

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**POTENCIAL DEL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO EN LAS PLANTACIONES
FORESTALES DE PANAMÁ**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental

Por

Marta Raquel Argüello Ruiz

Turrialba, Costa Rica, 2006

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

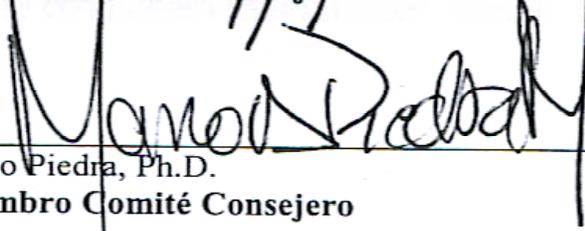
FIRMANTES:



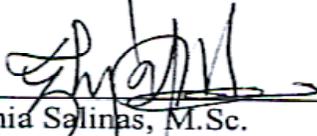
Bruno Locatelli, Ph.D.
Consejero Principal.



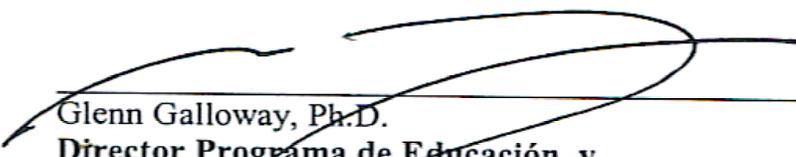
Guillermo Navarro, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



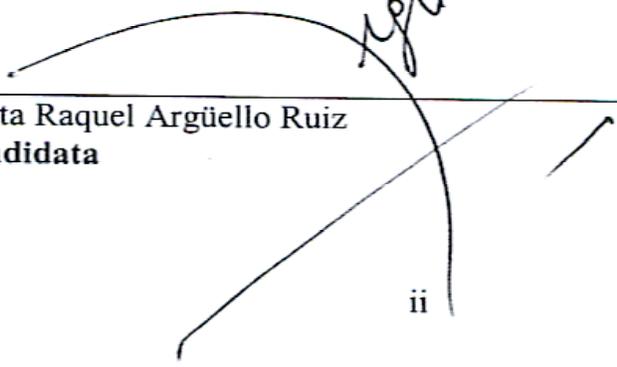
Mario Piedra, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Zenia Salinas, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado



Marta Raquel Argüello Ruiz
Candidata

DEDICATORIA

A Dios, porque mediante mi FÉ en Él logré mis propósitos y los sigo logrando, y que por su amor y grandeza me llena de fuerzas para luchar y ganar en la vida.

A mi esposo Francisco, a quien amo profundamente y a quien agradezco infinitamente todo su apoyo en todo momento.

A mi mamá María Gloria, que a pesar de la distancia, su amor, fuerza y sabiduría me sirvieron de guía en todo momento para lograr el éxito.

A mi papá Oscar y mi hermano Pedro por su fuerza para apoyarme en este largo camino.

A Ruffito, por ser mi compañero fiel en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gilberto Páez quien fue el precursor de mi venida al CATIE, por ser como un padre en toda mi estancia en Costa Rica y por ser mi padrino de boda.

A mi profesor consejero, Bruno Locatelli, por su admirable talento, por su infinita paciencia y su solidaridad, los cuales me ayudaron a lograr el título.

A mi profesor Guillermo Navarro, por su profesionalismo, y su apoyo para la culminación de la tesis.

A mi profesora Zenia Salinas, por su tiempo y apoyo en la elaboración de la tesis.

A mi profesor Mario Piedra, por su colaboración y participación en la culminación de la tesis.

A Luis Ugalde, por su guía y consejos para la elaboración de la tesis.

A Álvaro Vallejo por su gran ayuda en materia forestal para la elaboración de la tesis

A todos mis compañeros de promoción de quienes aprendí con sus experiencias.

BIOGRAFÍA

Marta Raquel Argüello Ruiz nació en la ciudad de Luque, Paraguay, el 2 de julio de 1977, terminó su carrera de Economista y Contadora Pública en la Universidad Nacional de Asunción en el año 2003.

Antes de finalizar su carrera comenzó a laborar como profesora asistente de varias materias en universidades privadas como la Universidad del Norte y la Universidad del Pacífico, además en la Universidad Nacional de Asunción, para luego ingresar a laborar en la empresa exportadora de algodón Las Palmas como asistente financiera.

En el año 2005 ingresó a la maestría en Socioeconomía Ambiental en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) con financiamiento completo de la Organización de Estados Americanos (OEA).

