapta la forma funcional de la ecuación a los datos específicos de la investigación.

El termino economía de tamaño es usado para predecir una situación en la cual, cuando la finca expande la producción, el costo por unidad de producto decrece (Ramírez 1997). Para que economías o deseconomías de tamaño tengan lugar, todo lo que se requiere es que el nivel de producción cambie. No todos los

productos necesitan cambiar proporcionalmente. En relación con las implicaciones económicas de los resultados de esta investigación, según las bases de la teoría de la economía de la producción, referente al concepto anterior, se puede demostrar que conforme aumenta el tamaño del área de producción forestal, los costos por unidad de área tienden a disminuir en los seis modelos estimados, según los escenarios planteados.

Ramírez (1997) indica que son varias las razones por las que los costos por unidad de producto podrían decrecer cuando los niveles de producción aumentan. En el caso particular de la presente investigación, una de las principales razones de este fenómeno, es que, cuando la expansión en el área bajo manejo forestal y, por lo tanto, la producción de productos maderables en general ocurre, se observa la reducción de algunos costos variables, tales como :

- el costo del plan de manejo forestal, que tiende a ser mucho más bajo por unidad de área en fincas con extensiones de bosque más grandes, que en las pequeñas. Esta situación se debe a que los profesionales que se han dedicado a elaborar los mismos, están en lo general, acostumbrados a cobrar este servicio por área y no por productos maderables a ser manejados. Para citar un ejemplo de los datos obtenidos en la investigación, fincas con áreas de bosque de uno a dos hectáreas reportaron costos del plan de manejo de Q1000 a Q2000 por finca, lo cuál equivale a un promedio de Q1000 por hectárea ; mientras que en fincas de una caballería (45 hectáreas) en promedio, se obtuvieron costos de Q5000 a Q6000 por finca, con una media de Q140 por hectárea ; y la finca mas grande de la muestra, con una extensión de 10 caballerías (450 hectáreas) tuvo un costo por este rubro de Q25000 por finca, y de Q55 por hectárea. Esta situación, también fue observada en el pago por los servicios de regencia forestal.

- Otro de los costos que decrecen por unidad de área, cuando las fincas bajo manejo se expanden, son el de los gastos hechos en el trámite de la licencia forestal, el pago de los documentos que respaldan legalmente la papelería para la solicitud de la licencia forestal y el de control y vigilancia.
- En algunos rubros de los costos de operación en las actividades de aprovechamiento y tratamientos silviculturales intermedios, tales como la tala, el labrado y arrastre, se pudo observar que tienden a ser menores por unidad de producto en fincas de mayor extensión. Esta situación se debe a que las fincas con mayor recurso forestal bajo manejo, cuentan con maquinaria y personal propio para la ejecución de dichas actividades y los gastos de mantenimiento y depreciación de los mismos son justificados por el volumen de extracción; mientras que las fincas de menor extensión tienen que alquilar o pagar a otras personas que se dedican a estas actividades. Así como también, las personas que se dedican a prestar estos servicios, tienden a cobrar más bajo por unidad de producto en fincas donde el aprovechamiento forestal es más grande, que en pequeños aprovechamientos, debido a los costos de transporte y ubicación del equipo y personal.

En el caso del labrado de las trozas, que es un proceso que exigen los aserraderos previo a la compra del producto, se pudo observar que hay fincas que no realizan esta actividad en el momento del aprovechamiento, dado a que poseen su propia industria de la madera. Por lo general, estas fincas coinciden con las de mayor extensión bajo manejo y, por lo tanto, los costos por unidad de producto tienden a ser menores.

Para finalizar la discusión de los resultados en este tema, cabe indicar que los costos de transporte de los productos y subproductos forestales a la industria de la madera, no fueron considerados en la presente investigación, ya que el análisis se realizó bajo el supuesto que los mismos se venden en la finca.

4.3 ANÁLISIS FINANCIERO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES NATURALES DE CONÍFERAS

Los proyectos de manejo sostenible de recursos forestales pueden ser sumamente interesantes desde el punto de vista de su eficiencia económica, debido a la generación de bienes y servicios para la sociedad. Ahora bien, sino es además interesante financieramente para las entidades privadas que dedican recursos para implementar el mismo, no puede esperarse que se lleven a cabo las actividades de manejo forestal, según lo planificado (FAO 1997). Bajo este marco, las inversiones del manejo de bosques naturales de coníferas analizadas en este apartado, se hacen desde el punto de vista privado, y pretenden determinar los beneficios financieros que el productor forestal obtiene al decidir sus recursos a dicha actividad.

Esta etapa de la investigación se llevó a cabo partiendo de que el modelo de manejo de bosques naturales de coníferas definido en el apartado 4.1.2, presenta una estructura lógica del manejo forestal durante todo el turno de rotación, identifica y registra los momentos e intensidades de las diferentes actividades a realizar en la masa arbórea, así como los productos y subproductos que se obtienen. En virtud de lo anterior, se usó dicho modelo como una herramienta consistente para la evaluación financiera, según los siguientes escenarios:

- ⇒ especie predominante;
- ⇒ calidad de sitio; y
- ⇒ estado de desarrollo.

Este sistema de producción forestal está constituido por una serie de actividades de producción, que típicamente van desde la elaboración del plan de manejo del bosque, la aplicación de los tratamientos silviculturales, hasta el aprovechamiento y la venta de los productos y subproductos finales, según el ciclo de corta. Cada una de estas actividades tiene sus costos. El costo es el valor, en términos monetarios, de las cantidades de insumos, materiales, equipo o del esfuerzo físico de la mano de obra utilizados. La identificación, cuantificación y evaluación de estos costos, para la construcción del flujo de caja, se llevo a cabo con base a los

costos estimados en la sección 4.2. Los ingresos se calcularon de la misma forma y corresponden a los provenientes de las actividades de venta de madera, leña y postes de los diferentes tratamientos silviculturales.

La construcción de los flujos de caja se realizaron utilizando precios constantes y el impacto de la inflación no fue incluido y por tal motivo, la tasa de interés de oportunidad utilizada para la actualización fue la real a un 8 por ciento.

Los resultados del análisis financiero a través del indicar Valor Actual Neto para los seis escenarios evaluados, se presentan en el Cuadro 17. Como impresión inicial, se puede observar que el escenario 1, el cual considera el manejo del bosque natural de la especie *Pinus pseudostrobus* en una calidad de sitio buena, es el escenario con el VAN más alto, y sucesivamente le siguen los escenarios dos y tres que se refieren a la misma especie, pero con calidades de sitio de regular a mala, respectivamente. En el caso de los escenarios cuatro, cinco y seis que se refieren al manejo de bosques naturales de *Pinus oocarpa*, presentan un VAN más bajo, en comparación de la especie *P. pseudostrobus*, siendo el escenario seis (calidad de sitio mala) el que expresa los menores valores. Esta diferencia comparativa del Valor Actual Neto en los seis escenarios evaluados, está determinada principalmente por los turnos de rotación de las dos especies. La aseveración anterior, se ve fuertemente respaldada cuando se hace una comparación de los diferentes turnos de rotación en las dos especies evaluadas, según la calidad de sitio donde se desarrollan; ya que para *P. pseudostrobus* se tienen turnos de 21, 31 y 39 años, en calidad de sitio buena, regular y mala en su orden respectivo. De igual forma, para *P. oocarpa* se tienen turnos de 48, 61 y 87 años.

Cuadro17, Resultado del Valor Actual Neto por hectárea del análisis financiero del manejo de bosques naturales de coníferas, bajo los seis diferentes escenarios planteados, según la calidad de sitio y la especie.

| FINCA No. | AREA | VAN ECENARIO (1) | VAN ECENARIO (2) | VAN ECENARIO (3) | VAN ECENARIO (4) | VAN ECENARIO (5) | VAN ECENARIO (6) |
|-----------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 1.4 | 14431 | 4827 | -5024 | -9359 | -10847 | -15669 |
| 2 | 1.98 | 17048 | 7275 | -825 | -6555 | -7748 | -12033 |
| 3 | 2.516 | 18101 | 7689 | -318 | -6250 | -8150 | -12962 |
| 4 | 3 | 14107 | 4718 | -2758 | -8154 | -9994 | -14246 |
| 5 | 3.47 | 18536 | 8738 | 120 | -4767 | -7315 | -13191 |
| 6 | 3.91 | 14724 | 7278 | -407 | -4379 | -5498 | -9869 |
| 7 | 4 | 14200 | 4866 | -3446 | -8023 | -10750 | -16763 |
| 8 | 5 | 19543 | 11540 | 4850 | -425 | -1584 | -5405 |
| 9 | 6.96 | 15414 | 8226 | 2394 | -1401 | -3606 | -8025 |
| 10 | 8 | 20626 | 11959 | 4786 | -186 | -2281 | -7197 |
| 11 | 10 | 19015 | 10024 | 927 | -3841 | -5560 | -11683 |
| 12 | 12 | 15834 | 8303 | 751 | -3572 | -4981 | -9942 |
| 13 | 12.55 | 22980 | 13558 | 4950 | 668 | -1874 | -7181 |
| 14 | 13 | 20288 | 11506 | 4629 | -570 | -2299 | -6952 |
| 15 | 18 | 24115 | 15267 | 6239 | 1432 | -159 | -5730 |
| 16 | 24 | 24428 | 14646 | 6406 | 843 | -1290 | -6638 |
| 17 | 27 | 22228 | 13465 | 6338 | 1137 | -1000 | -5991 |
| 18 | 28 | 23652 | 13699 | 5421 | -43 | -2803 | -8737 |
| 19 | 28 | 23056 | 14029 | 5924 | 893 | -1138 | -6429 |
| 20 | 35 | 20715 | 12554 | 4853 | 304 | -1282 | -6050 |
| 21 | 35 | 19646 | 11777 | 4119 | -514 | -1748 | -6495 |
| 22 | 37.5 | 24434 | 15712 | 9692 | 2011 | 604 | -4649 |
| 23 | 50 | 24639 | 15790 | 7236 | 1612 | 820 | -3663 |
| 24 | 63 | 21930 | 14174 | 5542 | 651 | -571 | -5369 |
| 25 | 157.5 | 25455 | 16488 | 9078 | 3604 | 1766 | -3221 |
| 26 | 225 | 30977 | 20354 | 11487 | 4538 | 2871 | -2479 |
| 27 | 250 | 28437 | 19785 | 12503 | 5917 | 5800 | 2256 |
| 28 | 316.7 | 29538 | 19000 | 9630 | 3558 | 1347 | -4601 |
| 29 | 405 | 29107 | 19395 | 11870 | 5147 | 3789 | -428 |
| 30 | 450 | 30236 | 19908 | 11244 | 4671 | 2390 | -3435 |

ESCENARIO (1) = Calidad de Sitio Bueno
Especie *pseudostrobus*

ESCENARIO (2) = Calidad de Sitio Regular
Especie *pseudostrobus*

ESCENARIO (3) = Calidad de Sitio Malo
Especie *pseudostrobus*

ESCENARIO (4) = Calidad de Sitio Bueno
Especie *Oocarpa*

ESCENARIO (5) = Calidad de Sitio Regular
Especie *Oocarpa*

ESCENARIO (6) = Calidad de Sitio Malo
Especie *Oocarpa*

Debido a que los resultados del VAN presentados en el Cuadro 17 son datos discretos, lo cual limitó identificar el área exacta de bosque en la cual el indicador financiero se iguala a 0, en esta etapa de la investigación también se aplicaron modelos de regresión, con el fin de estimar dichos valores. Otra de las razones del uso de modelos econométricos fue el de establecer y explicar cuantitativamente la relación del Valor Actual Neto por hectárea para el manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala, y saber si éstos varían estadísticamente, según los escenarios planteados. Para lo cuál se construyó el siguiente modelo:

$$\text{VAN/ha} = \text{Intercepto} + \alpha_2 \text{Sitio}_{ii} + \alpha_3 \text{Sitio}_{iii} + \alpha_4 \text{Especie}_{ii} + \beta_1 \text{Area}_i + u_i$$

Dado a que este modelo también contiene dos variables cualitativas, que son la variable sitio con tres categorías (bueno, regular y malo) y la variable especie con dos categorías (*P. pseudostrobus* y *P. Oocarpa*), se eliminaron las categorías de sitio malo y especie oocarpa, para evitar el trampa de las variables *Dummy*. En tal sentido, cuando:

Sitio_{ii} = 1 = Sitio Bueno
0 = los demás sitios

Sitio_{2i} = 1 = Sitio Regular
0 = los demás sitios

Especie_{ii} = 1 = Especie *pseudostrobus*
0 = Especie *Oocarpa*

Los modelos probados se presentan en el Cuadro siguiente:

Cuadro 18: Modelos probados de la relación del Valor Actual Neto por hectárea y tamaño de la finca bajo manejo, según los diferentes escenarios.

| Ns | MODELO | β_0 | D ₁ | D ₂ | D ₃ | β_1 | Pr > F | R ² |
|----|---|-----------|----------------|----------------|----------------|-----------|--------|----------------|
| 1 | $y = -11527 + 11849D_1 + 6471.25D_2 + 16437D_3 - 25.46 X$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.87 |
| 2 | $y = -6939.36 + 11849D_1 + 6471.25D_2 + 16437D_3 - 20679 (1/X)$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.89 |

| | | | | | | | | |
|---|--|----|----|----|----|----|--------|------|
| 3 | $y = -12617 + 11849D_1 + 6471.25D_2 + 16437D_3 + 76.96X - 0.133 X^2$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.89 |
| 4 | $y = -17147 + 11849D_1 + 6471.25D_2 + 16437D_3 + 6276.8 (\ln X)$ | ** | ** | ** | ** | ** | 0.0001 | 0.92 |

Referencias :

R^2 = Coeficiente de determinación
 $Pr > F$ = Prueba de F para la probabilidad de error

D_1 = Sitio I
 D_2 = Sitio II
 D_3 = Especie I
 ** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

β_0 = Intercepto
 β_1 = Pendiente

Con base en los resultados presentados en el cuadro anterior, se seleccionó el cuarto modelo (semilogarítmico) como el mejor, por tener el R^2 más alto (92.8%). El modelo seleccionado es el siguiente:

$$VAN/ha = -17147 + 11849Sitio_I + 6471.25Sitio_{II} + 16437Especie_I + 2472.52 \ln Area \dots (4.2)$$

Donde :

\ln Costos = Logaritmo natural de los costos por hectárea

\ln Area = Logaritmo natural del área bajo manejo

Cuadro 19. Resumen de las estadísticas de regresión del modelo (4.2)

| Resumen | | | | | |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------------|------------|--------|
| Análisis de Varianza | | | | | |
| Fuente | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Promedios de Cuadrados | Valor de F | Prob>F |
| Modelo | 4 | 19317227894 | 4829306973.6 | 563.825 | 0.0001 |
| Error | 175 | 1498920682 | 0.00624 | | |
| C Total | 179 | 20816148577 | | | |

| | |
|------------------------------------|--------|
| Coeficiente de Determinación R^2 | 0.9280 |
| R^2 Ajustado | 0.9263 |
| Desviación estándar del error | 62.30 |

| Parámetros estimados | | | | | |
|----------------------|----|--------------------|----------------|----------------------------|-----------|
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H_0 : Parámetro=0 | Prob > T |
| INTERCEPTO | 1 | -17147 | 596.11 | -28.76 | 0.0001 |
| LN AREA | 1 | 2472.52 | 133.57 | 18.51 | 0.0001 |
| SITIO1 | 1 | 11849 | 534.33 | 22.17 | 0.0001 |
| SITIO2 | 1 | 6471.25 | 534.33 | 12.11 | 0.0001 |
| ESPECIE1 | 1 | 16437 | 436.27 | 37.67 | 0.0001 |

De acuerdo con los valores del R^2 (0.9280), el comportamiento del Valor Actual Neto por hectárea es explicado en un 92.46% por el modelo semilogarítmico (6.2). En relación con el valor de probabilidad de "F" (0.0001) se puede concluir que al menos alguna variable independientes consideradas en el modelo ayuda a explicar la variación en el VAN por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas, lo cuál rechaza la hipótesis nula ($H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \beta = 0$) que ninguna de las variables independientes ayuda a explicar la variación de dicho indicador financiero.

Así también, de los resultados del modelo econométrico (6.2) se desprende que los coeficientes individuales de las variables independientes área bajo manejo, calidad de sitio y especie manejada, consideradas en el modelo, son estadísticamente significativas ($p < 1\%$), lo cual ayuda para rechazar la hipótesis nula ($H_0 : \beta_k = 0$) planteada en principio, que los coeficientes individuales no ayudan a explicar la variación del Valor Actual Neto por hectárea en el manejo de bosques naturales de coníferas. Lo anterior implica que la variable dependiente (VAN/ha) está influenciada no solamente por la variable cuantitativa área bajo manejo, sino también por las variables cualitativas de calidad de sitio y especie predominante. Es decir que, manteniendo constante otros factores, se tiene que el VAN por hectárea en el manejo de bosques naturales tiende a ser mayor en calidad de sitio bueno y cuando la especie predominante es *Pinus pseudostrobus* y a ser menor cuando el manejo se hace en calidad de sitio malo con la especie *Pinus oocarpa*.

Ortíz (1995), indica que la calidad de sitio expresa la productividad promedio de un área determinada para el crecimiento de árboles. A esta afirmación se le puede agregar que, naturalmente la clase de sitio tiene una fuerte influencia sobre la rentabilidad financiera de las inversiones forestales, lo cuál se ve fuertemente respaldada, al menos para los bosques de coníferas, por los resultados anteriores.

Al igual que en el modelo econométrico (4.1) al aplicar las pruebas de Durbin-Watson y la de Breusch- Pagan para detectar autocorrelación y heterocedasticidad respectivamente, se encontró presencia de una leve autocorrelación de primer orden y problemas de heterocedasticidad, según el orden indicado. Al hacer las pruebas para detectar cuál de las variables estaba causando el problema, se estableció que las mismas variables cualitativas de calidad de sitio y especie bajo manejo eran las causantes.

En virtud de esta situación, de igual forma se procedió a realizar pruebas de hipótesis para establecer si las ecuaciones de regresión para predecir el VAN tienen estructura diferente por calidad de sitio y especie, ya que de ser así, con ello se evitaría el problema que estas variables categóricas causan al regresionarlas juntas.

La hipótesis nula probada fue:

$$H_0 : \beta^a_0 = \beta^b_0 = \beta^c_0 = \beta^d_0 = \beta^e_0 = \beta^f_0 \text{ y}$$

$$\beta^a_1 = \beta^b_1 = \beta^c_1 = \beta^d_1 = \beta^e_1 = \beta^f_1$$

donde :

β_0 = intercepto

β_1 = Pendiente

y :

$$Ln y = \beta_0 + \alpha_2 D_{li} + \alpha_3 D_{lii} + \alpha_4 D_{lii} + \beta_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación Estimada}$$

$$Ln y = \beta^a_0 + \beta^a_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioI Especiel}$$

$$Ln y = \beta^b_0 + \beta^b_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioI Especiell}$$

$$Ln y = \beta^c_0 + \beta^c_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioII Especiel}$$

$$Ln y = \beta^d_0 + \beta^d_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioII Especiell}$$

$$Ln y = \beta^e_0 + \beta^e_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioIII Especiel}$$

$$Ln y = \beta^f_0 + \beta^f_1 Ln X + u_i \dots\dots\dots \text{Ecuación SitioIII Especiell}$$

El valor obtenido de la "F" en la prueba de igualdad de las ecuaciones de regresión fue de 110 y el valor de la distribución de "F" de la tabla para 1 grado de libertad en el numerador y 168 en el denominador es de 6.76. Dado a que el valor de la "F" en la prueba de igualdad de ecuaciones de regresión fue mucho mayor que el tabulado, se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que las ecuaciones de regresión son diferentes en la pendiente y en el intercepto. En virtud de lo anterior, se estimaron los parámetros de las ecuaciones de regresión de los diferentes escenarios por separado.

4.3.1. Análisis de la Conveniencia Financiera en las inversiones de manejo de bosques naturales de coníferas, a través de la Proyección del Valor Actual Neto por hectárea, por especie y por calidad de sitio.

El concepto de conveniencia financiera en las inversiones de manejo forestal, utilizado en esta sección, parte del criterio de decisión que acompaña al índice del Valor Actual Neto (VAN). Es decir, que a través del VAN se definió si la inversión en cuestión es conveniente financieramente de la siguiente manera:

- VAN (i^*) > 0 indica que los dineros invertidos en el proyecto rinden más del i^*
- VAN (i^*) = 0 señala que los dineros invertidos en el proyecto rinden exactamente el i^*
- VAN (i^*) < 0 muestra que los dineros invertidos en el proyecto rinden menos del i^*

Si i es la tasa de interés de oportunidad al 8%, entonces:

- VAN (8%) > 0 indica que la inversión es conveniente
- VAN (8%) = 0 señala que la inversión es conveniente
- VAN (8%) < 0 muestra que la inversión es conveniente

Proyección del VAN por ha en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio bueno

El modelo estimado es :

$$y_i = 13264 + 2734.97 \text{ Ln } (X_i)$$

Donde

y = VAN por ha

Ln X = logaritmo natural de Area bajo manejo

En el Cuadro 20, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico semilogarítmico explica en un 82,49% la variación del VAN por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio buena, según el tamaño del área bajo manejo. Así también, se puede comprobar que la variable independiente, que en este caso es área bajo manejo, es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 20 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coeficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|---|-------|
| Modelo | 1 | 598440774 | 598440774 | 131.95 | 0.0001 | 0.8249 | 9.867 |
| Error | 28 | 126987069 | 4535252 | | | | |
| C Total | 29 | 725427843 | | | | | |

Parámetros Estimados

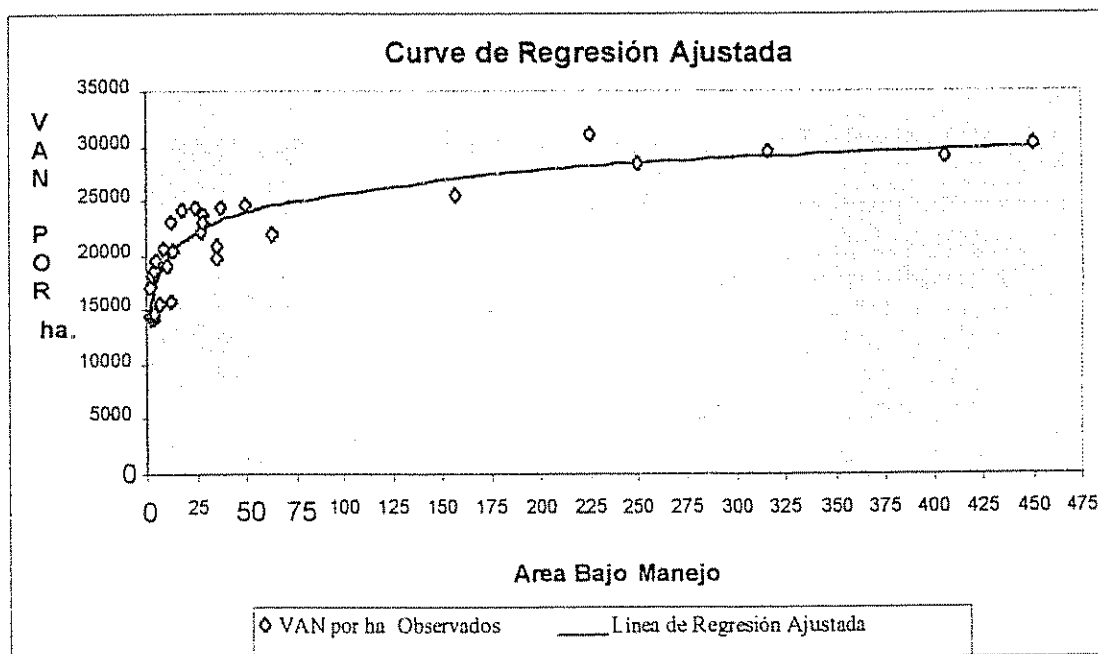
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | 13264 | 821.84 | 16.139 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | 2734.97 | 238.09 | 11.487 | 0.0001 |

Siguiendo el mismo esquema de procesamiento y análisis de los resultados de regresión de la sección 4.2.1, en relación con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson, Breusch Pagan y de Índice de Condición para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

En la Figura 9, se presenta de manera gráfica la relación del VAN por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio bueno. En dicha gráfica se logra identificar que conforme aumenta el área bajo manejo, el indicador financiero por unidad de área tiende a ser mayor.

Sobre la base de estos resultados, se concluye que la rentabilidad financiera del manejo de estos bosques, bajo el modelo propuesto, suele ser mayor mientras el área manejada se incrementa. Fincas desde una hectárea, presentan el VAN arriba de 0, lo cual nos permite establecer la conveniencia económica de la actividad en cuestión.

Figura 9. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena.



Proyección del VAN por ha en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular

El modelo estimado es:

$$y_i = 4600.94 + 2617.16 \ln(X_i)$$

Donde

y = VAN por ha

Ln X = logaritmo natural de Area bajo manejo

En el Cuadro 21, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico semi-logarítmico explica en un 87,12% la variación del Valor Actual Neto por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio regular, según el tamaño del área bajo manejo. Aquí también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 21 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Cofiniente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|--------|
| Modelo | 1 | 547994763.3 | 547994763.3 | 189.361 | 0.0001 | 0.8712 | 13.544 |
| Error | 28 | 81029472.70 | 2893909.73 | | | | |
| C Total | 29 | 629024236 | | | | | |

Parámetros Estimados

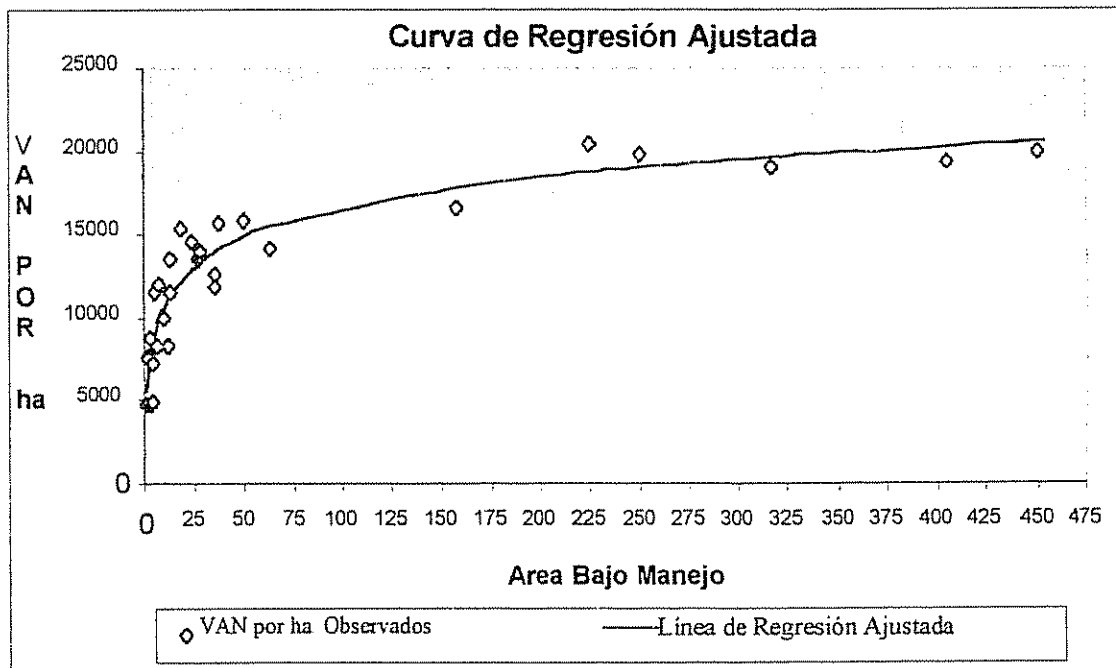
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | 4600.94 | 656.49 | 7.008 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | 2617.16 | 190.188 | 13.761 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson, Breusch Pagan y de Índice de Condición para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

La Figura 10, presenta de manera gráfica la relación del VAN por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio regular, en la cual se identifica como en el caso anterior que conforme aumenta el área bajo manejo, el indicador financiero por unidad de área tienden a ser mayor.

Sobre la base de estos resultados, se concluye que la rentabilidad financiera del manejo de estos bosques, bajo el modelo propuesto, suele ser mayor mientras el área manejada se incrementa. En este escenario también, las fincas desde una hectárea presentan el VAN arriba de 0, lo cual nos permite establecer la conveniencia económica de la actividad en cuestión. Sin embargo, aunque la conveniencia financiera para estas dos calidades de sitio fue establecida igualmente para las fincas desde una ha, los valores del VAN difieren en cantidad, ya que en calidad de sitio buena, el indicador financiero es mas alto que en sitio regular.

Figura 10. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular.



Proyección del VAN por ha en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrabus* en calidad de sitio malo

El modelo estimado es :

$$y_i = -3287.61 + 2595.98 \text{ Ln } (X_i)$$

Donde

y = VAN por ha

Ln X = logaritmo natural de Area bajo manejo

En el Cuadro 22, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico semi-logarítmico explica en un 84,07% la variación del Valor Actual Neto por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino pseudostrabus* en una calidad de sitio mala, según el tamaño del área bajo manejo. Aquí también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 22 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|-------|
| Modelo | 1 | 539161284 | 539161284 | 147.745 | 0.0001 | 0.8407 | 41.46 |
| Error | 28 | 102179799 | 3649279 | | | | |
| C Total | 29 | 641341083 | | | | | |

Parámetros Estimados

| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | -3287.61 | 737.21 | -4.459 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | 2595.98 | 213.57 | 12.155 | 0.0001 |

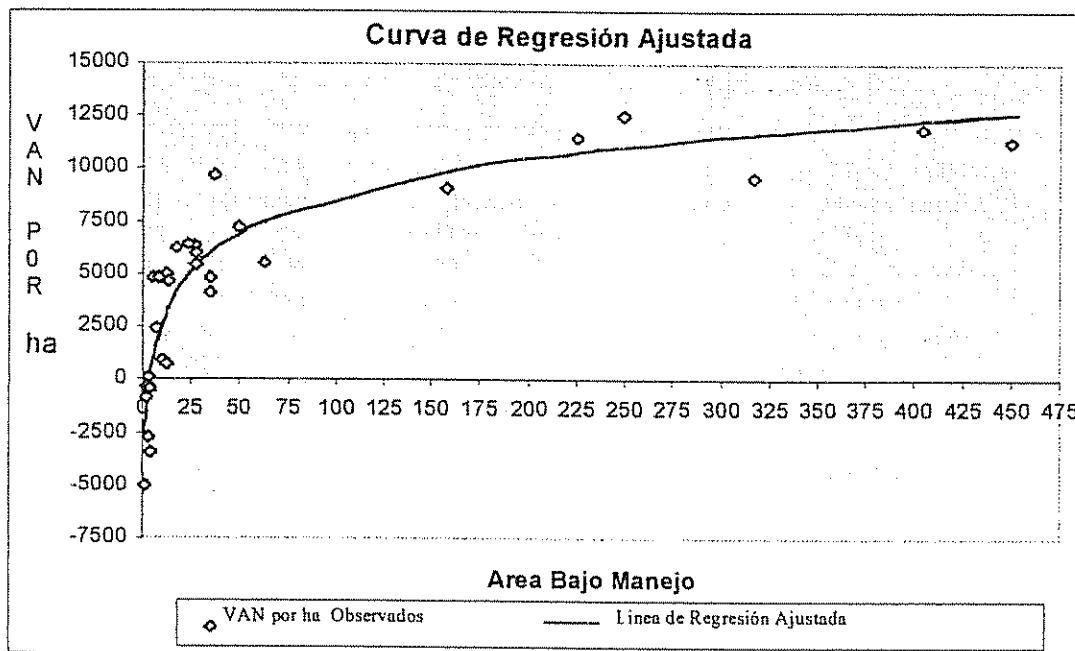
De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson, Breusch Pagan y de Índice de Condición para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

Siguiendo el mismo esquema de presentación, en la Figura 11, se dan a conocer de manera gráfica la relación del VAN por unidad de área en el manejo de bosques

naturales de la especie *Pino pseudostrobus* en una calidad de sitio mala, en la cual se identifica como en los casos anteriores que conforme aumenta el área bajo manejo, el indicador financiero por unidad de área tienden a ser mayor.

Sobre la base de estos resultados, se concluye que la rentabilidad financiera del manejo de estos bosques, bajo el modelo propuesto, suele ser mayor mientras el área manejada se incrementa. No obstante, en este escenario las fincas por debajo de 3.55 hectáreas presentan un VAN menor de 0, lo cual nos permite establecer que la conveniencia económica de la actividad en cuestión, es para las fincas que tienen un área bajo manejo arriba de estas 3.55 ha. Cabe señalar que los valores del VAN proyectados en esta calidad de sitio, son menores que para la calidad de sitio buena y regular, para fincas del mismo tamaño.

Figura 11. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



Proyección del VAN por ha en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio bueno

El modelo estimado es:

$$y_i = -7609.17 + 2271.35 \ln (X_i)$$

Donde

y = VAN por ha

Ln X = logaritmo natural de área bajo manejo



En el Cuadro 23, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico semi-logarítmico explica en un 82,57% la variación del Valor Actual Neto por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio buena, según el tamaño del área bajo manejo. Aquí también, se puede comprobar que la variable independiente, que en este caso es área bajo manejo, es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 23 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|--------|
| Modelo | 1 | 412746229 | 412746229 | 132.598 | 0.0001 | 0.8257 | -251.4 |
| Error | 28 | 87157451 | 3112766 | | | | |
| C Total | 29 | 499903679 | | | | | |

Parámetros Estimados

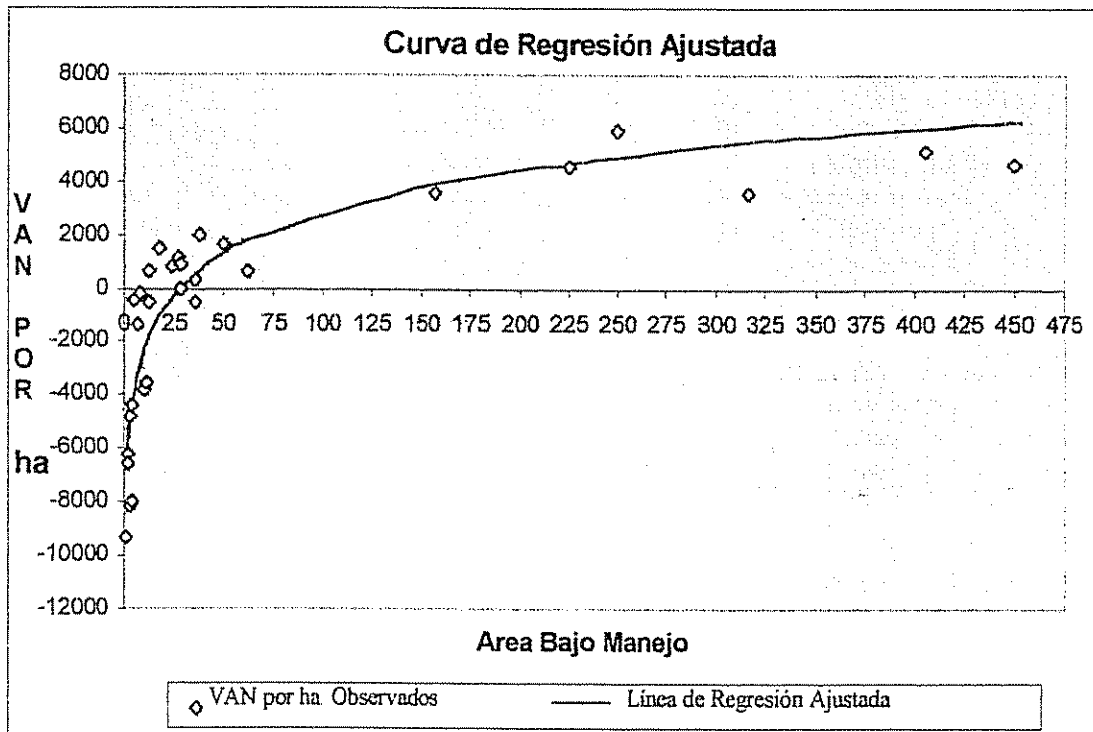
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | -7609.17 | 680.87 | -11.176 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | 2271.35 | 197.24 | 11.515 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson, Breusch Pagan y de Índice de Condición para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

La Figura 12, presenta de manera gráfica la relación del VAN por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio buena, en la cual se identifica como en el caso anterior que conforme aumenta el área bajo manejo, el indicador financiero por unidad de área tienden a ser mayor.

Sobre la base de estos resultados, se concluye que la rentabilidad financiera del manejo de estos bosques, bajo el modelo propuesto, suele ser mayor mientras el área manejada se incrementa. No obstante, en este escenario, las fincas por debajo de 28.50 hectáreas presentan un VAN menor de 0, lo cual nos permite establecer que la conveniencia económica de la actividad en cuestión, es para las fincas que tienen un área bajo manejo arriba de estas 28.50 ha.

Figura 12. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena.



Proyección del VAN por ha en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular

El modelo estimado es:

$$y_i = -9510.89 + 2326.30 \ln (X_i)$$

Donde

y = VAN por ha

Ln X = logaritmo natural de Area bajo manejo

En el Cuadro 24, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico semi-logarítmico explica en un 80,89% la variación del Valor Actual Neto por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio regular, según el tamaño del área bajo manejo. Aquí también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente.

Cuadro 24 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|--------|
| Modelo | 1 | 432960319 | 432960319 | 118.528 | 0.0001 | 0.8089 | -78.44 |
| Error | 28 | 102278819 | 3652815 | | | | |
| C Total | 29 | 535239139 | | | | | |

Parámetros Estimados

| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | -9510.89 | 737.57 | -12.895 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | 2326.30 | 213.67 | 10.887 | 0.0001 |

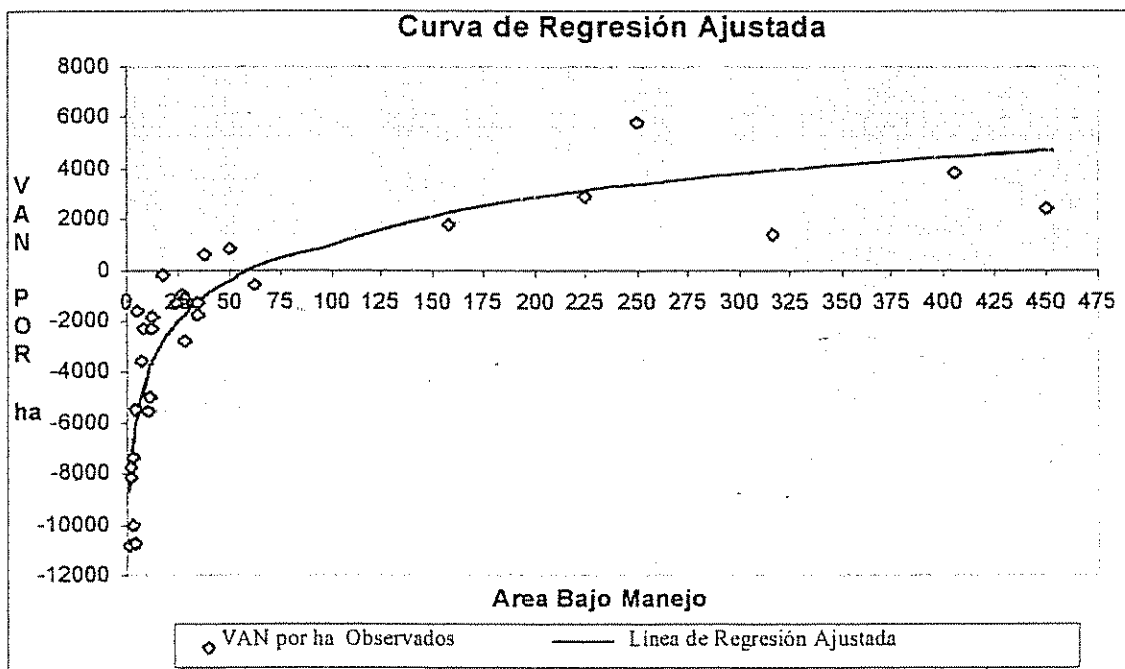
De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson, Breusch Pagan y de Índice de Condición para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

La Figura 13, presenta de manera gráfica la relación del VAN por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de

sitio regular, en la cual se identifica como en los casos anteriores que conforme aumenta el área bajo manejo, el indicador financiero por unidad de área tienden a ser mayor.

Sobre la base de estos resultados, se concluye que la rentabilidad financiera del manejo de estos bosques, bajo el modelo propuesto, suele ser mayor mientras el área manejada se incrementa. No obstante, en este escenario, las fincas por debajo de 1.25 caballerías (59.67 ha), presentan un VAN menor de 0, lo cual nos permite establecer que la conveniencia económica de la actividad en cuestión, es para las fincas que tienen un área bajo manejo arriba de estas 59.67 ha. Cabe señalar que los valores del VAN proyectados en esta calidad de sitio, son menores que para la calidad de sitio buena, para fincas del mismo tamaño.

Figura 13. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.



Proyección del VAN por ha en el manejo de bosques naturales de *P. Oocarpa* en Calidad de Sitio Mala

El modelo estimado es:

$$y_i = -14388 + 2289.38 \text{ Ln } (X_i)$$

Donde
 y = VAN por ha
 Ln X = logaritmo natural de Area bajo manejo

En el Cuadro 25, se presenta el resumen de los resultados estadísticos de regresión, en el cual se desprende que el modelo econométrico semi-logarítmico explica en un 73,84% la variación del Valor Actual Neto por hectárea en el manejo de los bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio mala, según el tamaño del área bajo manejo. Aquí también, se puede comprobar que la variable independiente (área bajo manejo), es altamente significativa estadísticamente

Cuadro 25 Resumen de las estadísticas de regresión del modelo

RESUMEN

Análisis de Varianza

| Fuente | DF | Suma de Cuadrados | Promedio de Cuadrados | Valor F | Prob>F | Coefficiente de Determinación R ² | C.v |
|---------|----|-------------------|-----------------------|---------|--------|--|--------|
| Modelo | 1 | 419325486 | 419325486 | 79.048 | 0.0001 | 0.7384 | -31.01 |
| Error | 28 | 148530707 | 5304668 | | | | |
| C Total | 29 | 567856193 | | | | | |

Parámetros Estimados

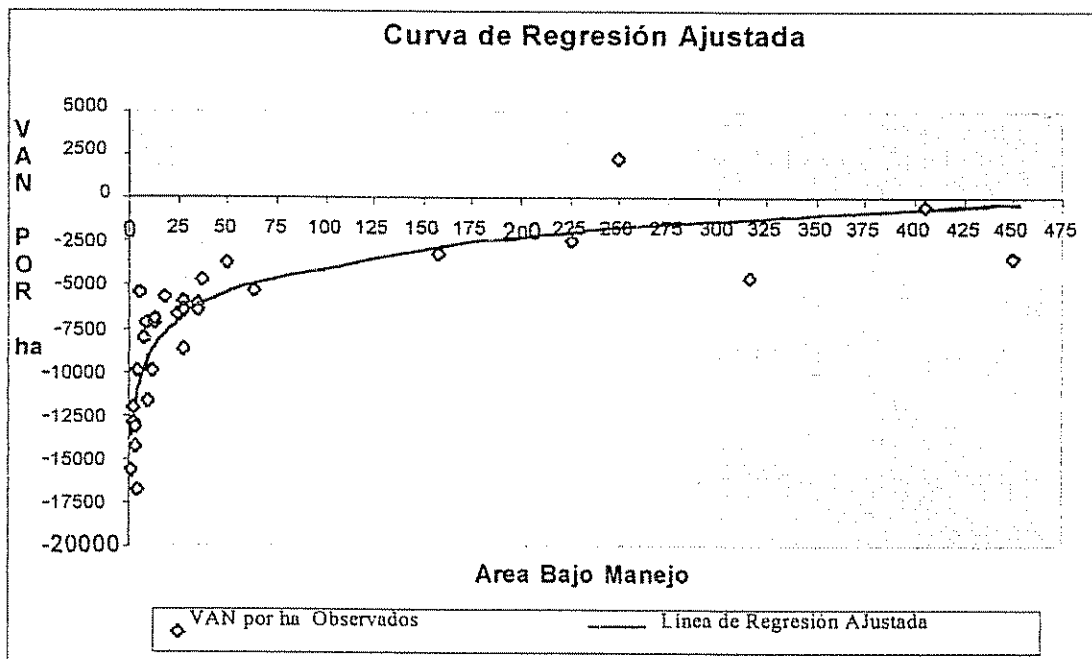
| Variable | DF | Parámetro Estimado | Error Estándar | T para H0: Parametro=0 | Prob > T |
|------------|----|--------------------|----------------|------------------------|-----------|
| Intercepto | 1 | -14388 | 888.83 | -16.188 | 0.0001 |
| LAREAS | 1 | 2289.38 | 257.49 | 8.891 | 0.0001 |

De acuerdo con los resultados de las pruebas de Durbin -Watson, Breusch Pagan y de Índice de Condición para detectar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad en su orden respectivo, se puede concluir que el modelo no presenta ninguno de los problemas indicados.

Esta última Figura 14 de proyección del VAN, presenta de manera gráfica, la relación del indicador financiero por unidad de área en el manejo de bosques naturales de la especie *Pino oocarpa* en una calidad de sitio mala, en la cual se identifica como en los casos anteriores, que conforme aumenta el área bajo manejo, dicho indicador tiende a ser mayor por unidad de área, sin llegar a ser un valor positivo en ningún caso de este escenario analizado.

Sobre la base de estos resultados, se concluye que la inversión financiera del manejo de estos bosques, bajo el modelo propuesto, no suele ser conveniente. Esto es evidente, al observar que según la línea de proyección, ninguna de las fincas presenta un VAN arriba de 0, lo cual nos permite establecer que el Valor Actual de los gastos es mayor que el de los ingresos durante todo el turno de rotación. Cabe señalar que los valores del VAN proyectados en esta calidad de sitio, representan los valores menores en comparación de las calidades de sitio buena, regular y mala, para fincas del mismo tamaño de la especie *seudostrobus*; así como también para la calidad de sitio buena y regular para la misma especie.

Figura 14. Proyección del Valor Actual Neto por ha, en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



El cuadro que a continuación se presenta, hace un resumen comparativo de los valores de las áreas de bosque, según los diferentes escenarios evaluados, a partir de la cual se estimó la conveniencia financiera en el manejo de bosques naturales de coníferas. Es decir, el tamaño del área con bosque en el cual el VAN comienza a ser mayor a 0.

| ESCENARIO | CONVENIENCIA FINANCIERA A PARTIR DE (HAS) |
|--|---|
| <i>P. pseudostrobus</i> Calidad de Sitio I | 1 |
| <i>P. pseudostrobus</i> Calidad de Sitio II | 1 |
| <i>P. pseudostrobus</i> Calidad de Sitio III | 3.55 |
| <i>P. oocarpa</i> Calidad de Sitio I | 28.50 |
| <i>P. oocarpa</i> Calidad de Sitio II | 59.67 |
| <i>P. oocarpa</i> Calidad de Sitio III | Ninguna |

Cabe indicar nuevamente, que a pesar que, la conveniencia financiera para *P. pseudostrobus* en calidad de sitio I y II fue establecida igualmente para las fincas desde una ha, los valores del VAN difieren en cantidad, ya que en calidad de sitio I, el indicador financiero es mas alto que en sitio II.

4.3.2 Análisis de la viabilidad financiera en el manejo de bosques naturales de coníferas

La viabilidad financiera debe ser un aspecto de primordial importancia en la evaluación de proyectos de inversión, ya que si los fondos disponibles no alcanzan para cubrir las erogaciones requeridas, simplemente no se puede emprender la inversión (Villarreal 1997). Esta referencia, se torna de mayor importancia en las inversiones forestales, ya que se caracterizan por requerir sumas moderadas de dinero en un futuro inmediato, a cambio de sumas de mayor magnitud en el futuro distante. Por este motivo, en esta sección se analiza la viabilidad financiera como complemento del análisis de la conveniencia financiera realizada en la sección anterior. Es decir, que en la sección anterior, donde se presentaron los resultados del Valor Actual Neto de las diferentes inversiones, se estableció si la inversión **se debe hacer**, y en esta sección si **se puede hacer**.