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| BIOGRAFÍA | iv |
| RESUMEN | ix |
| SUMMARY | xi |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. <i>Definición del problema</i> | 1 |
| 1.2. <i>Justificación del estudio</i> | 2 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 2.1. <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 2.2. <i>Objetivos específicos</i> | 4 |
| 2.3. <i>Hipótesis</i> | 4 |
| 3. MARCO GENERAL | 6 |
| 3.1. <i>Cambio Climático y el MDL</i> | 6 |
| 3.2. <i>Acuerdos internacionales</i> | 6 |
| 3.3. <i>El MDL</i> | 7 |
| 3.4. <i>Modalidades del MDL: generalidades</i> | 8 |
| 3.5. <i>Actividades forestales bajo el MDL</i> | 8 |
| a. <i>Definiciones de forestación y reforestación</i> | 8 |
| b. <i>Definición de bosque y tierras Kyoto</i> | 10 |
| 3.6. <i>Elegibilidad de proyectos forestales bajo el MDL</i> | 11 |
| 3.7. <i>Aspectos socioeconómicos y ambientales del MDL</i> | 11 |
| 3.8. <i>Ciclo del Proyecto MDL</i> | 12 |
| 4. Sitio de estudio | 15 |
| 4.1. <i>Panamá</i> | 15 |
| 4.2. <i>Descripción física</i> | 16 |
| 4.2.1. <i>Clima</i> | 16 |
| 4.2.2. <i>Suelo</i> | 17 |
| 4.3. <i>Situación actual de las plantaciones en Panamá</i> | 18 |
| 4.3.1. <i>Deforestación en Panamá</i> | 18 |
| 4.3.2. <i>Incentivos fiscales para la producción de madera en Panamá</i> | 19 |
| 4.3.3. <i>La Teca (Tectona grandis L.f.)</i> | 23 |
| a. <i>Descripción de la especie</i> | 23 |
| b. <i>Duración de la rotación de la teca</i> | 24 |
| c. <i>Crecimiento y productividad de la Teca</i> | 24 |
| d. <i>Calidad e índice de sitio</i> | 25 |
| 4.3.4. <i>El mercado de la teca en Panamá</i> | 26 |
| a. <i>Mercado actual</i> | 26 |
| b. <i>Estado de la industria de plantaciones en Panamá</i> | 28 |
| 5. METODOLOGÍA | 29 |
| 5.1. <i>Enfoque del estudio</i> | 29 |
| 5.1.1. <i>Cómo evaluar el potencial del MDL</i> | 29 |
| 5.1.2. <i>Justificación de la selección de la teca como especie representativa</i> | 29 |
| 5.1.3. <i>Principio del análisis financiero</i> | 30 |
| 5.1.4. <i>Validación</i> | 36 |
| a. <i>Variable explicativa</i> | 36 |
| b. <i>Variables dependientes</i> | 37 |
| 5.1.5. <i>Variables fuzzy</i> | 39 |
| a. <i>Álgebra con valores fuzzy</i> | 40 |