La elaboración del flujo de fondos fue un paso muy importante en el proceso de establecer la viabilidad de las inversiones en el manejo forestal, bajo el modelo propuesto. Dado a que dichas inversiones se pueden describir como un conjunto de ingresos y egresos de dinero que aparecen en diferentes momentos, el flujo de caja constituyó el análisis cuantitativo de dicha descripción. En los Cuadros 26 al 31, se presentan los resultados del flujo de dinero de la actividad a lo largo del turno de rotación, según la especie y la calidad de sitio. En los mismos, se identifica la magnitud y los momentos en que se deben hacer las erogaciones requeridas en el manejo del bosque, según su estado de desarrollo, e igualmente especifica los montos y momentos en que la actividad genera ingresos.

Cuadro 26. Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus*, desarrollado en calidad de sitio buena, según los estados de desarrollo de la masa arbórea

| Finca No. | Area | Resumen Flujo de Dinero por Hectárea | Estado de Desarrollo | | | | |
|-----------|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|-------|---------|--------|
| | | | Brinzal | Latizal | Joven | Mediano | Adulto |
| 1 | 1.4 | I-E Acumulado | -925 | -3717 | -8861 | 3737 | 48085 |
| 2 | 1.98 | I-E Acumulado | -867 | -1786 | -6704 | 8706 | 52050 |
| 3 | 2.516 | I-E Acumulado | -1052 | -2992 | -5765 | 12247 | 54775 |
| 4 | 3 | I-E Acumulado | -1120 | -3376 | -6965 | 8139 | 45289 |
| 5 | 3.47 | I-E Acumulado | -620 | -4502 | -5405 | 13270 | 55942 |
| 6 | 3.91 | I-E Acumulado | -581 | -2668 | -6540 | 9172 | 45004 |
| 7 | 4 | I-E Acumulado | -690 | -5965 | -7884 | 8632 | 46978 |
| 8 | 5 | I-E Acumulado | -512 | -610 | -1591 | 10971 | 54782 |
| 9 | 6.96 | I-E Acumulado | -377 | -3112 | -2125 | 12161 | 44531 |
| 10 | 8 | I-E Acumulado | -820 | -2225 | -1493 | 14708 | 58105 |
| 11 | 10 | I-E Acumulado | -504 | -4414 | -6734 | 10971 | 57737 |
| 12 | 12 | I-E Acumulado | -550 | -3381 | -5306 | 5833 | 48707 |
| 13 | 12.55 | I-E Acumulado | -472 | -2089 | -374 | 19483 | 63095 |
| 14 | 13 | I-E Acumulado | -387 | -1675 | -770 | 10890 | 57252 |
| 15 | 18 | I-E Acumulado | -426 | -1414 | -2609 | 18998 | 66401 |
| 16 | 24 | I-E Acumulado | -825 | -2175 | -1323 | 20099 | 67431 |
| 17 | 27 | I-E Acumulado | -426 | -1734 | -323 | 15631 | 61357 |
| 18 | 28 | I-E Acumulado | -403 | -2723 | -1397 | 19511 | 65834 |
| 19 | 28 | I-E Acumulado | -422 | -1664 | -1570 | 18596 | 63482 |
| 20 | 35 | I-E Acumulado | -449 | -1417 | -2270 | 16273 | 57473 |
| 21 | 35 | I-E Acumulado | -409 | -1566 | -3175 | 10296 | 56186 |
| 22 | 37.5 | I-E Acumulado | -362 | -938 | -2308 | 19263 | 66705 |
| 23 | 50 | I-E Acumulado | -530 | 703 | -1506 | 19377 | 66319 |
| 24 | 63 | I-E Acumulado | -394 | -1011 | -2546 | 13987 | 61122 |
| 25 | 157.5 | I-E Acumulado | -311 | 14 | 1334 | 20260 | 67451 |
| 26 | 225 | I-E Acumulado | -355 | 716 | 1637 | 20109 | 82545 |
| 27 | 250 | I-E Acumulado | -277 | 3960 | 4530 | 21876 | 71861 |
| 28 | 316.7 | I-E Acumulado | -288 | -636 | 126 | 24628 | 78937 |
| 29 | 405 | I-E Acumulado | -388 | 2187 | 3284 | 22272 | 75367 |
| 30 | 450 | I-E Acumulado | -268 | -224 | 1574 | 22981 | 80366 |

La liquidez de fondos presentados en el Cuadro 26, refleja lo expresado al inicio de esta sección, en relación con que esta actividad productiva requiere mayores egresos que ingresos en un principio, para que al final del turno de rotación, se obtenga lo contrario, en cantidades más grandes. Para el caso de este escenario los resultados reflejan que, en el estado de desarrollo de brinzal, todas las fincas de los diferentes tamaños reportan egresos mayores que los ingresos, debido a que en esta etapa aun no se obtienen productos para la venta. En el estado de desarrollo de latizal, se comienza a obtener algunos productos y subproductos

para la venta provenientes de la corta de los árboles semilleros y el primer raleo; no obstante, los Ingresos-Egresos (I-E) acumulados mayores a 0, se comenzaron a obtener a partir de las fincas con un área de 50 ha, pero no con una tendencia positiva para todas las fincas arriba de esa área. En el estado de desarrollo joven esta situación se refleja a partir de la finca con área de 157.5 ha. y a partir de allí, la tendencia es positiva para todas las fincas en los estados de desarrollo mediano y maduro.

Cuadro 27. Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus*, desarrollado en calidad de sitio regular, según los estados de desarrollo de la masa arbórea.

| Finca No. | Area | Resumen Flujo de Dinero por Hectárea | Estado de Desarrollo | | | | |
|-----------|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | Brinzal | Latizal | Joven | Mediano | Adulto |
| 1 | 1.4 | I-E Acumulado | -925 | -4573 | -12030 | -1286 | 45398 |
| 2 | 1.98 | I-E Acumulado | -867 | -2284 | -9428 | 4127 | 49862 |
| 3 | 2.516 | I-E Acumulado | -1052 | -3962 | -9373 | 6660 | 51716 |
| 4 | 3 | I-E Acumulado | -1120 | -3988 | -10472 | 2499 | 41176 |
| 5 | 3.47 | I-E Acumulado | -620 | -5585 | -8461 | 8758 | 54833 |
| 6 | 3.91 | I-E Acumulado | -581 | -3407 | -8176 | 6576 | 45052 |
| 7 | 4 | I-E Acumulado | -690 | -7195 | -11228 | 3672 | 44613 |
| 8 | 5 | I-E Acumulado | -512 | -836 | -3158 | 8371 | 56158 |
| 9 | 6.96 | I-E Acumulado | -377 | -3674 | -4124 | 9152 | 44428 |
| 10 | 8 | I-E Acumulado | -820 | -2697 | -3450 | 11668 | 59244 |
| 11 | 10 | I-E Acumulado | -504 | -5496 | -8530 | 8330 | 59407 |
| 12 | 12 | I-E Acumulado | -550 | -4258 | -6888 | 3543 | 50842 |
| 13 | 12.55 | I-E Acumulado | -472 | -2480 | -2655 | 15868 | 63718 |
| 14 | 13 | I-E Acumulado | -387 | -2140 | -3357 | 7335 | 58218 |
| 15 | 18 | I-E Acumulado | -426 | -1996 | -3554 | 17381 | 69625 |
| 16 | 24 | I-E Acumulado | -825 | -2586 | -3339 | 16851 | 68747 |
| 17 | 27 | I-E Acumulado | -426 | -2120 | -2123 | 12830 | 63199 |
| 18 | 28 | I-E Acumulado | -403 | -3317 | -3808 | 15769 | 66557 |
| 19 | 28 | I-E Acumulado | -422 | -2134 | -3203 | 15944 | 65195 |
| 20 | 35 | I-E Acumulado | -449 | -1875 | -3611 | 14042 | 59147 |
| 21 | 35 | I-E Acumulado | -409 | -2159 | -4291 | 8555 | 58945 |
| 22 | 37.5 | I-E Acumulado | -362 | -1397 | -3118 | 17793 | 70080 |
| 23 | 50 | I-E Acumulado | -530 | 522 | -2451 | 17497 | 68733 |
| 24 | 63 | I-E Acumulado | -394 | -1477 | -3550 | 12294 | 66525 |
| 25 | 157.5 | I-E Acumulado | -311 | -88 | -34 | 17906 | 69910 |
| 26 | 225 | I-E Acumulado | -355 | 642 | 349 | 17855 | 86773 |
| 27 | 250 | I-E Acumulado | -277 | 4260 | 3850 | 20359 | 75427 |
| 28 | 316.7 | I-E Acumulado | -288 | -956 | -1380 | 22050 | 81896 |
| 29 | 405 | I-E Acumulado | -388 | 2442 | 2011 | 19770 | 78147 |
| 30 | 450 | I-E Acumulado | -268 | -259 | 331 | 20772 | 84275 |

Los resultados del Cuadro 27, corresponden al escenario de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular. Aquí, al igual que el caso anterior, el Ingreso-Egreso acumulado (ingreso Neto) para el estado de desarrollo de brinzal es negativo en todas las fincas. En el estado de latizal, el Ingreso Neto positivo se comienza a observar en las fincas arriba de 50 ha, pero no con la misma tendencia para todas las fincas arriba de esa área. Los valores positivos para el Ingreso Neto en el estado mediano, se reportan a partir de las fincas de 1.98 ha, y para todas en el estado final (maduro).

Cuadro 28. Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus*, desarrollado en calidad de sitio mala, según los estados de desarrollo de la masa arbórea.

| Finca No. | Area | Resumen Flujo de Dinero por Hectárea | Estado de Desarrollo | | | | |
|-----------|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | Brinzal | Latizal | Joven | Mediano | Adulto |
| 1 | 1.4 | I-E Acumulado | -925 | -8040 | -16340 | -12668 | 25812 |
| 2 | 1.98 | I-E Acumulado | -867 | -3312 | -11314 | -5720 | 33358 |
| 3 | 2.516 | I-E Acumulado | -1052 | -4883 | -10362 | -2320 | 37209 |
| 4 | 3 | I-E Acumulado | -1120 | -5265 | -11967 | -6454 | 26779 |
| 5 | 3.47 | I-E Acumulado | -620 | -7770 | -10344 | -395 | 41127 |
| 6 | 3.91 | I-E Acumulado | -581 | -4882 | -10439 | -2713 | 30794 |
| 7 | 4 | I-E Acumulado | -690 | -9708 | -13700 | -5774 | 30482 |
| 8 | 5 | I-E Acumulado | -512 | -1339 | -3497 | 3113 | 46419 |
| 9 | 6.96 | I-E Acumulado | -377 | -4864 | -4611 | 3866 | 36578 |
| 10 | 8 | I-E Acumulado | -820 | -3702 | -3796 | 5792 | 49633 |
| 11 | 10 | I-E Acumulado | -504 | -7677 | -11066 | -1088 | 45048 |
| 12 | 12 | I-E Acumulado | -550 | -6032 | -8965 | -3167 | 39023 |
| 13 | 12.55 | I-E Acumulado | -472 | -5074 | -4262 | 7680 | 52071 |
| 14 | 13 | I-E Acumulado | -387 | -3133 | -3858 | 2654 | 49315 |
| 15 | 18 | I-E Acumulado | -426 | -3179 | -4974 | 8236 | 55712 |
| 16 | 24 | I-E Acumulado | -825 | -3468 | -3466 | 9515 | 57024 |
| 17 | 27 | I-E Acumulado | -426 | -2969 | -2153 | 7628 | 54344 |
| 18 | 28 | I-E Acumulado | -403 | -4592 | -4208 | 8340 | 55215 |
| 19 | 28 | I-E Acumulado | -422 | -3129 | -3840 | 8284 | 53411 |
| 20 | 35 | I-E Acumulado | -449 | -2826 | -4564 | 6301 | 47209 |
| 21 | 35 | I-E Acumulado | -409 | -3365 | -5740 | 1922 | 47587 |
| 22 | 37.5 | I-E Acumulado | -362 | -1067 | -3012 | 11342 | 70250 |
| 23 | 50 | I-E Acumulado | -530 | 136 | -3207 | 8767 | 54846 |
| 24 | 63 | I-E Acumulado | -394 | -2429 | -4750 | 4881 | 51789 |
| 25 | 157.5 | I-E Acumulado | -311 | -366 | 399 | 12149 | 60327 |
| 26 | 225 | I-E Acumulado | -355 | 421 | 741 | 12104 | 75744 |
| 27 | 250 | I-E Acumulado | -277 | 4823 | 4852 | 15521 | 65682 |
| 28 | 316.7 | I-E Acumulado | -288 | -1665 | -1547 | 13668 | 68853 |
| 29 | 405 | I-E Acumulado | -388 | 2866 | 3169 | 14756 | 68938 |
| 30 | 450 | I-E Acumulado | -268 | -465 | 965 | 14619 | 73638 |

Los resultados del Cuadro 28, corresponden al escenario de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala. Aquí, al igual que en los casos anteriores, el Ingresos-Egresos acumulados para el estado de desarrollo de brinzal fue negativo en todas las fincas. En el estado de latizal, un Ingreso Neto positivo se comienza a observar en las fincas arriba de 50 ha, pero no con la misma tendencia para todas las fincas arriba de esa área. Los valores positivos en el I-E acumulado en el estado mediano, se comenzaron a obtener a partir de las fincas de 5 ha, y para todas en el estado final (maduro).

Cuadro 29. Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa*, desarrollado en calidad de sitio buena, según los estados de desarrollo de la masa arbórea.

| Finca No. | Area | Resumen Flujo de Dinero por Hectárea | Estado de Desarrollo | | | | |
|-----------|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | Brinzal | Latizal | Joven | Mediano | Adulto |
| 1 | 1.4 | I-E Acumulado | -925 | -7925 | -18536 | -15113 | 14452 |
| 2 | 1.98 | I-E Acumulado | -867 | -5098 | -15330 | -9731 | 19969 |
| 3 | 2.516 | I-E Acumulado | -1052 | -6957 | -15000 | -6610 | 24323 |
| 4 | 3 | I-E Acumulado | -1120 | -6779 | -16338 | -10882 | 13823 |
| 5 | 3.47 | I-E Acumulado | -620 | -8889 | -13388 | -2640 | 31870 |
| 6 | 3.91 | I-E Acumulado | -581 | -6003 | -12481 | -4155 | 21659 |
| 7 | 4 | I-E Acumulado | -690 | -10615 | -16684 | -8287 | 20708 |
| 8 | 5 | I-E Acumulado | -512 | -3634 | -7102 | 25 | 36468 |
| 9 | 6.96 | I-E Acumulado | -377 | -6070 | -7195 | 2097 | 30789 |
| 10 | 8 | I-E Acumulado | -820 | -5533 | -7053 | 3464 | 41647 |
| 11 | 10 | I-E Acumulado | -504 | -8975 | -13085 | -2721 | 35449 |
| 12 | 12 | I-E Acumulado | -550 | -7399 | -11041 | -4751 | 30134 |
| 13 | 12.55 | I-E Acumulado | -472 | -5400 | -6397 | 6727 | 45561 |
| 14 | 13 | I-E Acumulado | -387 | -5151 | -7201 | -135 | 40114 |
| 15 | 18 | I-E Acumulado | -426 | -4986 | -7151 | 7536 | 47770 |
| 16 | 24 | I-E Acumulado | -825 | -5556 | -7093 | 7224 | 48065 |
| 17 | 27 | I-E Acumulado | -426 | -5031 | -5565 | 5217 | 46426 |
| 18 | 28 | I-E Acumulado | -403 | -6539 | -7897 | 5905 | 46848 |
| 19 | 28 | I-E Acumulado | -422 | -5018 | -6855 | 6540 | 45405 |
| 20 | 35 | I-E Acumulado | -449 | -4512 | -7117 | 4870 | 39375 |
| 21 | 35 | I-E Acumulado | -409 | -5089 | -7992 | 445 | 38913 |
| 22 | 37.5 | I-E Acumulado | -362 | -4259 | -6568 | 8125 | 48462 |
| 23 | 50 | I-E Acumulado | -530 | -2671 | -6728 | 6451 | 44637 |
| 24 | 63 | I-E Acumulado | -394 | -4320 | -7202 | 3343 | 42974 |
| 25 | 157.5 | I-E Acumulado | -311 | -2750 | -3193 | 9816 | 52228 |
| 26 | 225 | I-E Acumulado | -355 | -2738 | -3581 | 8991 | 64671 |
| 27 | 250 | I-E Acumulado | -277 | 806 | -106 | 11711 | 54425 |
| 28 | 316.7 | I-E Acumulado | -288 | -4170 | -5189 | 11703 | 59845 |
| 29 | 405 | I-E Acumulado | -388 | -678 | -1840 | 10917 | 58774 |
| 30 | 450 | I-E Acumulado | -268 | -3584 | -3297 | 11886 | 64176 |

Los resultados del Cuadro 29, corresponden al escenario de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena. Aquí, al igual que en los casos anteriores, el Ingresos-Egresos acumulados para el estado de desarrollo de brinzal fue negativo en todas las fincas. La misma tendencia se logra observar en todas las fincas en el estado de latizal. Los valores positivos para el Ingreso Neto en el estado mediano, se comenzaron a obtener a partir de las fincas de 5 ha, pero no es hasta las fincas de arriba de 18 has, donde la tendencia es igual para todas. En el estado de desarrollo final (maduro), todas las fincas tuvieron el I-E acumulado positivo.

Cuadro 30. Resumen del flujo de dinero por hectárea en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa*, desarrollado en calidad de sitio regular, según los estados de desarrollo de la masa arbórea.

| Finca No. | Area | Resumen Flujo de Dinero por Hectárea | Estado de Desarrollo | | | | |
|-----------|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | Brinzal | Latizal | Joven | Mediano | Adulto |
| 1 | 1.4 | I-E Acumulado | -925 | -7896 | -23215 | -19983 | 30104 |
| 2 | 1.98 | I-E Acumulado | -867 | -4462 | -19289 | -13165 | 36114 |
| 3 | 2.516 | I-E Acumulado | -1052 | -6533 | -18799 | -9242 | 39156 |
| 4 | 3 | I-E Acumulado | -1120 | -6758 | -21179 | -15613 | 24552 |
| 5 | 3.47 | I-E Acumulado | -620 | -9329 | -16582 | -3602 | 47481 |
| 6 | 3.91 | I-E Acumulado | -581 | -5809 | -14689 | -4278 | 38751 |
| 7 | 4 | I-E Acumulado | -690 | -11821 | -21191 | -11359 | 33197 |
| 8 | 5 | I-E Acumulado | -512 | -2469 | -7860 | 731 | 53813 |
| 9 | 6.96 | I-E Acumulado | -377 | -6444 | -8973 | 2389 | 42121 |
| 10 | 8 | I-E Acumulado | -820 | -5200 | -8255 | 4689 | 58722 |
| 11 | 10 | I-E Acumulado | -504 | -9259 | -14949 | -980 | 57572 |
| 12 | 12 | I-E Acumulado | -550 | -7401 | -12537 | -4692 | 49286 |
| 13 | 12.55 | I-E Acumulado | -472 | -5140 | -7908 | -8218 | 62329 |
| 14 | 13 | I-E Acumulado | -387 | -4666 | -8280 | 208 | 58261 |
| 15 | 18 | I-E Acumulado | -426 | -4264 | -7299 | 11711 | 72408 |
| 16 | 24 | I-E Acumulado | -825 | -4882 | -8026 | 9817 | 69040 |
| 17 | 27 | I-E Acumulado | -426 | -4587 | -6347 | 6974 | 64591 |
| 18 | 28 | I-E Acumulado | -403 | -6538 | -9689 | 7363 | 64885 |
| 19 | 28 | I-E Acumulado | -422 | -4535 | -7769 | 9111 | 65401 |
| 20 | 35 | I-E Acumulado | -449 | -3937 | -7945 | 7251 | 58844 |
| 21 | 35 | I-E Acumulado | -409 | -4468 | -8503 | 2247 | 60423 |
| 22 | 37.5 | I-E Acumulado | -362 | -3295 | -6449 | 12576 | 73326 |
| 23 | 50 | I-E Acumulado | -530 | -673 | -6458 | 10366 | 68964 |
| 24 | 63 | I-E Acumulado | -394 | -3419 | -7442 | 6188 | 65921 |
| 25 | 157.5 | I-E Acumulado | -311 | -1632 | -3197 | 13119 | 72774 |
| 26 | 225 | I-E Acumulado | -355 | -931 | -2938 | 12833 | 92402 |
| 27 | 250 | I-E Acumulado | -277 | 4239 | 2318 | 17234 | 81089 |
| 28 | 316.7 | I-E Acumulado | -288 | -3128 | -5354 | 16086 | 84956 |
| 29 | 405 | I-E Acumulado | -388 | -1714 | -957 | 14763 | 81294 |
| 30 | 450 | I-E Acumulado | -268 | -2499 | -3082 | 16108 | 89540 |

Los resultados del Cuadro 30, corresponden al escenario de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular. Aquí, al igual que en el caso anterior, el Ingresos-Egresos acumulados para el estado de desarrollo de brinzal y latizal fue negativo en todas las fincas. Los valores positivos para el Ingreso Neto en estado mediano, se comenzaron a obtener a partir de las fincas de 5 ha, pero no es hasta las fincas de arriba de 13 ha, donde la tendencia es igual para todas. En el estado de desarrollo final (maduro), todas las fincas tuvieron un I-E acumulado positivo.

Cuadro 31, Resumen del Flujo de Dinero por hectárea en el manejo de Bosques naturales de *P. oocarpa*, desarrollado en calidad de sitio mala, según los estados de desarrollo de la masa arbórea.

| Finca No. | Area | Resumen Flujo de Dinero por Hectárea | Estado de Desarrollo | | | | |
|-----------|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | Brinzal | Latizal | Joven | Mediano | Adulto |
| 1 | 1.4 | I-E Acumulado | -925 | -10476 | -36102 | -45420 | -7347 |
| 2 | 1.98 | I-E Acumulado | -867 | -5660 | -30607 | -37816 | -613 |
| 3 | 2.516 | I-E Acumulado | -1052 | -8204 | -28388 | -31034 | 7606 |
| 4 | 3 | I-E Acumulado | -1120 | -8836 | -32646 | -39552 | -8003 |
| 5 | 3.47 | I-E Acumulado | -620 | -12676 | -24427 | -21042 | 20890 |
| 6 | 3.91 | I-E Acumulado | -581 | -7639 | -22469 | -22140 | 10575 |
| 7 | 4 | I-E Acumulado | -690 | -16363 | -31744 | -32078 | 3802 |
| 8 | 5 | I-E Acumulado | -512 | -2740 | -11360 | -9396 | 34754 |
| 9 | 6.96 | I-E Acumulado | -377 | -8773 | -12537 | -6628 | 27303 |
| 10 | 8 | I-E Acumulado | -820 | -6781 | -11396 | -4801 | 40606 |
| 11 | 10 | I-E Acumulado | -504 | -12502 | -21774 | -14509 | 32085 |
| 12 | 12 | I-E Acumulado | -550 | -9918 | -18395 | -16929 | 25793 |
| 13 | 12.55 | I-E Acumulado | -472 | -6805 | -10938 | -2109 | 43963 |
| 14 | 13 | I-E Acumulado | -387 | -6143 | -11692 | -8415 | 39763 |
| 15 | 18 | I-E Acumulado | -426 | -5506 | -10604 | -348 | 48342 |
| 16 | 24 | I-E Acumulado | -825 | -6046 | -10696 | -836 | 48100 |
| 17 | 27 | I-E Acumulado | -426 | -6001 | -8444 | -648 | 48093 |
| 18 | 28 | I-E Acumulado | -403 | -8880 | -13652 | -4474 | 44175 |
| 19 | 28 | I-E Acumulado | -422 | -5944 | -11067 | -2171 | 44354 |
| 20 | 35 | I-E Acumulado | -449 | -5073 | -11672 | -4590 | 37188 |
| 21 | 35 | I-E Acumulado | -409 | -5815 | -12409 | -8156 | 38480 |
| 22 | 37.5 | I-E Acumulado | -362 | -4047 | -9208 | 1118 | 49891 |
| 23 | 50 | I-E Acumulado | -530 | -83 | -9662 | -2775 | 43846 |
| 24 | 63 | I-E Acumulado | -394 | -4235 | -10875 | -4791 | 43114 |
| 25 | 157.5 | I-E Acumulado | -311 | -2377 | -4636 | 5145 | 55353 |
| 26 | 225 | I-E Acumulado | -355 | -576 | -3547 | 5598 | 71777 |
| 27 | 250 | I-E Acumulado | -277 | 6991 | 4058 | 12629 | 64156 |
| 28 | 316.7 | I-E Acumulado | -288 | -3877 | -7283 | 5370 | 62652 |
| 29 | 405 | I-E Acumulado | -388 | 3249 | -793 | 8276 | 64768 |
| 30 | 450 | I-E Acumulado | -268 | -3037 | -3604 | 8842 | 70610 |

Los resultados del Cuadro 31, corresponden al último escenario evaluado y se refieren al de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala. Este escenario es el que presentó menores valores de Ingresos Netos en los diferentes estados de desarrollo, ya que se obtuvieron valores del Ingresos-Egresos acumulados por debajo de 0 en los estados de brinzal, latizal, y joven. No es, sino a partir de las fincas de 157.5 ha, donde el valor del I-E acumulado, presentaron una tendencia positiva en el estado de desarrollo mediano. Los valores positivos para el Ingreso Neto en estado maduro, se comenzaron a obtener a partir de las fincas de 2.516 ha, pero no es hasta las fincas arriba de 3.47 ha, donde la tendencia es igual para todas.

4.3.2.1 Estimación del punto de equilibrio entre los Ingresos-Egresos acumulados, en los diferentes estados de desarrollo de la masa arbórea, a través de la proyección de las curvas de Ingreso Neto

Los resultados del análisis del flujo de caja en los diferentes estados de desarrollo de la masa arbórea, presentados en los Cuadros 26 al 31, a través del Ingreso Neto acumulado, representan datos discretos. Sin embargo, el análisis de esta sección, estuvo orientado a identificar el punto exacto en la cual el Ingreso-Egreso acumulado es igual a 0 (punto de equilibrio del Ingreso Neto) en los diferentes estados de desarrollo, a través de modelos de regresión. Es decir, que con los resultados de los Ingresos-Egresos acumulados en los cuadros mencionados, se realizó el análisis de regresión para proyectar de manera continua el Ingreso Neto durante todo el turno de rotación del manejo sostenido de los bosques naturales de coníferas, con el fin de identificar las limitantes de liquidez en cada una de los estados de desarrollo del bosque y estimar el monto total que sería necesario para llegar al punto de equilibrio. El análisis de regresión se hizo tomando como base y de igual forma al análisis econométrico de las secciones anteriores, por lo que el procedimiento no se describe en esta sección. Los resultados obtenidos fueron:

Proyección del Ingreso Neto para *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena

a. Estado de desarrollo latizal

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Buena | $y = -4504.30 + 928.33 \ln X$ | ** | ** | 0.0001 | 0.5901 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados por ha

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

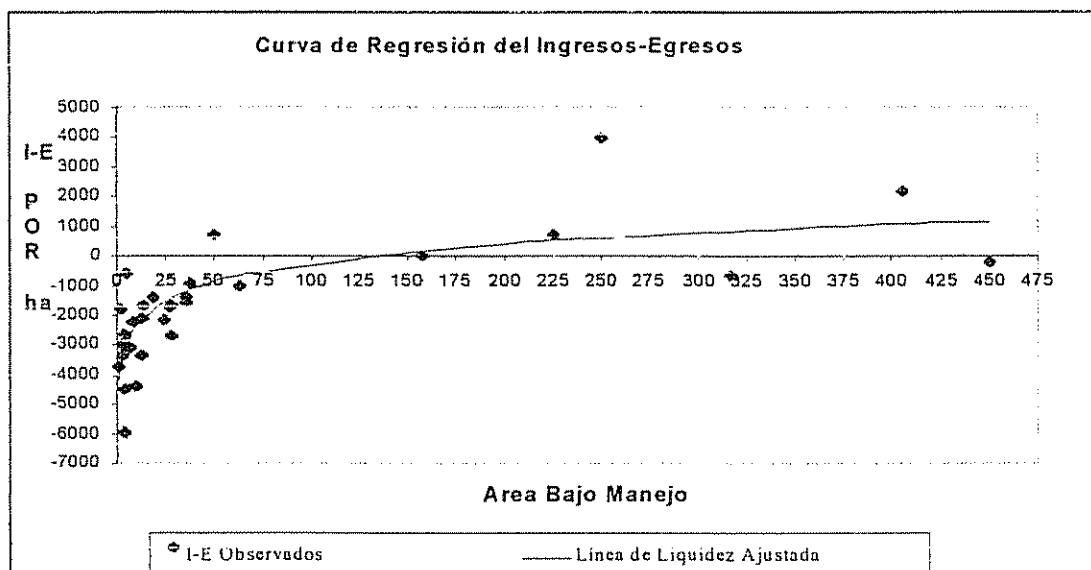
β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

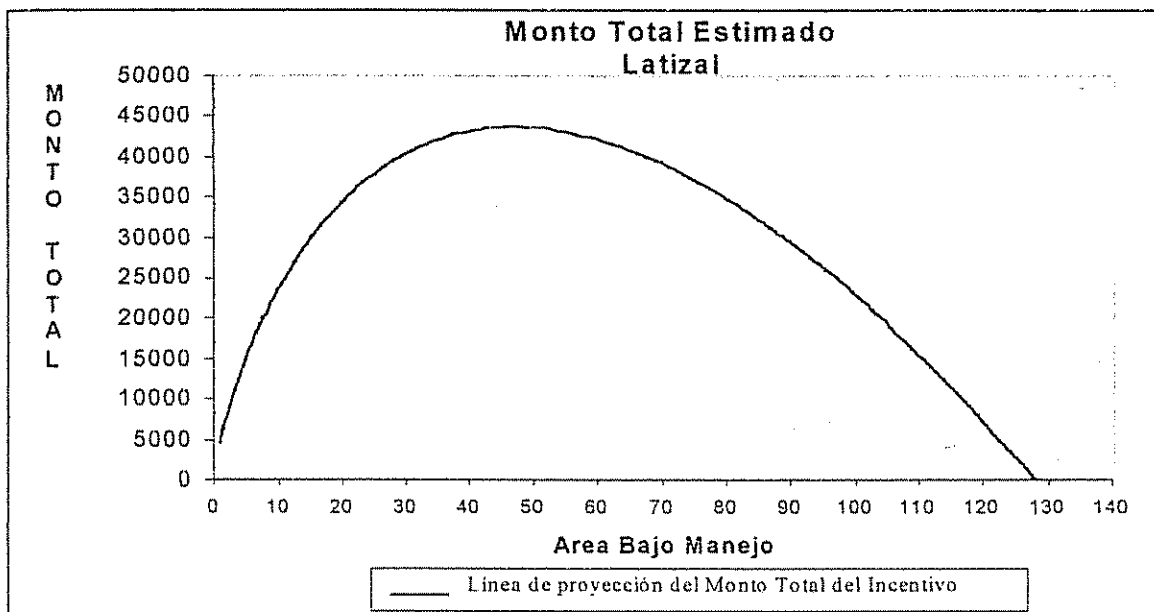
Con el modelo estimado se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo de latizal y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados por ha se hacen 0. Esta área corresponde a 127.99 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 15. Los resultados de la proyección de liquidez para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto total que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando estos son negativos.

Figura 15. Proyección de los Ingresos-Egresos Acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena.



El monto total estimado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, por el número de has bajo manejo, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 127.99 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, se presentan gráficamente en la Figura 16.

Figura. 16 Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena



b. Estado de desarrollo joven

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr >F | R ² |
|------------------|--------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Buena | $y = -7661.95 + 1718.67 \ln X$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7258 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados

β_0 = Intercepto

X = Area bajo manejo

β_1 = Pendiente

R² = Coeficiente de determinación

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

Pr >F = Prueba de F para la probabilidad de error

Con el modelo estimado se proyectaron los Ingresos- Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena, es su estado de desarrollo joven. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de latizal, de la siguiente manera:

$$\text{I-E acumulados Estado Joven } Y = -7661.95 + 1718.67 \ln (X) \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\text{Monto calculado Estado latizal } Y = -4504.30 + 928.33 \ln (X) \dots\dots\dots (4.4)$$

$$\text{Liquidez en el Estado Joven} = (4.1) - (4.2)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo de latizal, es considerado como un ingreso en el flujo de caja. Mediante el resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -3157.65 + 790.34 \ln (X) \dots\dots\dots (4.5)$$

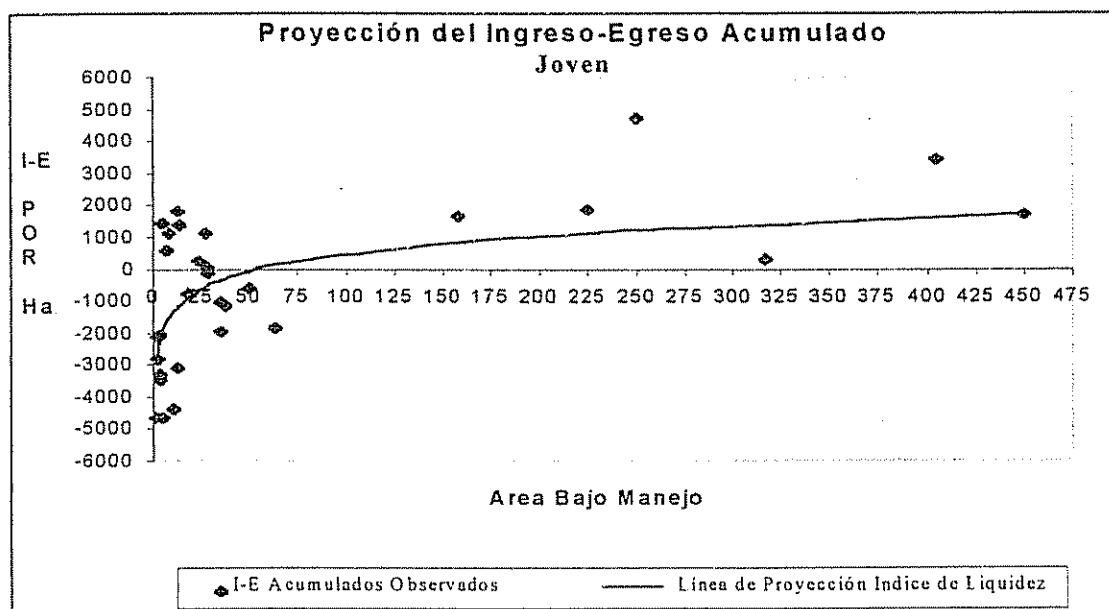
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha en el estado de desarrollo joven.

X = Area bajo manejo.

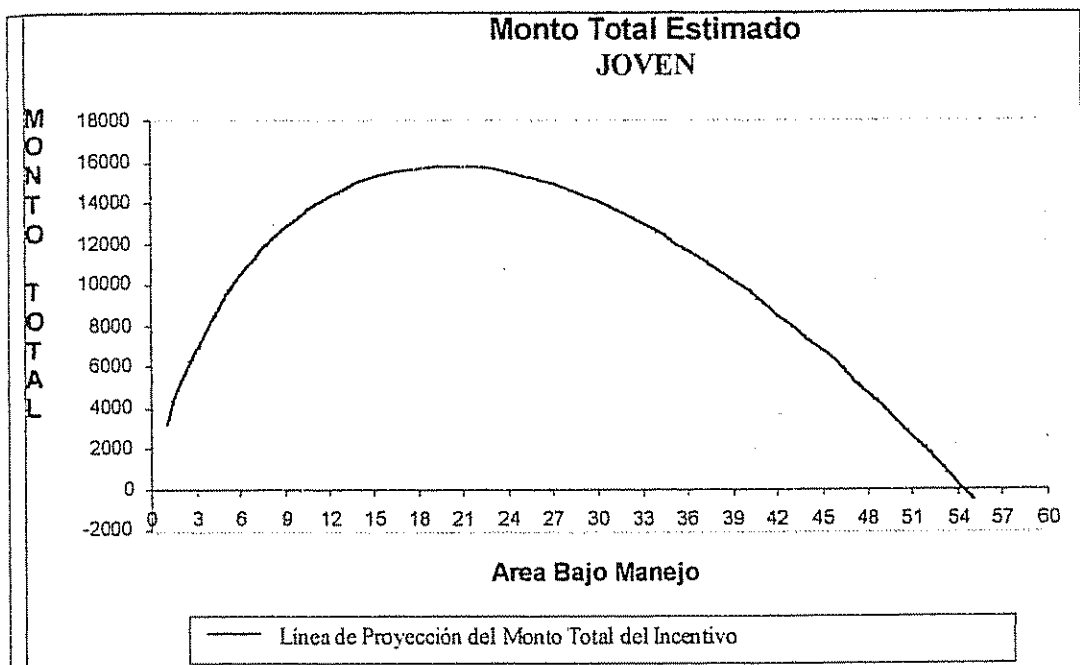
Con la ecuación (4.5) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo joven y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 54.32 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 17. Los resultados de la proyección de liquidez por ha. para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso neto, cuando este es negativo.

Figura 17. Proyección de los Ingresos-Egresos Acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena.



Siguiendo con el mismo procedimiento, el monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 54.32 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha. por el área bajo manejo, según se presentan gráficamente en la Figura 18.

Figura 18. Monto Total Calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio buena.



Para este escenario, ya no fue necesario calcular los montos para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto cuando la masa arbórea se encuentra en el estado de desarrollo de mediano y maduro, debido a que los valores de liquidez (Ingreso-Egreso acumulado) fueron positivos para todos los tamaños de bosques.

Proyección de Ingreso Neto *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular

a. Estado de desarrollo latizal

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Regular | Y = -5499.49 + 1095.12 ln (X) | ** | ** | 0.0001 | 0.5978 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados por ha

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

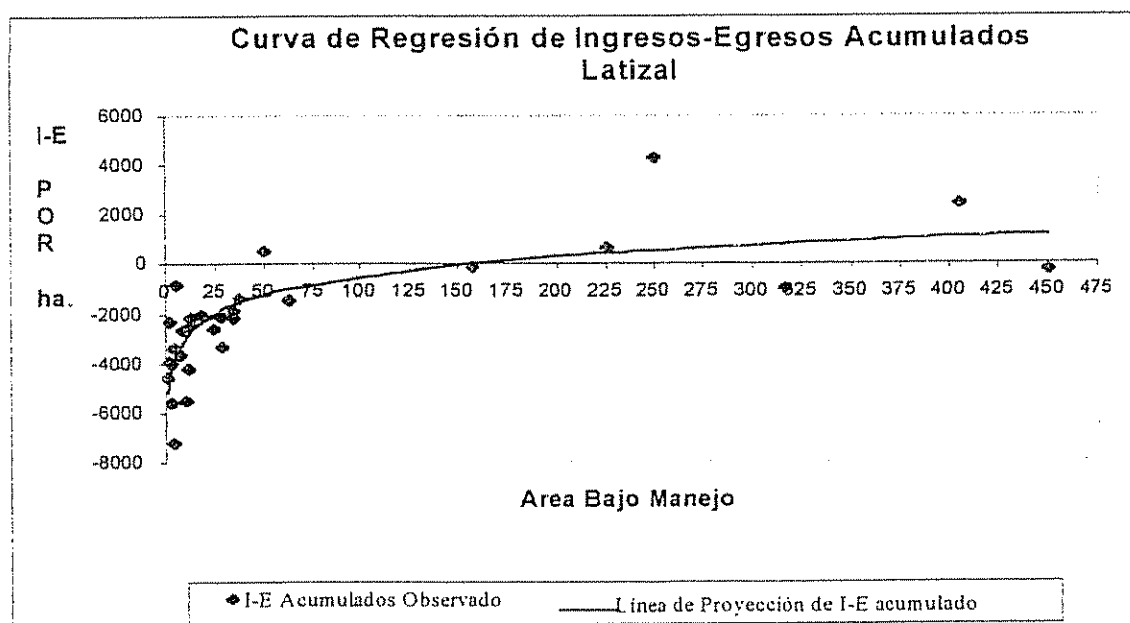
β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

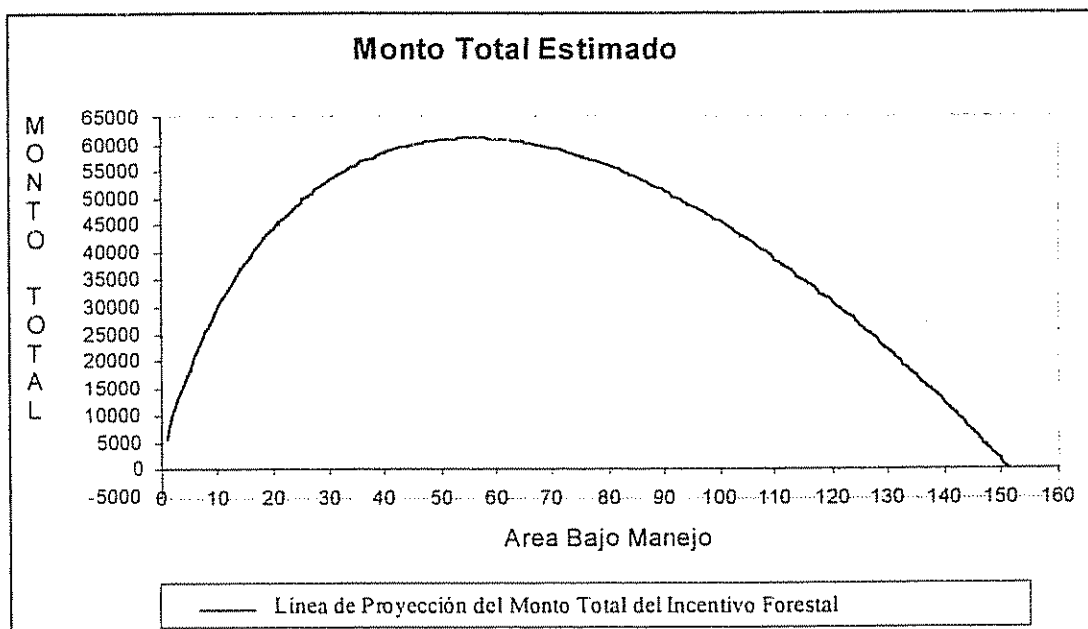
Al igual que el escenario anterior, con el modelo estimado se logró obtener el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo de latizal y en calidad de sitio regular, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados por ha. se hacen 0. Esta área corresponde a 151.68 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 19. Los resultados de la proyección de liquidez para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto total que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando estos son negativos.

Figura 19. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular.



Siguiendo el mismo procedimiento, el monto total estimado para alcanzar el punto de equilibrio correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 151.68 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha. por el área bajo manejo, según se presentación gráficamente en la Figura 20.

Figura 20. Monto Total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular.



b. Estado de desarrollo Joven

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Regular | $Y = -10658 + 2087.79 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7749 |

Referencias:

- Y = Ingresos- Egresos acumulados
- X = Area bajo manejo
- R² = Coeficiente de determinación
- Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error
- β_0 = Intercepto
- β_1 = Pendiente
- ** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con el modelo estimado se proyectaron los Ingresos- Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular, es su estado de desarrollo joven. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha. en el estado de desarrollo de latizal, de la siguiente manera:

$$\text{I-E acumulados Estado Joven } Y = -10658 + 2087.79 \ln(X) \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\text{Monto calculado Estado latizal } Y = -5499.49 + 1095.12 \ln(X) \dots\dots\dots (4.7)$$

$$\text{Liquidez en el Estado Joven} = (4.6) - (4.7)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo de latizal, es considerado como un ingreso en el flujo de caja. Por medio del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha. en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -5158.51 + 992.67 \ln(X) \dots\dots\dots (4.8)$$

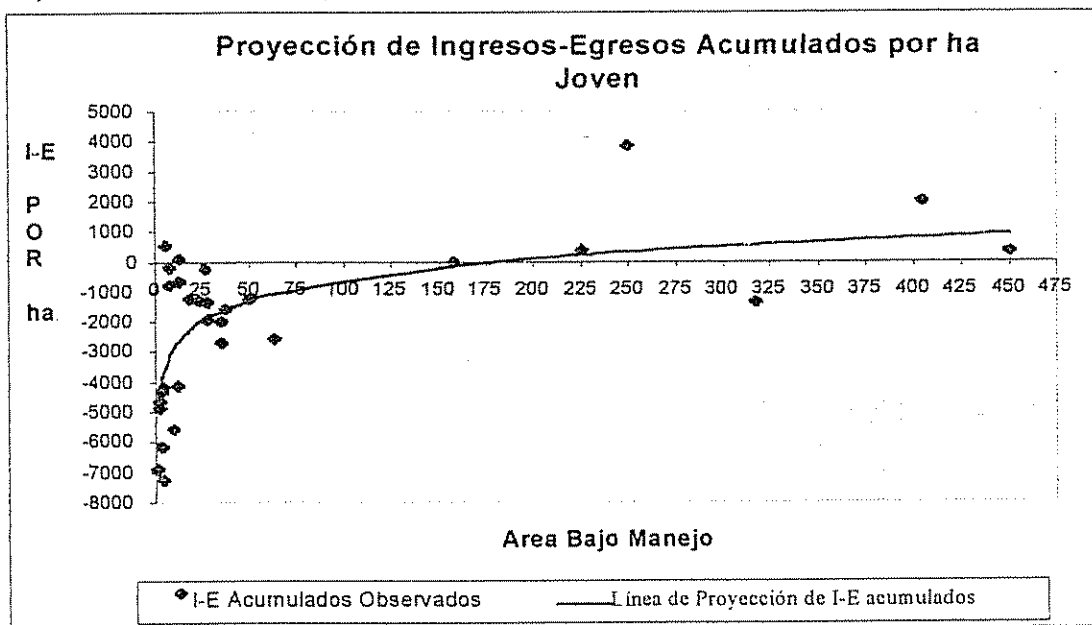
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha. en el estado de desarrollo joven.

X = Area bajo manejo.

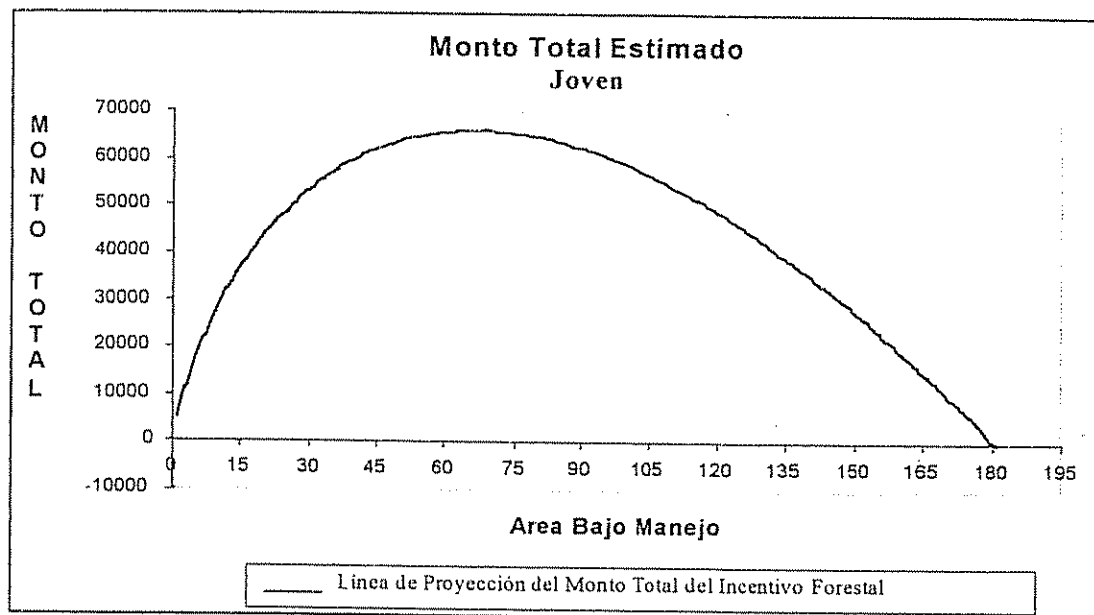
Con la ecuación (4.8) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo joven y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 180.66 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 21. Los resultados de la proyección de liquidez por ha. para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo.