| | |
|---|----|
| b. Cálculo de la posibilidad de rentabilidad positiva | 44 |
| 5.1.6. Aplicación de mapas sin MDL, con MDL, adicionalidad..... | 44 |
| 5.1.7. Mapa del potencial del MDL | 45 |
| 5.2. <i>Datos</i> | 46 |
| 5.2.1. Datos de crecimiento y CO ₂ | 46 |
| a. Rotación..... | 46 |
| b. Densidad de árboles..... | 46 |
| c. Volumen comercial | 46 |
| d. Factor de expansión..... | 47 |
| e. Tasa de carbono | 47 |
| f. Densidad de la madera | 48 |
| 5.2.2. Datos económicos..... | 48 |
| a. Precios de la teca..... | 48 |
| b. Costos..... | 50 |
| c. Impuesto a la Renta | 52 |
| d. Tasa de descuento..... | 53 |
| 5.2.3. Datos MDL del proyecto | 53 |
| a. Precios de carbono | 53 |
| b. Costos de transacción para proyectos MDL | 55 |
| c. Duración del periodo de acreditación MDL y fecha de la primera verificación..... | 56 |
| d. Escala de proyecto de plantación..... | 56 |
| 5.2.4. <i>Datos espaciales</i> | 57 |
| a. Mapa de Calidad de sitio | 57 |
| b. Mapa de valor de la tierra..... | 61 |
| c. Mapa de distancias al puerto | 63 |
| d. Mapa de tierras Kyoto | 65 |
| 6. RESULTADOS | 67 |
| 6.1. <i>Esquema del análisis financiero</i> | 67 |
| 6.1.1. Crecimiento y Carbono..... | 67 |
| 6.1.2. Estructura de costos/beneficios..... | 68 |
| 6.1.3. Validación..... | 69 |
| 6.1.4. Potencialidad..... | 72 |
| a. Potencial del MDL (no rentable sin MDL) | 72 |
| b. Potencial del MDL (rentables con MDL) | 75 |
| c. Adicionalidad | 78 |
| d. Potencial del MDL (adicionalidad y tierras Kyoto)..... | 81 |
| 2. Discusión | 83 |
| 2.1. <i>Crecimiento y carbono</i> | 83 |
| 2.2. <i>Estructura de costos/beneficios y validación</i> | 83 |
| 2.3. <i>Potencial del MDL (no rentables sin MDL)</i> | 84 |
| 2.4. <i>Potencial del MDL (rentables con MDL)</i> | 84 |
| 2.5. <i>Adicionalidad</i> | 84 |
| 2.4. <i>Potencial del MDL (adicionalidad y tierras Kyoto)</i> | 85 |
| 8. CONCLUSIONES | 86 |
| 8.1. <i>Enfoque financiero</i> | 86 |
| 8.2. <i>No Rentabilidad sin MDL</i> | 86 |
| 8.2. <i>Rentabilidad con MDL</i> | 86 |
| 8.3 <i>Adicionalidad de las plantaciones rentables con MDL</i> | 87 |
| 8.4. <i>Adicionalidad financiera</i> | 87 |
| 8.5. <i>Potencial del MDL</i> | 87 |
| 8.6. <i>Trabajos futuros</i> | 87 |

| | |
|--|-----|
| 9. RECOMENDACIONES | 89 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA..... | 90 |
| ANEXO 1. CUADRO DEMOSTRATIVO DE LOS COSTOS/BENEFICIOS DE UNA PLANTACIÓN DE TECA DE UNA HECTÁREA | 98 |
| ANEXO 2. DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE REFORESTADA DE PANAMÁ (1988 – 2001)..... | 100 |
| ANEXO 3. ÁREAS PROTEGIDAS DE PANAMÁ | 101 |
| ANEXO 4. PROYECTOS MDL EN PANAMÁ..... | 102 |
| ANEXO 5. PORCENTAJE DE TIERRAS KYOTO EN PANAMÁ | 103 |
| ANEXO 6. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA FORESTAL ECOFOREST (PANAMÁ) S.A..... | 104 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Resumen de las características climáticas de Panamá | 17 |
| Tabla 2. Área deforestada en Panamá por provincia de 1992 a 2000 | 19 |
| Tabla 3. Tipificación de plantaciones de teca en Panamá..... | 22 |
| Tabla 4. Situación actual de plantaciones de teca de algunos de los principales países productores | 24 |
| Tabla 5. Rango de crecimiento para Costa Rica. (Fuente: Fonseca 2004)..... | 25 |
| Tabla 6. Promedio de valores por escenarios de crecimiento de teca en Panamá (Fuente: Mollinedo <i>et. al</i> , 2004)..... | 25 |
| Tabla 7. Clases de sitios para plantaciones forestales (Fuente: Vásquez y Ugalde, 1995)..... | 26 |
| Tabla 8. Costos de carga y transporte de madera hasta el puerto (Fuente: Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, ANAM 2006)..... | 27 |
| Valor tierra es el valor corriente de la tierra en el mercado..... | 31 |
| Tabla 9. Resumen de las variables <i>fuzzy</i> incluidas en el análisis..... | 39 |
| Tabla 10. Precios corrientes para madera rolliza de <i>T. grandis</i> en Panamá (Ugalde 2006). | 48 |
| Tabla 11. Precios corrientes para madera rolliza de teca en Panamá con base en Ugalde y Gómez (2006). | 49 |
| Tabla 12. Valores <i>fuzzy</i> del precio de la teca con base en los diámetros establecidos..... | 49 |
| Tabla 13. Resumen de actividades para el establecimiento y manejo de una plantación de teca de 1 hectárea en USD..... | 51 |
| Tabla 14. Costos fijos de transporte por tierra de madera, independientes de la distancia..... | 52 |
| Tabla 15. Categorías de precios de CER con base en los riesgos entre compradores y vendedores. | 54 |
| Tabla 16. Precios de los principales fondos de carbono en Latinoamérica y el Caribe | 54 |
| Tabla 17. Valores <i>fuzzy</i> de los costos de transacción | 55 |
| Tabla 18. Costos de registro según rango de reducción anual por proyecto..... | 55 |
| Tabla 19. Criterios para clasificación de suelos para teca en Panamá | 58 |
| Tabla 20. Valores más posible (USD) de los VET para cada calidad de sitio y en función de los factores presentados en la estructura de costo/beneficio..... | 68 |
| Tabla 21. Potencial por calidad de sitio en porcentaje | 72 |
| Tabla 22. Potencial por distancias en porcentaje | 73 |
| Tabla 23. Potencial por valor tierra en porcentaje | 73 |
| Tabla 24. Potencial por calidad de sitio en porcentaje | 75 |
| Tabla 25. Potencial por distancias en porcentaje | 75 |
| Tabla 26. Potencial por valor tierra en porcentaje | 76 |
| Tabla 25. Potencial por calidad de sitio en porcentaje | 78 |
| Tabla 26. Potencial por distancias en porcentaje..... | 79 |