Figura 21. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha. fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 180.662 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha. por el área bajo manejo, según se presentan gráficamente en la Figura 22.

Figura 22. Monto Total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio regular.



En este escenario, los datos observados de Ingreso-Egreso acumulados, cuando la masa arbórea se encuentra en un estado de desarrollo mediano (Cuadro 27), presentarán un valor negativo (-1286) para la finca con un área bajo manejo de 1.4 hectáreas. No obstante, al llevar a cabo el análisis de regresión, los datos proyectados de I-E acumulados fueron positivos para todos los tamaños de áreas bajo manejo. Según estos resultados, no fue necesario calcular los montos para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en este estado de desarrollo.

Proyección de Ingreso Neto para *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala

a. Estado de desarrollo latizal

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Mala | Y = -7705.23 + 1471.05 ln (X) | ** | ** | 0.0001 | 0.6068 |

Referencias

Y = Ingresos- Egresos acumulados por ha

X = Área bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

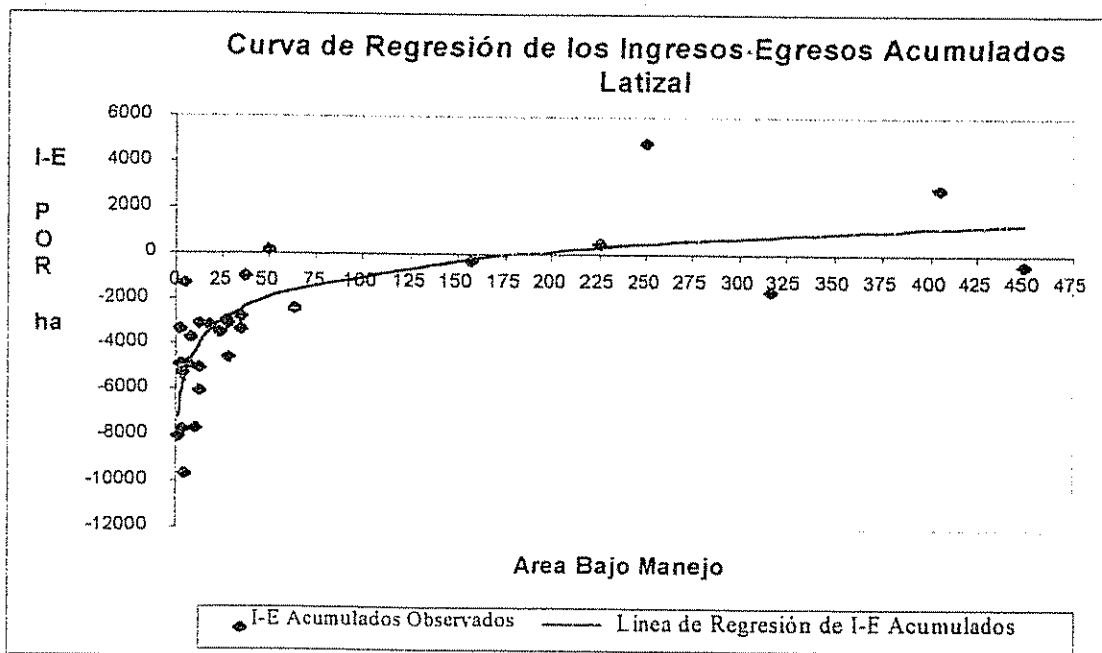
β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

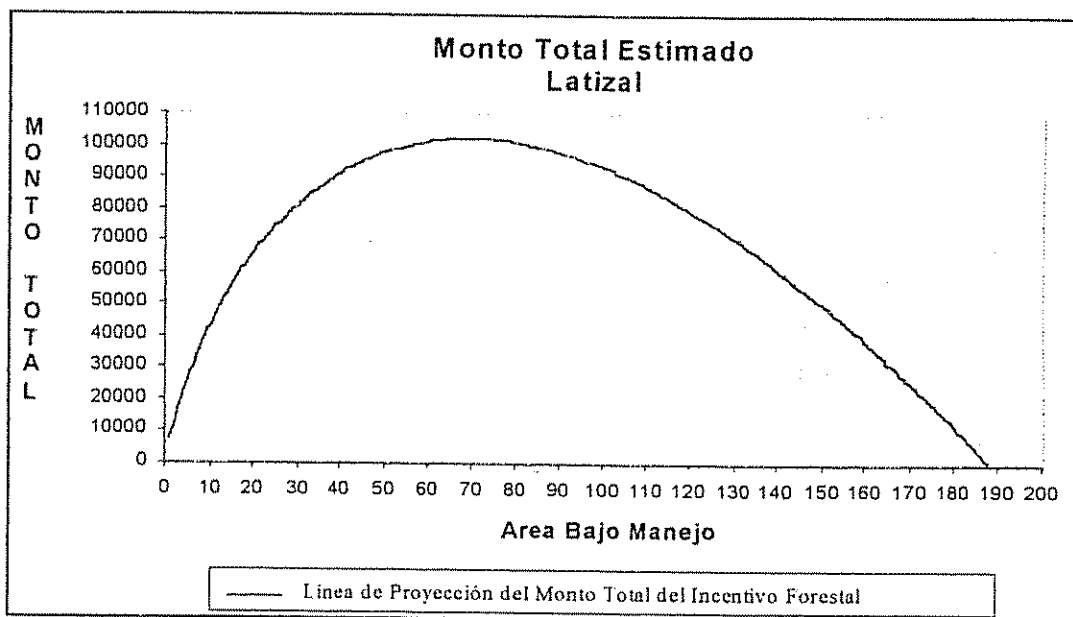
Al igual que en los escenarios anteriores, con el modelo estimado se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo de latizal y en calidad de sitio malo, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados por ha se hacen 0. Esta área corresponde a 188.10 ha, y se puede observar gráficamente en la Figura 23. Los resultados de la proyección de liquidez para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto total que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando estos son negativos.

Figura 23. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



Siguiendo el mismo procedimiento, el monto total estimado para alcanzar el punto de equilibrio correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha. fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 188.10 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, según la presentación gráfica de la Figura 24.

Figura 24. Monto Total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



b. Estado de desarrollo Joven

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr >F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Mala | $Y = -13208 + 2634.79 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7603 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr >F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con modelo estimado se proyectaron los Ingresos- Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala, es su estado de desarrollo joven. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha. son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de latizal, de la siguiente manera:

$$\text{I-E acumulados Estado Joven } Y = -13208 + 2634.79 \ln(X) \dots\dots\dots (4.9)$$

$$\text{Monto calculado Estado latizal } Y = -7705.23 + 1471.05 \ln(X) \dots\dots\dots (4.10)$$

$$\text{Liquidez Estado Joven} = (4.9) - (4.10)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del ingreso neto en el estado de desarrollo de latizal, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -5502.77 + 1163.74 \ln(X) \dots\dots\dots (4.11)$$

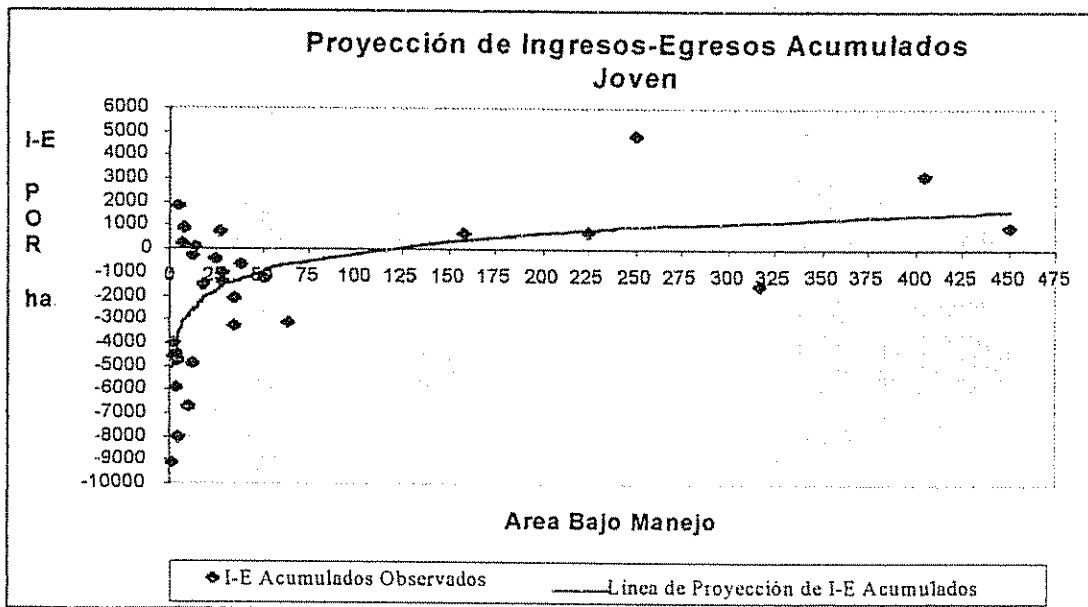
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha. en el estado de desarrollo joven.

X = Area bajo manejo.

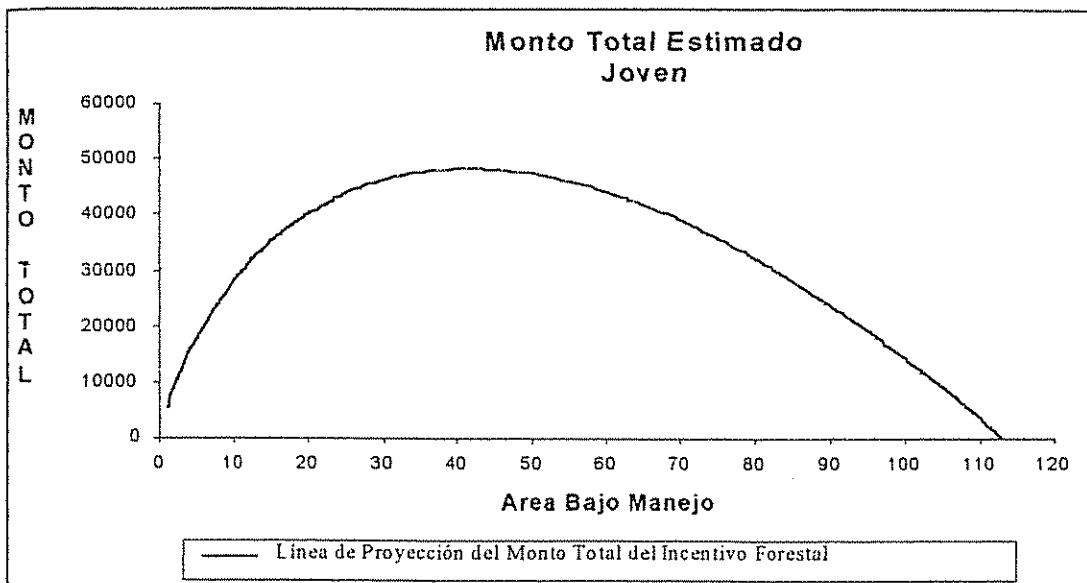
Con la ecuación (4.11) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo joven y en calidad de sitio mala, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 113.12 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 25. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo, en este estado de desarrollo.

Figura 25. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 113.12 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, según la presentación gráfica de la Figura 26.

Figura 26. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



c. Estado de desarrollo mediano

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|---------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Mala | $Y = -7137.69 + 3890.80 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7885 |

Referencias :

- Y = Ingresos- Egresos acumulados
- X = Área bajo manejo
- R² = Coeficiente de determinación
- Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error
- β_0 = Intercepto
- β_1 = Pendiente
- ** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con modelo estimado se proyectaron los Ingresos- Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala, es su estado de desarrollo mediano. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de joven, de la siguiente manera:

I-E acumulados Estado mediano $Y = -7137.69 + 3890.80 \ln(X)$ (4.12)

Montocalculado Estado joven $Y = -5502.77 + 1163.74 \ln(X)$ (4.13)

Liquidez Estado Mediano = (4.12) – (4.13)

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo joven, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -2234.928 + 2727.06 \ln(X) \quad (4.14)$$

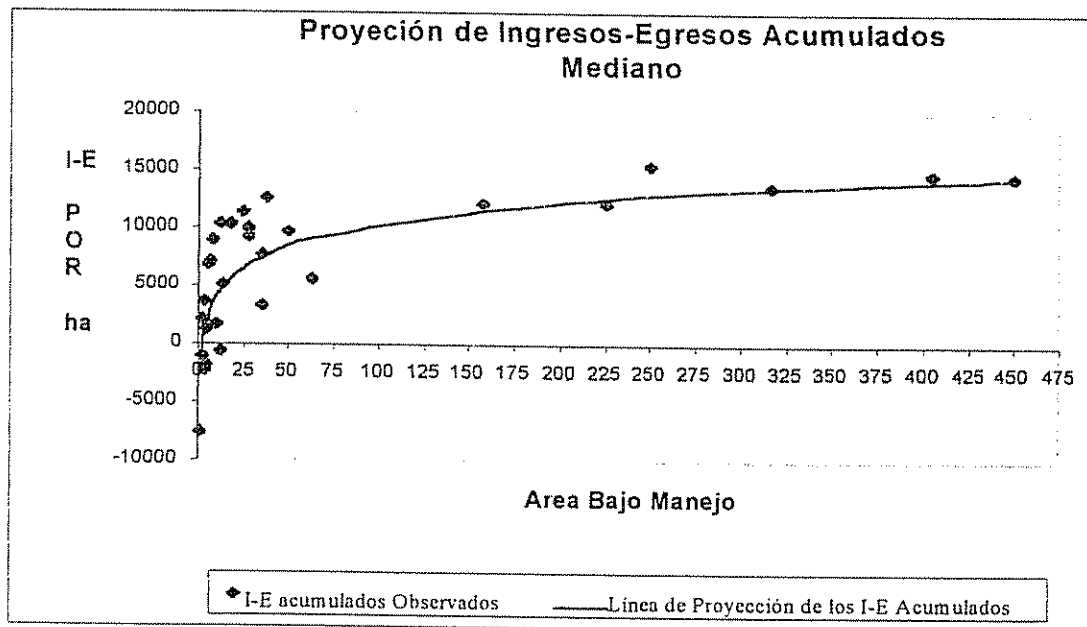
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha en el estado de desarrollo mediano

X = Area bajo manejo.

Con la ecuación (4.14) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo mediano y en calidad de sitio mala, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 2.27 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 27. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo.

Figura 27. Proyección de los Ingresos-Egresos Acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. pseudostrobus* en calidad de sitio mala.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este índice de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 2.27 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, de la siguiente manera:

| Area (ha) | Monto por ha | Monto Total |
|-----------|--------------|-------------|
| 1 | 2234.92 | 2234.92 |
| 2 | 344.66 | 689.33 |

Para este escenario, ya no fue necesario calcular los montos para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto cuando la masa arbórea se encuentra en el estado de desarrollo maduro, debido a que los valores de liquidez (Ingreso-Egreso acumulado) fueron positivos para todos los tamaños de bosques.

Proyección de Ingreso Neto para *P. oocarpa* en calidad de sitio buena

a. Estado de desarrollo latizal

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|---------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Buena | $y = -8399.20 + 1057.21 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.5525 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados por ha

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

Siguiendo con el mismo esquema de procesamiento y análisis de la información llevada a cabo para la especie *P. pseudostrobus*, el modelo estimado sirvió para proyectar los Ingresos-egresos acumulados en *P. oocarpa* en su estado de desarrollo de latizal. Los valores proyectados de este indicador de liquidez,

resultan ser negativos para todos los tamaños de área de bosque bajo manejo, lo cual se puede observar gráficamente en la Figura 28. Estos valores proyectados de liquidez sirvieron de base para estimar el monto total que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto. Es decir, que el monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0. Los montos totales calculados para este escenario, se presentan gráficamente en la Figura 29.

Figura 28. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. occarpa* en calidad de sitio buena.

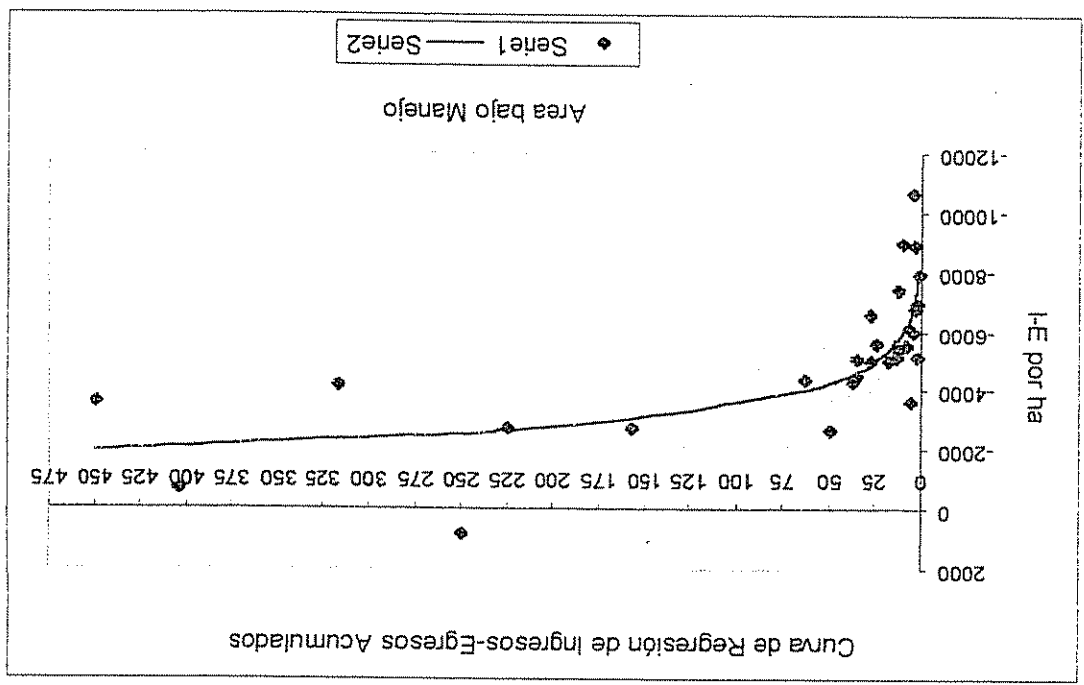
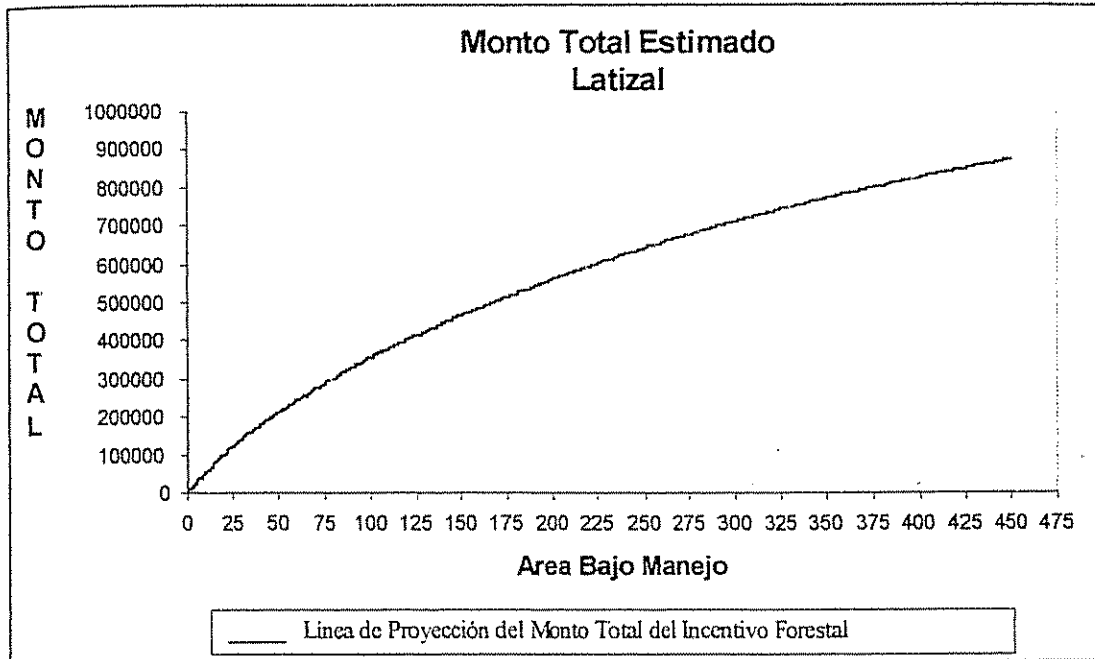


Figura 29. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena.



b. Estado de desarrollo Joven

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Buena | $y = -15844 + 2423.53 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7477 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con el modelo estimado se proyectó los Ingresos- Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena, es su estado de desarrollo joven. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de latizal, de la siguiente manera:

I-E acumulados Estado Joven $Y = -15844 + 2423.53 \ln(X)$ (4.15)

Monto calculado Estado latizal $Y = -8399.20 + 1057.21 \ln(X)$ (4.16)

$$\text{Liquidez Estado Joven} = (4.15) - (4.16)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo de latizal, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -7444.8 + 1366.32 \ln(X) \quad (6.17)$$

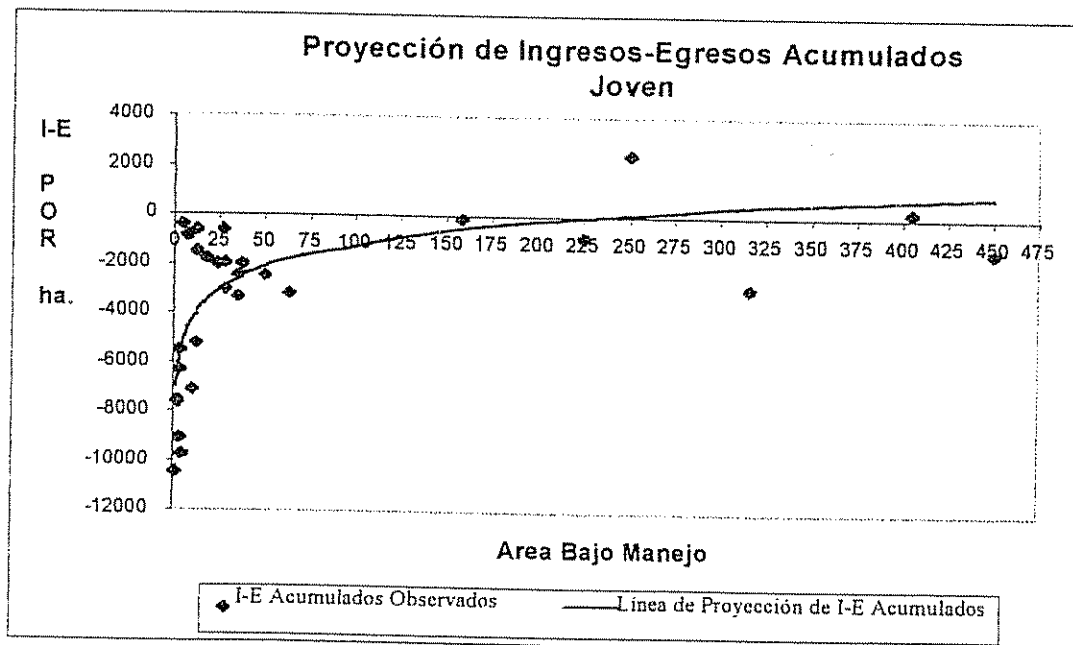
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha en el estado de desarrollo joven.

X = Área bajo manejo.

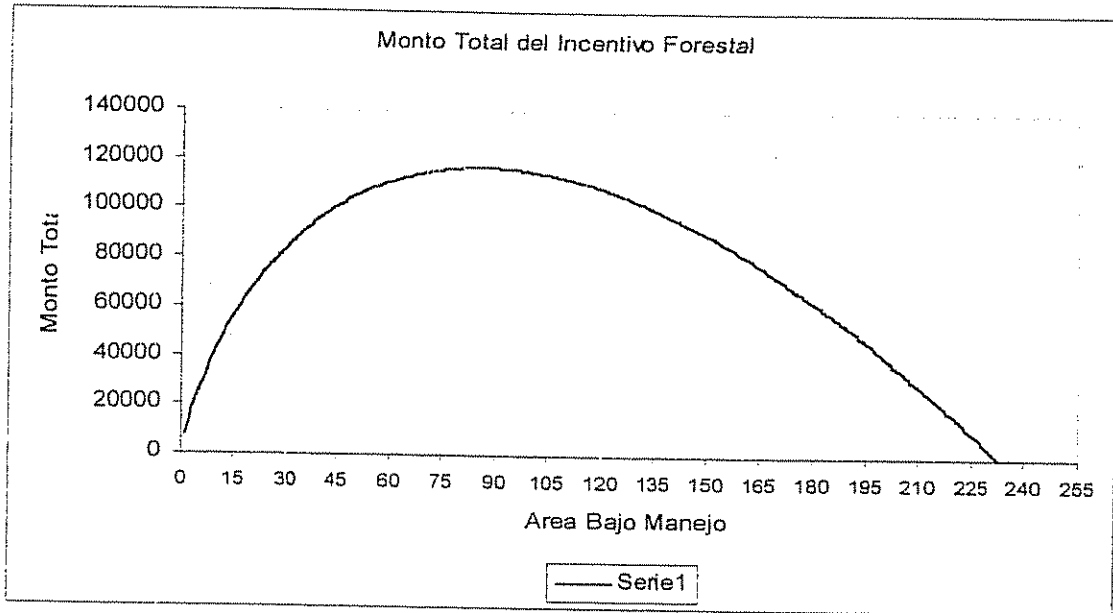
Con la ecuación (4.17) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo joven y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 232.47 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 30. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para todos los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo.

Figura 30. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 23247 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, según se presentan gráficamente en la Figura 31.

Figura 31. Monto Total del incentivo forestal en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena.



c. Estado de desarrollo Mediano

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Buena | Y = -9608.86 + 3904.66 ln (X) | ** | ** | 0.0001 | 0.7885 |

Referencias:

Y = Ingresos- Egresos acumulados

X = Área bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con el modelo estimado se proyectaron los Ingresos-Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena, es su estado de desarrollo mediano. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son

acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de joven, de la siguiente manera:

$$\text{I-E acumulados Estado mediano } Y = -9608.87 + 3904.66 \ln(X) \dots\dots\dots (4.18)$$

$$\text{Monto calculado Estado joven } Y = -7444.8 + 1366.32 \ln(X) \dots\dots\dots (4.19)$$

$$\text{Liquidez Estado Mediano} = (4.18) - (4.19)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo joven, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -2164.07 + 2538.34 \ln(X) \dots\dots\dots (4.20)$$

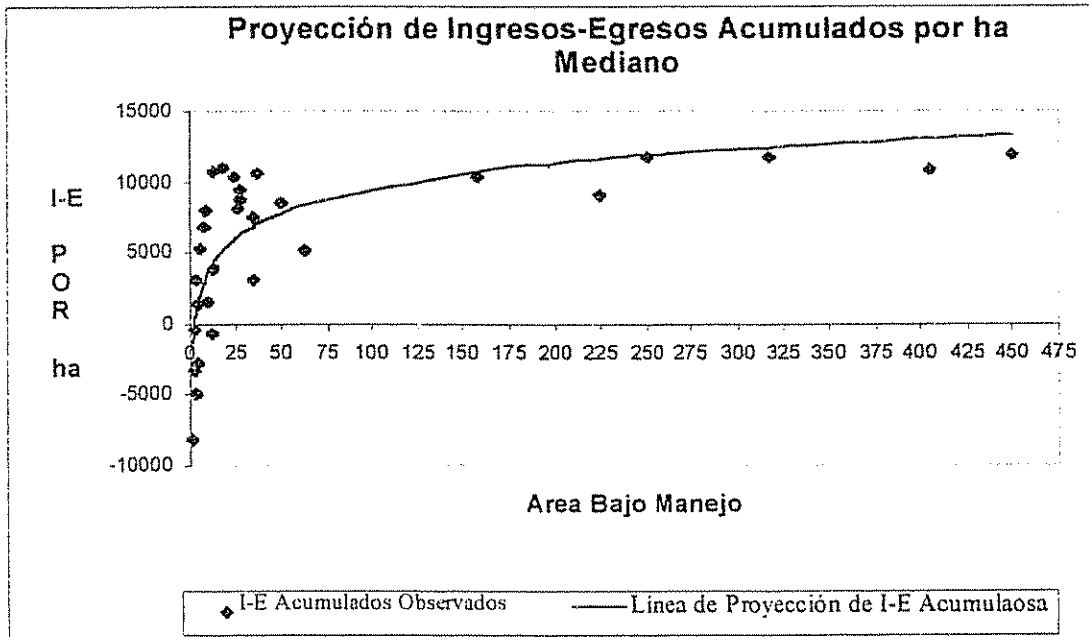
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha en el estado de desarrollo mediano

X = Area bajo manejo.

Con la ecuación (4.20) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo mediano y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 2.34 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 32. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para estas áreas de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto propuesto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso neto.

Figura 32. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio buena.



El monto calculado en este estado de desarrollo, correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez negativo. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 2.34 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha. por el área bajo manejo, de la siguiente manera:

| Area (ha) | Monto por ha | Monto Total |
|-----------|--------------|-------------|
| 1 | 2164 | 2164 |
| 2 | 404.61 | 809.23 |

Para este escenario, ya no fue necesario calcular los montos para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto cuando la masa arbórea se encuentra en el estado de desarrollo maduro, debido a que los valores de liquidez (Ingreso-Egreso acumulado) fueron positivos para todos los tamaños de bosques.

Proyección de Ingreso Neto para *P. oocarpa* en calidad de sitio regular

a. Estado de desarrollo Latizal

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr >F | R ² |
|------------------|------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Regular | Y= -8643.27 + 1313.65 ln (X) | ** | ** | 0.0001 | 0.5084 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados por ha

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr >F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo (p < 0.01)

AL igual que el escenario anterior, con el modelo estimado se proyectaron los Ingresos-egresos acumulados en *P. oocarpa* en su estado de desarrollo de latizal. Los valores proyectados de la liquidez, resultaron ser negativos para todos los tamaños de área de bosque bajo manejo, lo cual se puede observar gráficamente en la Figura 33. Estos valores proyectados del Ingreso-Egreso acumulados sirvieron de base para estimar el monto total que sería necesaria para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando estos son negativos. Es decir, que el monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0. Los montos totales calculados para este escenario, se presentan gráficamente en la Figura 34.

Figura 33. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.

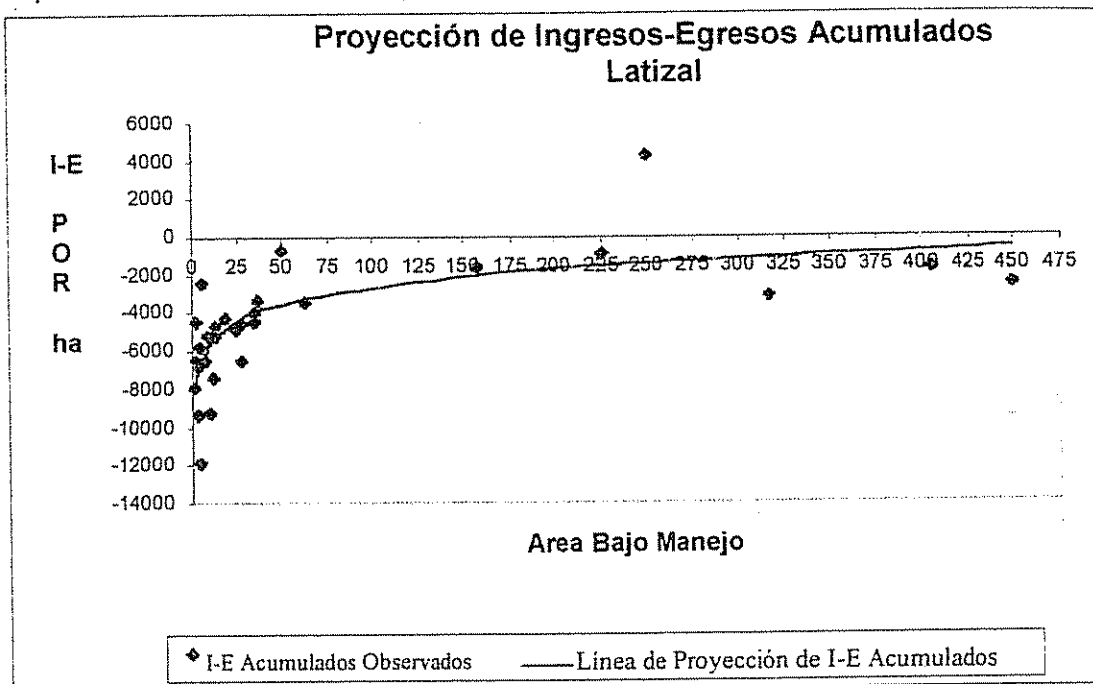
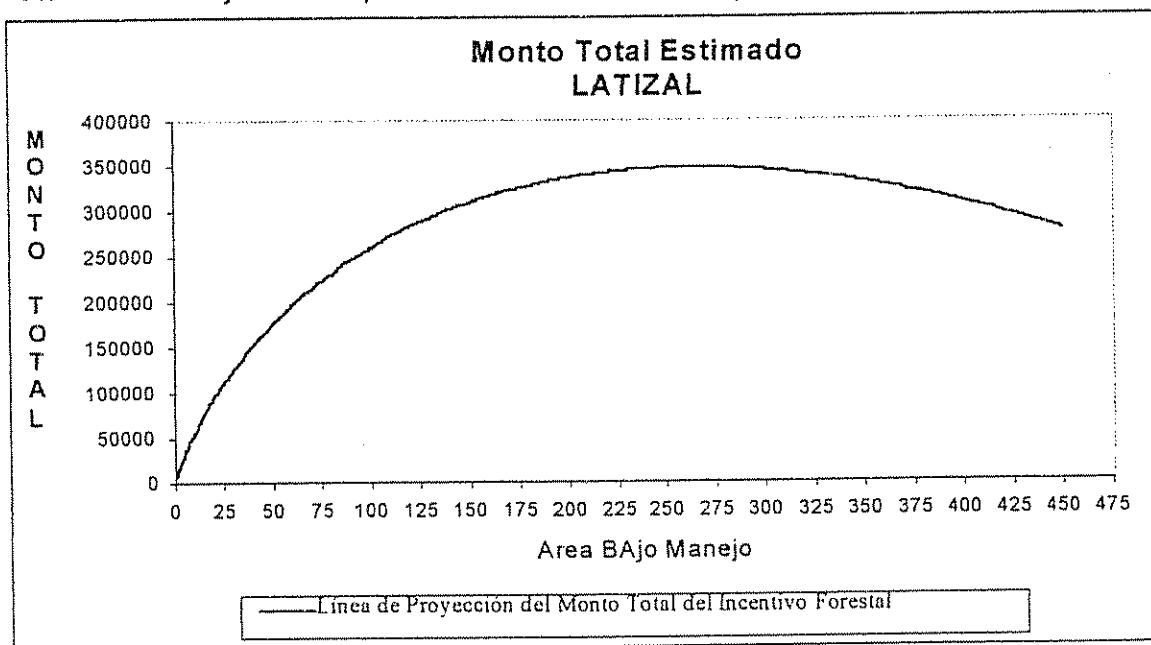


Figura 34. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.



b. Estado de desarrollo Joven

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr >F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Regular | $Y = -19893 + 3331.67 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7616 |

Referencias :

- Y = Ingresos- Egresos acumulados
- X = Area bajo manejo
- R² = Coeficiente de determinación
- Pr >F = Prueba de F para la probabilidad de error
- β_0 = Intercepto
- β_1 = Pendiente
- ** = Altamente significativo (p < 0 01)

Con el modelo estimado se realizó la proyección de los Ingresos-gresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular, es su estado de desarrollo joven. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de latizal, de la siguiente manera:

$$\text{I-E acumulados Estado Joven } Y = -19893 + 3331.67 \ln(X) \dots\dots\dots (4.21)$$

$$\text{Monto calculado Estado latizal } Y = -8643.27 + 1313.65 \ln(X) \dots\dots\dots (4.22)$$

$$\text{Liquidez Estado Joven} = (4.21) - (4.22)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo de latizal, es considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

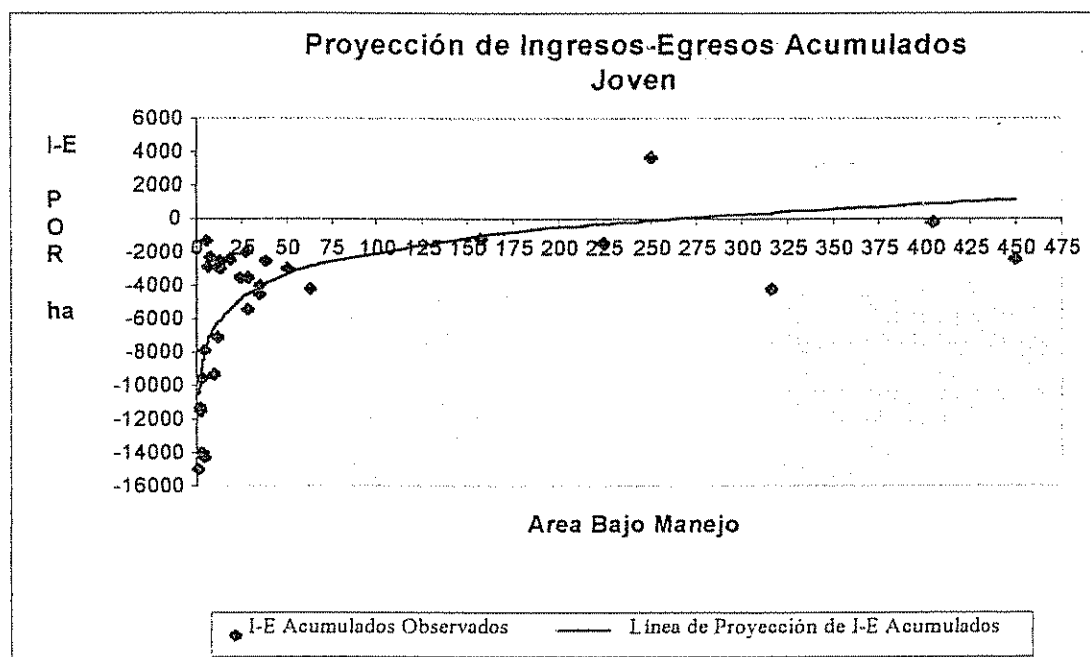
$$Y = -11249.73 + 2018.02 \ln(X) \dots\dots\dots (4.23)$$

Donde:

- Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha. en el estado de desarrollo joven.
- X = Area bajo manejo.

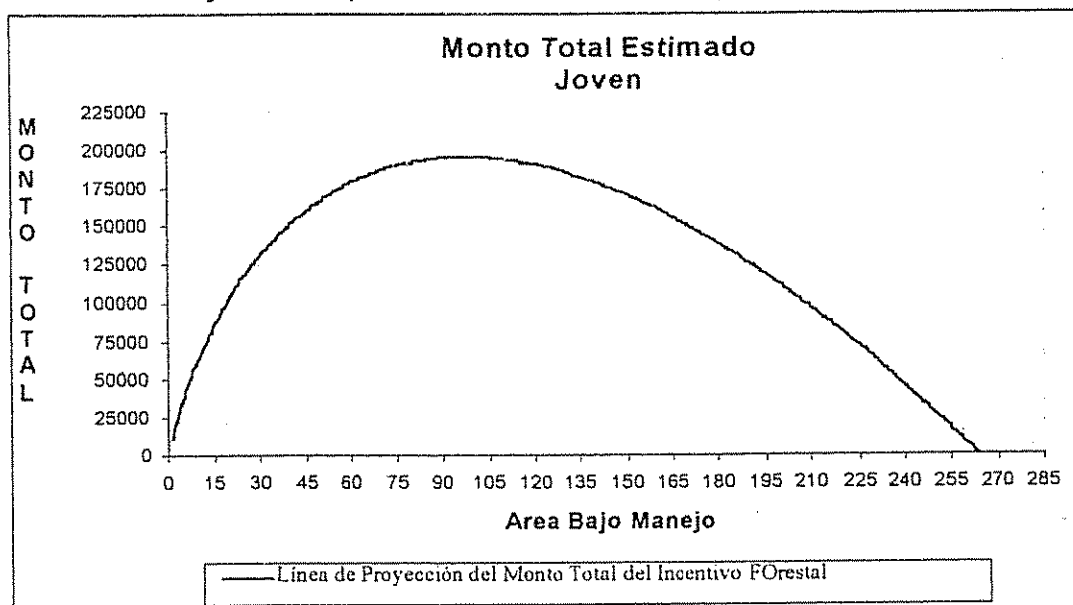
Con la ecuación (4.23) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo joven y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 263.64 ha, y se puede observar gráficamente en la Figura 35. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo.

Figura 35. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 263.64 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, según se presentan gráficamente en la Figura 36.

Figura 36. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.



c. Estado de desarrollo Mediano

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr >F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Buena | $Y = -13608 + 5468.18 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7823 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados

X = Área bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr >F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

Con el modelo estimado se realizó la proyección de los Ingresos-Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular, es su estado de desarrollo mediano. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de joven, de la siguiente manera:

I-E acumulados Estado mediano $Y = -13608 + 5468.18 \ln(X)$ (4.24)

Monto calculado Estado joven $Y = -11249.73 + 2018.02 \ln(X)$ (4.25)

$$\text{Liquidez Estado Mediano} = (4.24) - (4.25)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo joven, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -2358.27 + 3450.16 \ln (X) \dots\dots\dots (6.26)$$

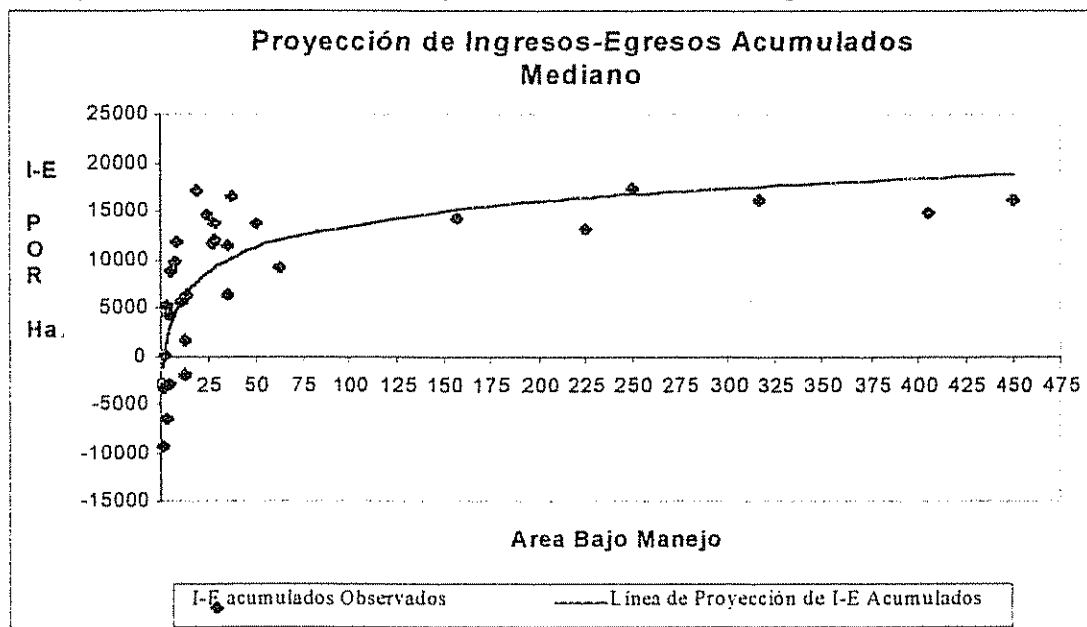
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha en el estado de desarrollo mediano

X = Area bajo manejo.

Con la ecuación (4.26) se logró obtener el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo mediano y en calidad de sitio buena, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 1.98 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 37. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para estas áreas de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto.

Figura 37. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio regular.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 1.98 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, de la siguiente manera:

| Area (ha) | Monto por ha | Monto Total |
|-----------|--------------|-------------|
| 1 | 2358 | 2358 |
| 1.98 | 1.47 | 2.92 |

Proyección de Ingreso Neto para *P. oocarpa* en calidad de sitio mala

a. Estado de desarrollo Latizal

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr >F | R ² |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Mala | $Y = -12005 + 2031.86 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.5280 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados por ha

X = Area bajo manejo

R² = Coeficiente de determinación

Pr >F = Prueba de F para la probabilidad de error

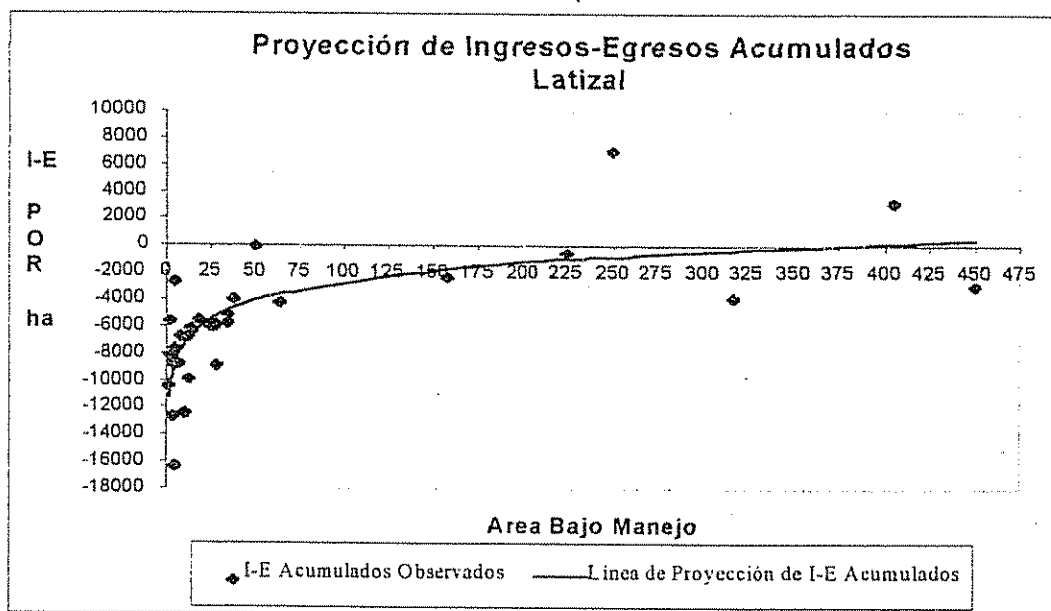
β_0 = Intercepto

β_1 = Pendiente

** = Altamente significativo ($p < 0.01$)

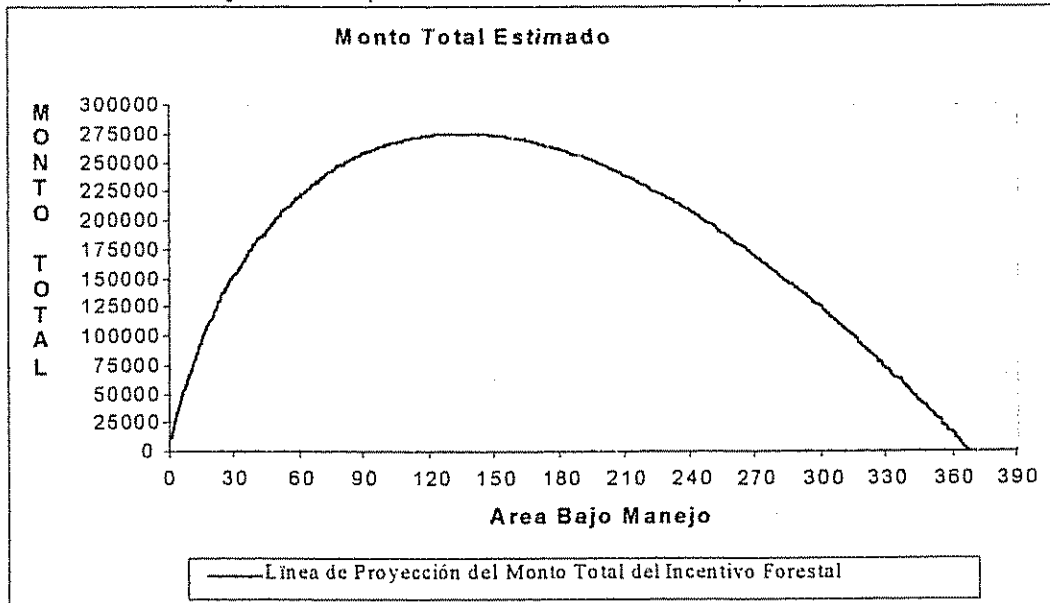
Al igual que en los escenarios anteriores, con el modelo estimado se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo de latizal y en calidad de sitio malo, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados por ha se hacen 0. Esta área corresponde a 368.10 ha, y se puede observar gráficamente en la Figura 38. Los resultados de la proyección de liquidez para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto total que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando estos son negativos.