| | |
|--|----|
| Tabla 27. Potencial por valor tierra en porcentaje | 79 |
|--|----|

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1A. Reforestación no elegible al MDL..... | 9 |
| Figura 1B. Reforestación elegible al MDL..... | 9 |
| Figura 2. Forestación | 10 |
| Fig. 3. Tool de Adicionalidad (CDM EB 2005)..... | 15 |
| Figura 4. Ubicación del área de estudio..... | 16 |
| Figura 5. Plantaciones forestales en Panamá..... | 20 |
| Figura 6. Superficie reforestada por tipo de especie en Panamá del año 1992 al 2005 | 21 |
| Figura 7. Tipificación de plantaciones de teca por provincias en Panamá, con base en la clasificación realizada por ha reforestadas | 22 |
| Figura 8. Esquema metodológico de la estructura de costos/beneficios..... | 34 |
| Figura 9. Esquema de cálculo del carbono almacenado en una hectárea de plantación | 35 |
| Figura 10. Variables de rentabilidad para el análisis de correlación. | 37 |
| Figura 11. Área de referencia por provincias | 38 |
| Figura 12. Área de plantaciones por provincias | 38 |
| Figura 13. Ejemplo de una aplicación de <i>fuzzy numbers</i> | 40 |
| Figura 14. Ejemplo de aplicaciones de operaciones algebraicas mediante los <i>fuzzy numbers</i> | 41 |
| Figura 15. Ejemplo de una aplicación de la teoría <i>fuzzy numbers</i> | 43 |
| Figura 16. MIN, MAX y valor más posible de los precios de la teca..... | 50 |
| Figura 17. Costos anuales de producción de una plantación de teca de 1 ha. | 51 |
| Figura 18. Mapa de calidad de sitio de Panamá | 60 |
| Figura 19. Mapa del valor de la tierra de Panamá en USD/ha..... | 62 |
| Figura 20. Mapa de distancias y carreteras de Panamá..... | 64 |
| Figura 21. Mapa de tierras Kyoto de Panamá..... | 66 |
| Figura 22. Valores <i>fuzzy</i> del carbono acumulado en las tres calidades de sitio | 67 |
| Figura 23. Diferencia significativa de los promedios de la tasa de plantación..... | 70 |
| Figura 24. Áreas de menor rentabilidad sin el MDL | 74 |
| Figura 25. Áreas de mayor rentabilidad con el MDL..... | 77 |
| Figura 26. Áreas de mayor adicionalidad..... | 80 |
| Figura 27. Áreas de mayor adicionalidad en tierras Kyoto | 82 |

Argüello Ruiz, M. R. 2006. Potencial del Mecanismo de Desarrollo Limpio en las plantaciones forestales de Panamá.

Palabras claves: MDL, adicionalidad financiera, potencial, elegibilidad de tierras, tierras Kyoto, plantaciones forestales, incentivos fiscales, teca, variables *fuzzy*, corregimientos.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es determinar el potencial para proyectos de plantación forestal bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en Panamá a nivel de corregimientos.

La adicionalidad y la elegibilidad de tierras son los dos elementos más restrictivos para proyectos de forestación/reforestación bajo el MDL.

Se estudiaron la adicionalidad y la elegibilidad de tierras para ubicar las áreas más potenciales de Panamá.