Figura 38. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



Siguiendo el mismo procedimiento, el monto total estimado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, por el número de has bajo manejo, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 368.10 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, se presentan gráficamente en la Figura 39.

Figura 39. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



b. Estado de desarrollo Joven

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Mala | $Y = -30163 + 5221 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7535 |

Referencias :

- Y = Ingresos- Egresos acumulados
- X = Area bajo manejo
- R² = Coeficiente de determinación
- Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error
- β_0 = Intercepto
- β_1 = Pendiente
- ** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con el modelo estimado se proyectaron los Ingresos-Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala, es su estado de desarrollo joven. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de latizal, de la siguiente manera:

I-E acumulados Estado Joven $Y = -30163 + 5221 \ln(X)$ (4.27)

Monto calculado Estado latizal $Y = -12005 + 2031.86 \ln(X)$ (4.28)

Liquidez en el Estado Joven = (4.27) – (4.28)

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo de latizal, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha. en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -18158 + 3189.14 \ln (X) \quad (4.29)$$

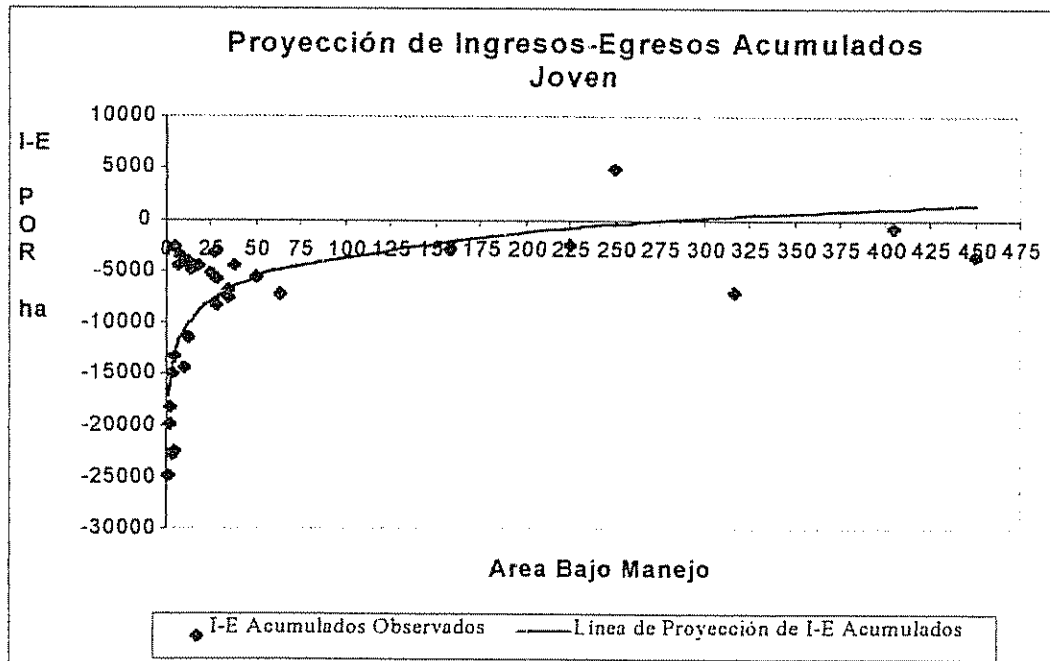
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha. en el estado de desarrollo joven.

X = Area bajo manejo.

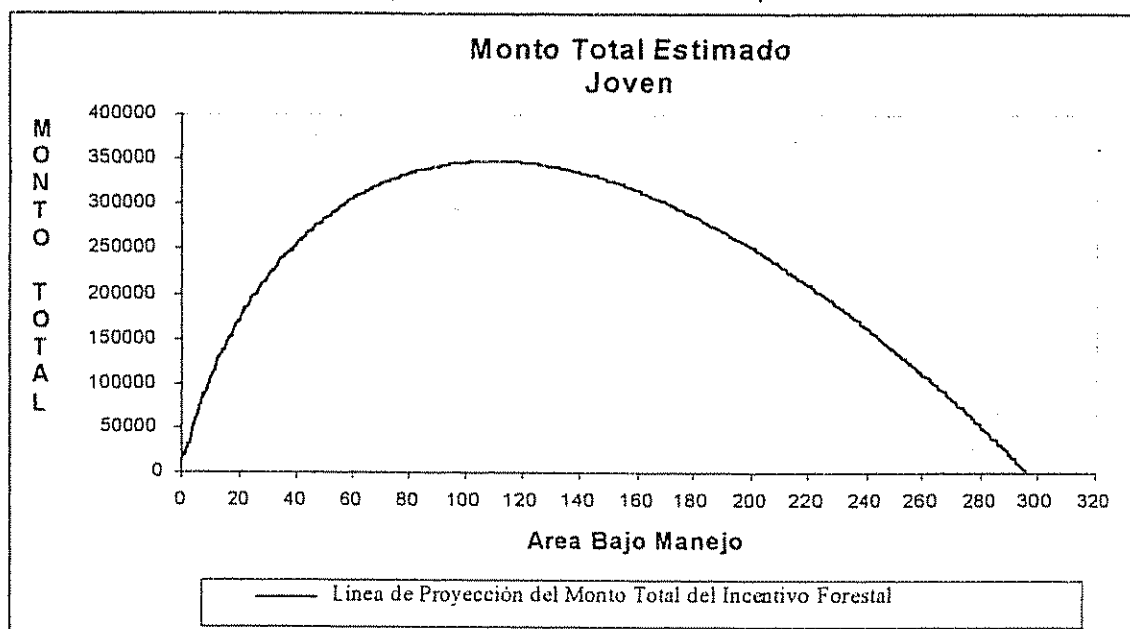
Con la ecuación (4.29) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo joven y en calidad de sitio mala, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 296.98 ha, y se puede observar gráficamente en la Figura 40. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo.

Figura 40. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 296.98 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, según se presentan gráficamente en la Figura 41.

Figura 41. Monto Total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



c. Estado de desarrollo Mediano

| Calidad de Sitio | MODELO ESTIMADO | β_0 | β_1 | Pr > F | R ² |
|------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------|----------------|
| Mala | $Y = -33400 + 7983 \ln(X)$ | ** | ** | 0.0001 | 0.7552 |

Referencias :

Y = Ingresos- Egresos acumulados
 X = Área bajo manejo
 R² = Coeficiente de determinación
 Pr > F = Prueba de F para la probabilidad de error

β_0 = Intercepto
 β_1 = Pendiente
 ** = Altamente significativo (p < 0.01)

Con el modelo estimado se proyectaron de los Ingresos- Egresos acumulados por ha en el manejo del bosque de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala, es su estado

de desarrollo mediano. Dado a que los datos proyectados de I-E por ha son acumulados, la liquidez en este escenario fue estimada descontándole a dichos valores, el monto calculado para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto por ha en el estado de desarrollo de joven, de la siguiente manera:

$$\text{I-E acumulados Estado mediano } Y = -33400 + 7983 \ln (X) \dots\dots\dots (4.30)$$

$$\text{Monto calculado Estado joven } Y = -18158 + 3189.14 \ln (X) \dots\dots\dots (4.31)$$

$$\text{Liquidez en el Estado Mediano} = (4.30) - (4.31)$$

Es decir, que el monto propuesto para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el estado de desarrollo joven, fue considerado como un ingreso en el flujo de caja. A través del resultado de esta operación matemática, se obtuvo la ecuación para calcular la liquidez por ha en este escenario, de la siguiente manera:

$$Y = -15242 + 4793.86 \ln (X) \dots\dots\dots (4.32)$$

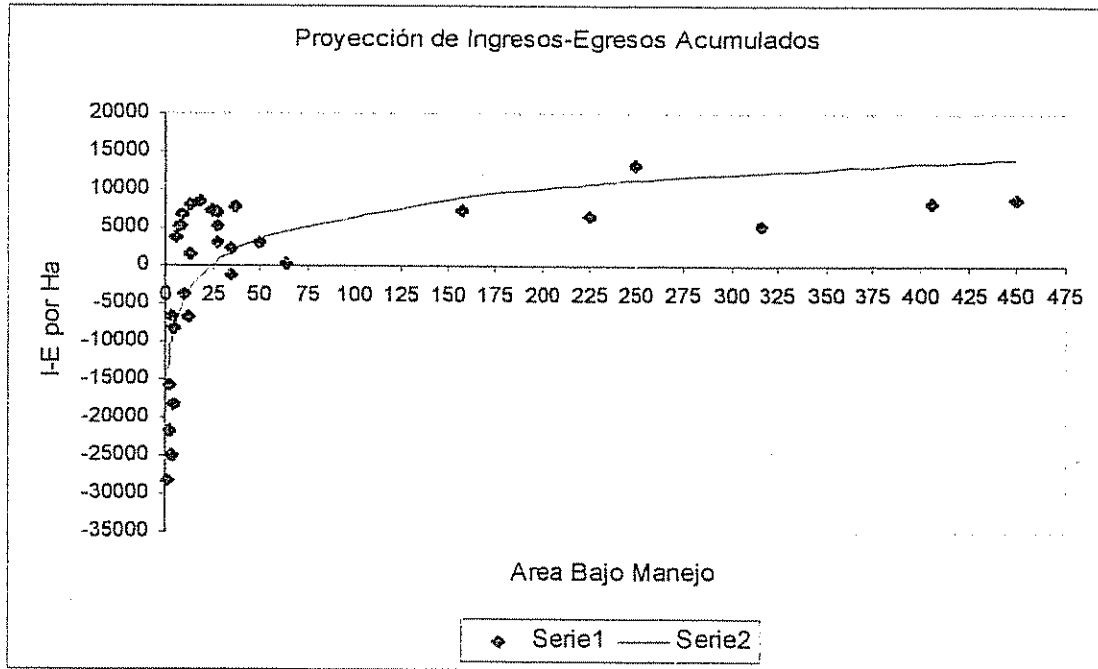
Donde:

Y = Liquidez (Ingresos-Egresos) por ha. en el estado de desarrollo joven.

X = Area bajo manejo.

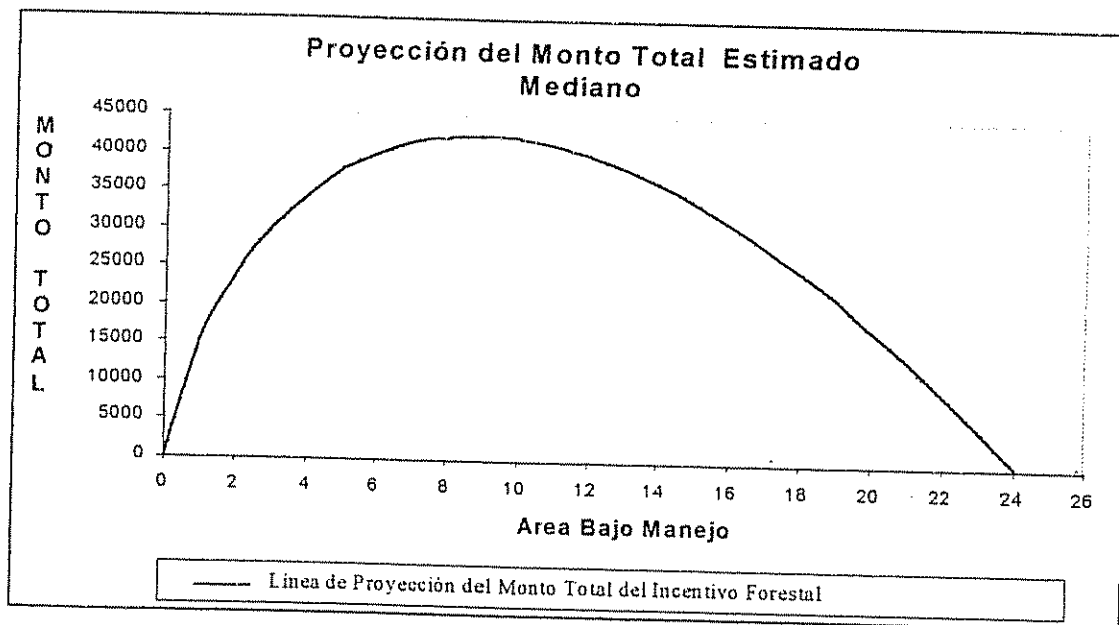
Con la ecuación (4.32) se obtuvo el tamaño exacto del área bajo manejo, en el estado de desarrollo mediano y en calidad de sitio mala, en la cual los Ingresos-Egresos acumulados se hacen 0. Esta área corresponde a 24 ha y se puede observar gráficamente en la Figura 42. Los resultados de la proyección de liquidez por ha para todas los tamaños de bosque bajo manejo, sirvieron de base para estimar el monto que sería necesario para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto, cuando este es negativo.

Figura 42. Proyección de los Ingresos-Egresos acumulados en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



El monto calculado correspondió al valor que hizo que el Ingreso-Egreso acumulado por ha fuera igual a 0, en las fincas que presentaron un valor de este indicador de liquidez por debajo de 0. Es decir, para todas las fincas que tienen un área bajo manejo por debajo de 24 hectáreas. Los montos totales calculados para este escenario, corresponden al valor estimado por ha por el área bajo manejo, según se presentan gráficamente en la Figura 43.

Figura 43. Monto total calculado para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto en el manejo de bosques naturales de *P. oocarpa* en calidad de sitio mala.



En este escenario, los datos observados de Ingreso-Egreso acumulados, cuando la masa arbórea se encuentra en el estado de desarrollo maduro (Cuadro 31), presentaron un valor negativo para las fincas con un área bajo manejo de uno a dos hectáreas. No obstante, al llevar a cabo el análisis de regresión, los datos proyectados de I-E acumulados fueron positivos para todos los tamaños de áreas bajo manejo. Según estos resultados, no fue necesario calcular los montos para alcanzar el punto de equilibrio del Ingreso Neto de incentivos forestales para el manejo del bosque en este estado de desarrollo.

Por último, y a manera de análisis comparativo de los resultados de esta sección, el cuadro que a continuación se presenta, hace un resumen de los valores estimados de las áreas con bosque en las cuales se establece el punto de equilibrio entre Ingresos-Egresos en los diferentes estados de desarrollo de la masa arbórea, según la calidad de sitio y especies evaluadas.

| ESTADO DE DESARROLLO | PUNTO DE EQUILIBRIO DEL INGRESO BRUTO (hectáreas) | | | | | |
|----------------------|--|------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|----------------|
| | CALIDAD DE SITIO BUENO | | CALIDAD DE SITIO REGULAR | | CALIDAD DE SITIO MALA | |
| | PS | O | PS | O | PS | O |
| Latizal | 128 | Liquidez Ninguna | 152 | Liquidez Ninguna | 188 | 368 |
| Joven | 54 | 232 | 131 | 264 | 113 | 297 |
| Mediano | Liquidez Todas | 3 | Liquidez Todas | 2 | 2 | 24 |
| Maduro | Liquidez Todas | Liquidez Todas | Liquidez Todas | Liquidez Todas | Liquidez Todas | Liquidez Todas |

4.4 PROPUESTA DE LOS MODELOS CUANTITATIVOS COMO BASE PARA DEFINIR LOS MONTOS Y MOMENTOS DE DESEMBOLSO PARA LOS INCENTIVOS AL MANEJO DE LOS BOSQUES NATURALES DE CONÍFERAS

La propuesta de esta sección, en relación con los modelos cuantitativos como base para definir los montos y modalidades de desembolso para los incentivos al manejo de bosques naturales de coníferas, tuvo como primer criterio de análisis los resultados de la conveniencia financiera presentados en la sección 4.3.1, mediante del Valor Actual Neto de las diferentes inversiones. Aquí se estableció que, el manejo de bosques naturales de *p. pseudostrobus* desarrollados en calidades de sitio buena y regular son convenientes financieramente, para todos los tamaños de finca bajo manejo. Esta situación, también fue encontrada para los

bosques de la misma especie desarrollados en calidad de sitio mala, pero con áreas bajo manejo arriba de 3.55 hectáreas. En el caso de los bosques de *P. oocarpa*, la conveniencia financiera fue establecida para las fincas con área bajo manejo arriba de 28.50 ha, en calidad de sitio buena, y arriba de 59.67 ha para calidad de sitio regular. Al analizar estos resultados, se pudo identificar que la rentabilidad financiera no es la principal limitante de la mayoría de las inversiones forestales evaluadas; sin embargo, los resultados de la viabilidad financiera presentados en la sección 4.3.2.1 mostraron limitaciones de liquidez, principalmente en los primeros estados de desarrollo de la masa arbórea, en todos los escenarios evaluados.

Bajo este marco, en esta sección se proponen las bases para definir los momentos y montos de desembolso de un programa de incentivos forestales orientadas, principalmente, a superar las limitantes de liquidez en el manejo sostenible de bosques naturales de coníferas en Guatemala, para estimular financieramente a los dueños de bosques a que inviertan sus recursos en dicha actividad. Sin embargo, con la propuesta de superar las limitantes de liquidez en los estados de desarrollo donde esta es negativa, se espera también el aumento de la tasa de rentabilidad de las inversiones, principalmente, en aquellas que se identificaron como no convenientes financieramente.

Las bases para definir los montos y momentos de desembolso en los diferentes escenarios evaluados, según el estado de desarrollo, se presentan en el Cuadro 32 para la especie *pseudostrobus* y en el Cuadro 33 para *oocarpa*.

Cuadro 32. Bases para definir los montos y momentos del incentivo forestal en *P. pseudostrobus*, según los estados de desarrollo de la masa arbórea y la calidad de sitio donde se desarrollan.

| Escenario | Estado de Desarrollo | Bases para Definir los Montos y Momentos del desembolso del Incentivo Forestal | |
|----------------------|----------------------|--|------------------------------|
| | | Modelo para definir Monto de Liquidez | Momento de desembolso (Años) |
| Calidad de Sitio I | Latizal | $Y = -4504.30 + 928.33 \ln X$ | 6 |
| | Joven | $Y = -3157.65 + 790.34 \ln X$ | 12 |
| | Mediano | No necesita | No Necesita |
| | Maduro | No necesita | No Necesita |
| Calidad de Sitio II | Latizal | $Y = -5499.49 + 1095.12 \ln X$ | 7 |
| | Joven | $Y = -5158.51 + 992.67 \ln X$ | 16 |
| | Mediano | No Necesita | No Necesita |
| | Maduro | No Necesita | No Necesita |
| Calidad de Sitio III | Latizal | $Y = -7705.23 + 1471.05 \ln X$ | 9 |
| | Joven | $Y = -5502.77 + 1163.74 \ln X$ | 19 |
| | Mediano | $Y = -2234.92 + 2727.06 \ln X$ | 28 |
| | Maduro | No Necesita | No Necesita |

La variable respuesta de los modelos cuantitativos propuestos en los Cuadros 32 y 33, definen el valor del Ingreso-Egreso (Ingreso Neto) por ha, y el incentivo forestal será necesario cuando este valor sea negativo. Debido a que el monto del incentivo esta orientado a cubrir las limitantes de liquidez; es decir, cuando el Ingreso Neto es inferior a 0, el monto por ha corresponderá valor que se necesita para llegar al punto de equilibrio del Ingreso Neto.

Cuadro 33 Bases para definir los montos y momentos del incentivo forestal en *P. oocarpa*, según los estados de desarrollo de la masa arbórea y la calidad de sitio donde se desarrollan.

| Escenario <i>P. oocarpa</i> | Estado de Desarrollo | Bases para Definir los Montos y Momentos del desembolso del Incentivo Forestal | |
|--------------------------------|-------------------------|---|---------------------------------|
| | | Modelo para definir Monto de Liquidez | Momento de desembolso (Años) |
| Calidad de Sitio I | Latizal | $Y = -8399.2 + 1057.2 \ln X$ | 8 |
| | Joven | $Y = -7444.8 + 1366.3 \ln X$ | 21 |
| | Mediano | $Y = -2164 + 2538.3 \ln X$ | 32 |
| | Maduro | No necesita | No Necesita |
| Calidad de Sitio II | Latizal | $Y = -8643.2 + 1313.6 \ln X$ | 10 |
| | Joven | $Y = -11249 + 2018 \ln X$ | 29 |
| | Mediano | $Y = -2358.2 + 3450 \ln X$ | 45 |
| | Maduro | No Necesita | No Necesita |
| Calidad de Sitio III | Latizal | $Y = -12005 + 2031.86 \ln X$ | 14 |
| | Joven | $Y = -18158 + 3189.14 \ln X$ | 46 |
| | Mediano | $Y = -15242 + 4793.8 \ln X$ | 71 |
| | Maduro | No Necesita | No Necesita |

Los momentos de desembolso propuestos en los Cuadros 32 y 33, fueron definidos con base en el modelo de manejo de bosques naturales de coníferas, según la especie y la calidad de sitio, presentado en la sección 4.1.2, y corresponden a los años que necesita la masa arbórea para llegar al máximo del crecimiento de cada uno de los estados de desarrollo que debe alcanzar, previo a la cosecha final. Estas etapas de máximo crecimiento, en los estados de desarrollo, corresponden a los momentos en los cuales hay que aplicar los diferentes tratamientos silviculturales, y donde el flujo de liquidez de la actividad es negativo.

Aunado a los criterios anteriores utilizados para establecer la necesidad de los incentivos para el manejo sostenible de los bosques de coníferas, se presentan también las siguientes justificaciones para el uso de incentivos forestales, citadas por Haltia y Keipi (1997):

- modificar el sesgo social en contra de las inversiones forestales que existen entre los agricultores quienes tradicionalmente han considerado al bosque como un enemigo para el desarrollo agrícola;
- aumentar las tasas de rendimiento de las inversiones que tienen una rentabilidad privada relativamente baja, pero que ofrecen beneficios externos para toda la sociedad;
- reducir el riesgo y la incertidumbre, que surgen especialmente de los largos períodos de recuperación que caracterizan a las inversiones forestales; y
- establecer una masa crítica de bosques manejados, necesaria para el crecimiento inicial de las industrias forestales competitivas.

A esto se le puede agregar que, los incentivos también se hacen justificables para estimular a los dueños de bosques naturales a que reemplacen los métodos de aprovechamiento tradicionales, que se han caracterizado como se dijo anteriormente, por ser degradativos tanto para la masa arbórea remanente, como a los demás recursos naturales dentro de los ecosistemas forestales, por sistemas sostenibles.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los bosques de coníferas han estado sujetos a cortes selectivos de los mejores individuos con fines comerciales, quemas y pastoreo libre, y actualmente en su mayoría, se encuentran en un estado de degradación avanzada, tanto en cobertura, como en calidad. En este sentido, el ordenamiento forestal debería ser el punto de partida, si se quiere mejorar la calidad de estos bosques e incrementar su producción a mediano y largo plazo. Aquí es donde los incentivos forestales pueden aplicarse como herramienta de política macroeconómica para inducir a remplazar los métodos de aprovechamiento tradicional.
2. Existe una discrepancia entre economía del propietario del bosque y, principalmente, de los que se dedican al negocio de la madera, que en general buscan solamente los beneficios directos y el Estado que tiene que tomar en cuenta también los beneficios indirectos (externalidades). Allí es donde el Estado debe actuar salvaguardando el interés social, pero al mismo tiempo compensando al propietario por las pérdidas financieras que resulten al no poder utilizar sus terrenos en la forma más rentable financieramente. Es decir, procesos productivos muy largos, pero sostenibles versus Procesos productivos más cortos, pero degradativos.
3. El desarrollo sostenible no es estático, sino dinámico, por lo que los criterios e indicadores para inducir a la sostenibilidad de los sistemas de producción forestal en coníferas no deben ser estáticos y rígidos; necesitan de una continua evaluación y ajuste. Obviamente, hay límites y éstos los establece la propia naturaleza, el ambiente, la disponibilidad de recursos naturales, la tecnología, la organización social prevaleciente y la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas.

No existen indicadores universales, sino que cada sistema de finca, dependiendo de su nivel de agregación y sus elementos específicos, tendrá su propio conjunto de indicadores.

4. En relación con los costos por hectárea en el manejo de los bosques naturales de coníferas, se concluye que estos tienden a ser menores en calidad de sitio buena y cuando la especie predominante fue *Pinus pseudostrobus*, y a ser mayores cuando el manejo se hace en calidad de sitio malo y con la especie de *P. oocarpa*

Con relación a las implicaciones económicas de los costos por ha en el manejo de los bosques naturales de coníferas, se concluye que economías de tamaño tienen lugar, ya que se pudo demostrar que conforme aumentó el tamaño del área de producción forestal, los costos por unidad de área tendieron a disminuir en los seis modelos estimados, según los escenarios planteados.

5. Según el análisis de regresión para proyectar el Valor Actual Neto (VAN) por hectárea, se determinó que este indicador financiero estuvo fuertemente influenciado no solamente por la variable cuantitativa área bajo manejo, sino también por las variables cualitativas de calidad de sitio y especie predominante. Con lo anterior se concluye que la clase de sitio tiene una fuerte influencia sobre la rentabilidad financiera de las inversiones forestales.
6. Sobre la base de los resultados del análisis financiero en los diferentes escenarios evaluados, se concluye que a pesar que fincas bajo manejo presentaron conveniencia financiera, el análisis de liquidez financiero resaltó serias limitaciones en las inversiones, principalmente, en las primeras etapas de desarrollo. Con estos resultados se confirma que las

inversiones forestales se caracterizan por requerir sumas moderadas de dinero en un futuro inmediato, a cambio de sumas de mayor magnitud en un futuro distante, y es aquí, donde el valor del dinero a través del tiempo se convierte en un factor de evaluación importante. Estas limitaciones de liquidez, fueron mayores en los sitios de menor calidad y para la especie *P. oocarpa*.

Con base en los resultados se recomienda incentivos forestales diferenciados en montos y etapas de desembolso, por calidad de sitio y por la especie a manejar, que ayuden a superar las limitaciones de liquidez en el manejo sostenible de dichos bosques.

En términos generales, la presente investigación fundamenta la propuesta de los montos y modalidades de desembolso del incentivo forestal para el manejo de los bosques naturales de coníferas por la vía de lograr la liquidez en los estados de desarrollo de la masa arbórea donde ésta es negativa. Sin embargo, la aplicación de la propuesta lograría dos objetivos:

- una inversión viable financieramente; y
- aumentar la tasa de rentabilidad de la inversión, la cual aumentaría la conveniencia financiera de las mismas, principalmente, en aquellas donde el valor es bajo.

Con el logro de estos dos objetivos se espera estimular a los inversionistas forestales a que reemplacen los métodos de aprovechamiento tradicional, por sistemas y técnicas que aseguren el rendimiento sostenible de los recursos, y que al mismo tiempo generan externalidades positivas dentro y en el área de influencia de su predio.

Finalmente, y como producto de la experiencia vivida en la etapa de campo y del procesamiento de la información del estudio, cabe agregar dos recomendaciones conexas a la presente investigación:

1. En la mayoría de los casos, los bosques de coníferas de Guatemala se explotan en estado de sobremadurez, o bien las cortas finales se hacen antes que los árboles han alcanzado su mayor desarrollo. Los costos de oportunidad perdidos son considerables y el conocimiento de cómo optimizar la rotación debe ser aplicado para aumentar el rendimiento económico de estos bosques. En tal sentido, se recomienda realizar los estudios de los turnos de rotación económica de los bosques de coníferas.

2. Para que el bosque pueda competir económicamente con otros usos de la tierra, se debe impulsar el establecimiento de normas de manejo sostenibles, así como también propiciar un mejor mercado para sus productos mediante una industrialización forestal, principalmente de pequeños diámetros.

VI. BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, J. A. 1985. Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias. Manual de instrucción programada. San José, Costa Rica. Serie LME no. 46. 191p
- CAMINO, R. DE 1989. Incentivos para los sistemas de finca bajo condiciones de escasez e incertidumbre. Consideraciones de recursos naturales, CENRENCATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- CAMINO, R. DE 1991. Sostenibilidad ecológica y económica en el manejo forestal de bosques naturales en un caso de Brasil y en el manejo de plantaciones forestales en un caso en Venezuela. Costa Rica. GTZ-RC. 24 p.
- CAMINO, R. DE ; Muller, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores. IICA/GTZ, (Serie documentos de programa). San José, Costa Rica. P 15-93
- CAMPOS, J. 1997. Sostenibilidad del manejo de bosques naturales en Costa Rica: posibilidades dentro del bosque. (documento presentado en el III Congreso Forestal Centroamericano). San José, Costa Rica. 16 p
- CONTRERAS, A., GREGERSEN, H., 1980. Análisis económico de proyectos forestales. FAO. Roma, Italia.
- CURTIS, R. ; MORENO, R. ; FRANCO, M. ; LUNGO, G. ; PLATAIS, G. 1996. Incentivos forestales para El Salvador: un análisis económico financiero. Abt associates Inc/Green Project/USAID, San Salvador. 6-58 p.

- ELLIOTT, Ch. 1991. Manejo sustentable de los bosques tropicales para 1995. Documento de discusión WWF. Quito Ecuador. 6 p.
- EPPEN, G.; GOULD, F.; SCHMIDT, C. 1992. Investigación de operaciones en las ciencias administrativas. Editorial Prentice-Hill Hispanoamericana, S.A. Tercera Edición. México. P 1-26
- FAO. 1977. Inventarios y estudios dendrométricos en bosques de coníferas. Informe técnico No. 2 FO:DP/GUA/72/006. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Guatemala. 63 p.
- FIELD, B. 1995. Economía ambiental: una introducción. Department of Resources Economics. University of Massachusetts at Amherst. P. 6-24
- FINEGAN, B., SABOGAL, C., REICHE, C., HUTCHINSON I. 1993. Los bosques húmedos tropicales de América Central: su manejo sostenible es posible y rentable. Revista Forestal Centroamericana., No. 6, año 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 17-27 p.
- GAITÁN y URIBE Consultores. (1996). Incentivos económicos para la conservación en Colombia. Informe Final. Ambiental Consultores. Santa Fé de Bogotá. 85-109 p.
- GITTINGER, J.P. 1989. Análisis económico de proyectos agrícolas. Editorial Tecnos, S. A. Segunda Edición. Madrid. 63-119 p.
- GÓMEZ, M. 1993. Integración de costos e ingresos para el análisis comparativo por tipo de plantaciones y combinación agroforestal. II Curso Regional de Transferencia de Tecnología en Silvicultura de Arboles de Uso Múltiple, San Pedro Sula, Honduras.

GREGERSEN, H. ; BOOSKS, K. ; DIXÓN, J. ; HAMILTON, L. 1988. Pautas para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas. FAO, Roma, Italia. Guía FAO, conservación No. 16. 148 p

HALTIA, O., KEIPI, K. (1997).. Financiamiento de inversiones forestales en América Latina : uso de incentivos. Borrador de Documento s.p.

LEY FORESTAL 1990. Decreto Legislativo Número 70-89. Organismo Legislativo. Congreso de la República de Guatemala. DIGEBOS. S.p

LEY FORESTAL 1996. Decreto Legislativo Número 101-96. Organismo Legislativo. Congreso de la República de Guatemala. MAGA/PAFG. S.p

LOPEZ, F. 1994. Determinación de la rentabilidad financiera y comercial del manejo de bosque natural con respecto a la actividad ganadera, Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 115 p.

MENDEZ, J. 1996. Determinación de rentabilidad financiera del manejo de bosque natural de la zona norte de Costa Rica, en fincas propiedad de asociados de CODEFORSA. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 21 -23 p

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA 1996. Política e incentivos forestales : una propuesta para El Salvador. Documento consolidado de análisis. Abt Associates. Consorcio de Asistencia Técnica. Proyecto Protección del Medio Ambiente. USAID 519-0385. San Salvador. 1-8 p

- MULLER, S. 1996. ¿Cómo medir la sostenibilidad ? : una propuesta para el área de la agricultura y los recursos naturales. GTZ-IICA. San José, Costa Rica. (Series documentos de discusión sobre agricultura y recursos naturales GTZ-IICA, ISSN 1027-2623 ; No. A1/sc-96-01). 1-41 p.
- ORTÍZ, L. 1995. El raleo forestal: planificación y ejecución. Documento de Consulta. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 24 p.
- PROCAFOR. 1997. Manual para la formulación de planes de manejo de bosques de coníferas. Proyecto 7 - Guatemala, Manejo y Utilización Sostenida de Bosques Naturales de Coníferas en Guatemala. INAB-PROCAFOR. Guatemala. 46 p.
- RAMÍREZ, O. 1997. Economía de la producción y conservación. Apuntes de clase. Turrialba, Costa Rica, CATIE. s.p.
- RAYO, M. 1995. Estrategia : aplicación de instrumentos económicos para la gestión ambiental en Guatemala, El Salvador y Costa Rica. CEPAL/PNUMA. 29-33 p.
- REICHE, C. 1992. Análisis financiero aplicado a tipos de plantaciones y combinación agroforestales. Primer Curso Regional de Transferencia de Tecnología en Silvicultura de AUM. Nicaragua. S.p.
- REICHE, C. 1993. Fundamentos del análisis financiero e interpretación de indicadores. II Curso Regional de Transferencia de Tecnología en Silvicultura de Arboles de Uso Múltiple. San Pedro Sula, Honduras. S.p
- ROSALES, O. 1994. Elementos de microeconomía. Editorial Universitaria, Universidad Estatal a Distancia San José, Costa Rica. 81-98 p.

SAPAG, N. ; SAPAG, R. 1995. Preparación y evaluación de proyectos. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, S. A. Santafé de Bogota, D. C. Colombia. 259-391 p.

SCHMIDT, R. 1987. Tropical rain forest management: a status report. Unasyuva, Italia. 2-17 p.

TASAICO, H. 1976. Tipos de bosques de coníferas Centroamericanas en actual utilización. Turrialba, Costa Rica. CATIE. s.p.

VILLARREAL, A. 1997. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Editorial Norma S.A. Colombia. 398 p.

WEBER, F. 1990. Preliminary indicators for monitoring changes in the natural resource base. Washington, D.C. Wilderness Society. 60 p.

WORLD COMMISSION ON ENVIROMENTAL AND DEVELOPMENT. 1987. Our common future. New York . Oxford University press.

VII. ANEXOS

ENTREVISTA No.1

Dirigida a Directores Técnicos

Nombre del Entrevistado _____

Puesto _____

Región _____

CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA ELABORACION DE PLANES DE MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE CONIFERAS

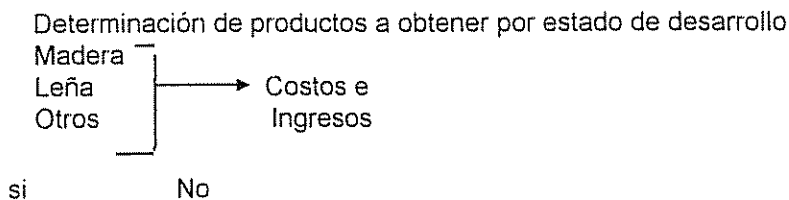
Factores a considerar para definir los criterios minimos de sostenibilidad en la formulación de planes de manejo para bosques naturales de coníferas:

- Manejo y aprovechamiento de acuerdo a capacidad de uso de los suelos
si _____ No _____
- Calidad de sitio
si _____ No _____
- Tasa de incremento anual → Corta permisible → Planificación de rendimiento sostenido
si _____ No _____
- Tratamientos silviculturales a lo largo del ciclo de corta, de acuerdo a estado de desarrollo, que garanticen la permanencia y la calidad del bosque

| <u>Estado de Desarrollo</u> | <u>Determinación de Tratamiento*</u> | |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------|
| Brinzal | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Latizal | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Jovèn | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Mediano | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Maduro | Tratamiento si _____ | No _____ |

*Definir parámetros para identificar estado de desarrollo y tratamientos a aplicar

- Aprovechamiento forestal de bajo impacto
tipo
intensidad
si _____ No _____
- Sostenibilidad del proceso
Internalización al dueño del bosque sobre la necesidad de manejar el recurso sostenidamente y de los tratamientos silviculturales a aplicar al mismo
si _____ No _____
- Sostenibilidad económica
Identificación de los costos e ingresos de las diferentes actividades en el manejo del bosque



ENCUESTA No.2

Dirigida a Planes de Manejos

Nombre del Entrevistado _____

Puesto _____

Región _____

CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA ELABORACION DE PLANES DE MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE CONIFERAS

Factores a considerar para definir los criterios minimos de sostenibilidad en la formulación de planes de manejo para bosques naturales de coníferas:

- Manejo y aprovechamiento de acuerdo a capacidad de uso de los suelos
si _____ No _____
- Calidad de sitio
si _____ No _____
- Tasa de incremento anual → Corta permisible → Planificación de rendimiento sostenido
si _____ No _____
- Tratamientos silviculturales a lo largo del ciclo de corta, de acuerdo a estado de desarrollo, que garanticen la permanencia y la calidad del bosque

| <u>Estado de Desarrollo</u> | <u>Determinación de Tratamiento*</u> | |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------|
| Brinzal | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Latizal | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Jovén | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Mediano | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Maduro | Tratamiento si _____ | No _____ |

*Definir parámetros para identificar estado de desarrollo y tratamientos a aplicar

- Aprovechamiento forestal de bajo impacto
tipo
intensidad
si _____ No _____
- Sostenibilidad del proceso
Internalización al dueño del bosque sobre la necesidad de manejar el recurso sostenidamente y de los tratamientos silviculturales a aplicar al mismo
si _____ No _____
- Sostenibilidad económica
Identificación de los costos e ingresos de las diferentes actividades en el manejo del bosque

Determinación de productos a obtener por estado de desarrollo

| | | |
|--------|-----|-------------------|
| Madera | } → | Costos e Ingresos |
| Leña | | |
| Otros | | |

si _____ No _____

ENTREVISTA No.3

Dirigida a Especialistas de Manejo Forestal

Nombre del Entrevistado _____

Puesto _____

Región _____

CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA ELABORACION DE PLANES DE MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE CONIFERAS

Factores a considerar para definir los criterios mínimos de sostenibilidad en la formulación de planes de manejo para bosques naturales de coníferas:

- Manejo y aprovechamiento de acuerdo a capacidad de uso de los suelos
si _____ No _____
- Calidad de sitio
si _____ No _____
- Tasa de incremento anual → Corta permisible → Planificación de rendimiento sostenido
si _____ No _____
- Tratamientos silviculturales a lo largo del ciclo de corta, de acuerdo a estado de desarrollo, que garanticen la permanencia y la calidad del bosque

| <u>Estado de Desarrollo</u> | <u>Determinación de Tratamiento*</u> | |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------|
| Brinzal | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Latizal | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Jovén | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Mediano | Tratamiento si _____ | No _____ |
| Maduro | Tratamiento si _____ | No _____ |

*Definir parámetros para identificar estado de desarrollo y tratamientos a aplicar

- Aprovechamiento forestal de bajo impacto
tipo
intensidad
si _____ No _____
- Sostenibilidad del proceso
Internalización al dueño del bosque sobre la necesidad de manejar el recurso sostenidamente y de los tratamientos silviculturales a aplicar al mismo
si _____ No _____
- Sostenibilidad económica
Identificación de los costos e ingresos de las diferentes actividades en el manejo del bosque

Determinación de productos a obtener por estado de desarrollo

| | | |
|--------|-----|-------------------|
| Madera | } → | Costos e Ingresos |
| Leña | | |
| Otros | | |

si _____ No _____

Encuesta No.4
Dirigida a Usuarios de INAB

Nombre de la Finca _____

Ubicación _____

Región _____

COSTOS E INGRESOS EN EL MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE CONÍFERAS

Persona entrevistada:

Dueño Representante Legal Regente Otro

Extensión de la Finca bajo manejo forestal _____

a. Estados de Desarrollo

Area con regeneración Brinzal _____ Manejado Si _____ No _____

Area con Regeneración Latizal _____ Manejado Si _____ No _____

Area de Bosque Joven _____ Manejado Si _____ No _____

Area de Bosque Normal _____ Manejado Si _____ No _____

Area de Bosque Maduro _____ Manejado Si _____ No _____

b. Costos de Servicios Técnicos

Costo del Plan de Manejo Forestal _____

Costo de Tramites de Licencia
Días de tramites _____

Costo de cada día _____

Costo de Regente forestal
Costo mensual _____

Tiempo _____

Vigilancia : horas hombre al mes _____

c. Costos Directos de Manejo Forestal según estado de Desarrollo por ha.

BRINZAL

Escarificación a través de la Quema controlada

No. de jornales por ha. para realizar las brechas corta fuego y control de la quema _____ Precio del jornal _____

Picado superficial del suelo

No. de jornales por ha _____ Precio del Jornal _____

LATIZAL

Primera limpia al año

No. de jornales por ha _____ Precio del Jornal _____

Segunda limpia al año

No. de jornales por ha _____ Precio del Jornal _____

Brecha contra incendios

Ancho de la brecha _____ Cuantos metros por ha _____
No. de jornales por ha _____ Precio del Jornal _____

Corta de liberación (estos costos pueden ser menores si se realizan con recursos de la finca)

- Tala (corte y troceado): costo por metro cúbico _____
- Labrado: costo por metro cúbico _____
- Arrastre: con buey _____ con tractor _____
costo por metro cúbico _____
- Hechura de leña: costo por metro cúbico _____
- Extracción de leña _____

Raleo de Latizal (Puede ser hecho con las limpias)

No. de jornales por ha _____

Poda (1600 arboles por ha.)

No. de jornales por ha _____

JOVEN

Raleo (200 arboles por ha con un Dap de 15-20 cm.)

- Tala (corte y troceado): costo por metro cúbico _____
- Labrado: costo por metro cúbico _____

- Arrastre: con buey _____ con tractor _____
costo por metro cúbico _____
- Hechura de leña: costo por metro cúbico _____
- Extracción de leña _____

Poda (1400 arboles por ha)

No. de jornales por ha _____

Brecha contra incendios (mantenimiento)

Ancho de la brecha _____ Cuantos metros por ha _____

No. de jornales por ha _____ Precio del Jornal _____

MEDIANO

Raleo (650 arboles por ha con un Dap de 20-24 cm.)

- Tala (corte y troceado): costo por metro cúbico _____
- Labrado: costo por metro cúbico _____
- Arrastre: con buey _____ con tractor _____
costo por metro cúbico _____
- Hechura de leña: costo por metro cúbico _____
- Extracción de leña _____

Brecha contra incendios (mantenimiento)

Ancho de la brecha _____ Cuantos metros por ha _____

No. de jornales por ha _____ Precio del Jornal _____

MADURO

Raleo (222 arboles por ha con un Dap de 25-30 cm)

- Tala (corte y troceado): costo por metro cúbico _____
- Labrado: costo por metro cúbico _____
- Arrastre: con buey _____ con tractor _____
costo por metro cúbico _____
- Hechura de leña: costo por metro cúbico _____
- Extracción de leña _____

COSECHA FINAL

(498 arboles con Dap de 30-40 cm)

- Tala (corte y troceado): costo por metro cúbico _____
- Labrado: costo por metro cúbico _____
- Arrastre: con buey _____ con tractor _____
costo por metro cúbico _____

- Hechura de leña: costo por metro cúbico _____
- Extracción de leña _____

d. Impuestos

10 % de la madera en pie

Costo por metro cúbico _____

Otros _____

e. Costos Indirectos

Caminos internos: _____ Km costo _____ Q por Km.

Infraestructura

Descripción _____

Costo _____ Q

f. Productos e Ingresos

JOVEN

200 arboles por ha con un Dap de 15-20 cm.

Precio de la madera en pie por m³ _____

Precio de la madera puesta en bacadilla por m³ _____

Precio de postes _____

Precio de leña por m³ _____

MEDIANO

650 arboles por ha con un Dap de 20-24 cm.

Precio de la madera en pie por m³ _____

Precio de la madera puesta en bacadilla por m³ _____

Precio de postes _____

Precio de leña por m³ _____

MADURO

222 arboles por ha con un Dap de 25-30 cm

Precio de la madera en pie por m³ _____

Precio de la madera puesta en bacadilla por m³ _____

Precio de postes _____

Precio de leña por m³ _____

COSECHA FINAL

498 arboles con Dap de 30-40 cm

Precio de la madera en pie por m³ _____

Precio de la madera puesta en bacadilla por m³ _____

Precio de postes _____

Precio de leña por m³ _____

PRECIOS DE LA MADERA PUESTA EN BACADILLA

Precio del m³ de madera de 15 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 20 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 25 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 30 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 35 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 40 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 45 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 50 cm de diámetro _____

PRECIOS DE LA MADERA PUESTA EN ASERRADERO

Precio del m³ de madera de 15 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 20 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 25 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 30 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 35 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 40 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 45 cm de diámetro _____

Precio del m³ de madera de 50 cm de diámetro _____

observaciones _____

Indices para Determinar Diferentes Productos según Diametros
 MODELO V = a + b* diametro al cuadrado* altura

| especie | Indice de Utilización (cm) | Parametro a | Parametro b | Diametro (cm) | Diametro (cm) ² | Altura (mts) | Volumen Troza Individual | Numero de Abobas | Volumen troza Total | Volumen Total | Volumen Leña | Porcentaje Troza | Porcentaje Leña | % Total |
|-------------------|----------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------------------|------------------|---------------------|---------------|--------------|------------------|-----------------|---------|
| Pinus scudstrobus | 10 | -0.0096301995 | 0.0000273493 | 26 | 676 | 676 | 0.39710859 | 280 | 111.1904052 | 113.75 | 2.559594772 | 97.7498068 | 2.25019321 | 100 |
| | 15 | -0.0313358307 | 0.0000274807 | 26 | 676 | 676 | 0.37735714 | 280 | 105.6599991 | 113.75 | 8.090000884 | 92.8879113 | 7.11208869 | 100 |
| | 20 | -0.1527995467 | 0.0000283948 | 26 | 676 | 676 | 0.269487919 | 280 | 75.48661729 | 113.75 | 38.29338271 | 66.3354877 | 33.6645123 | 100 |
| | 25 | -0.3466977477 | 0.0000294285 | 26 | 676 | 676 | 0.090962904 | 280 | 25.4656132 | 113.75 | 88.2803868 | 22.3908688 | 77.6091312 | 100 |

| especie | Indice de Utilización (cm) | Parametro a | Parametro b | Diametro (cm) | Diametro (cm) ² | Altura (mts) | Volumen Troza Individual | Numero de Abobas | Volumen troza Total | Volumen Total | Volumen Leña | Porcentaje Troza | Porcentaje Leña | % Total |
|---------------|----------------------------|---------------|--------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------------------|------------------|---------------------|---------------|--------------|------------------|-----------------|---------|
| Pinus occarpa | 10 | -0.0116796494 | 0.0000274260 | 42 | 1764 | 1764 | 1.294565879 | 25 | 32.36414697 | 32 | -0.364146965 | 101.137959 | -1.13795927 | 100 |
| | 15 | -0.0484361649 | 0.0000279866 | 42 | 1764 | 1764 | 1.28450962 | 25 | 32.1127405 | 32 | -0.112740498 | 100.352314 | -0.35231405 | 100 |
| | 20 | -0.1276750565 | 0.0000284685 | 42 | 1764 | 1764 | 1.228222662 | 25 | 30.70556654 | 32 | 1.284433463 | 96.9548954 | 4.04510457 | 100 |
| | 25 | -0.3115653992 | 0.0000293851 | 42 | 1764 | 1764 | 1.087968144 | 25 | 27.19970359 | 32 | 4.80029641 | 84.9990737 | 15.0009263 | 100 |