El análisis financiero de la adicionalidad está compuesto por dos elementos: la no rentabilidad sin el MDL y la rentabilidad con el MDL, y éstos dependen de la calidad de sitio, la distancia al puerto de referencia y del valor de la tierra.

Para demostrar la potencialidad se realizó un análisis financiero en el cual se desarrolló una ecuación general. Esta ecuación general se utilizó para representar la rentabilidad de las plantaciones por corregimiento a través del indicador financiero Valor Esperado de la Tierra (VET). El VET se compara con el precio de mercado de la tierra con el cual se asume un *Proxy* del VET del mejor uso de la tierra sin considerar especulación. En el trabajo se utilizaron variables *fuzzy*, para representar la variabilidad de los parámetros y de los resultados.

Para la elaboración de este trabajo se seleccionó a la especie teca representativa de las plantaciones forestales de Panamá.

Se concluyó que aquellas áreas con mayor potencial, teniendo en cuenta la adicionalidad y elegibilidad de tierras, se encuentran en las regiones de Veraguas, Panamá, Herrera y Darién.

El enfoque que se ha desarrollado podrá servir de base para analizar ideas de proyectos bajo el MDL.

Argüello Ruiz, M. R. 2006. Potential of the Clean Development Mechanism in the forest plantations of Panama.

Key words: CDM, potential, financial additionality, lands eligibility, lands Kyoto, forest plantations, fiscal incentives, teak, variables *fuzzy*.

SUMMARY

The objective of the present work is to determine the potential of the Clean Development Mechanism (CDM) for forest plantation projects in Panama. The additionality and the eligibility of lands are the two most restrictive issues for afforestation/reforestation projects under the CDM. Additionality and land eligibility were assessed to locate the areas with more potential in Panama.

The potentiality of the CDM is composed for two factors: a low profitability without the CDM and a high profitability with the CDM, both depending on soil quality, distance to exportation port, and land value.

A financial analysis was applied with a general equation representing the profit value of the plantations by districts. This equation used the Land Expected Value (LEV) as financial indicator. The equation compared the LEV with the market land value, assumed to be a proxy of the LEV for the best land use if land speculation is not considered. Fuzzy variables were used to represent the variability and ambiguity of the parameters and their values. Teak was selected as the representative species for forest plantations in Panama.

Results showed that areas with greater potential of additionality and land eligibility were located in the regions of Veraguas, Panama, Herrera and Darien. The methodology developed in this study will be useful for analyzing project ideas under the CDM.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición del problema

El cambio climático causado por las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de actividades humanas puede alterar los ciclos hídricos, causar sequías, inundaciones y otros efectos que comprometerían la existencia de vida en el planeta (UNFCCC 2003; Pew Center 2001). Como respuesta política a este problema, el Protocolo de Kyoto fue creado en la tercera Conferencia de las Partes (CoP) para llevar adelante el objetivo último de la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) de alcanzar la estabilización de los gases de efecto invernadero a un nivel que no sea peligroso para el medio ambiente. En el Protocolo se han creado mecanismos de flexibilidad para facilitar a los países industrializados a cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es uno de los tres mecanismos de flexibilidad que permite que las naciones desarrolladas paguen a proyectos forestales y de energía realizados en países en desarrollo por sus servicios de mitigación. El MDL forestal tiene modalidades complejas para su cumplimiento, por sus numerosas reglas y los costos de transacción asociados a las etapas del ciclo de proyecto, como el desarrollo de una metodología de línea base y de monitoreo, el registro, la validación del proyecto y la certificación de las remociones antropogénicas netas de tCO_{2e} ¹ para su consiguiente venta en el mercado.

La República de Panamá, consciente del problema de la deforestación a nivel nacional y considerando la importancia de la reforestación como paliativo a este problema, promulga

¹ La definición de CO_{2e} es la siguiente, “la concentración de CO_2 que produciría el mismo nivel de forzamiento radiativo que una mezcla dada de CO_2 y otros gases de efecto invernadero en un período de cien años” (IPCC 2001a).

En cuanto a las toneladas de CO_2 equivalentes, el gas de referencia es el dióxido de carbono, por lo que las emisiones son ponderadas por el potencial de calentamiento global (PCG). El PCG se define como “el forzamiento radiativo acumulado de las emisiones de una masa unitaria de gas en relación con un gas de referencia (CO_2), considerando tanto los efectos directos como de los indirectos, en un horizonte de tiempo especificado” (IPCC 1996). Los efectos directos se presentan cuando el gas en sí es un gas de efecto invernadero; el forzamiento radiativo indirecto se presenta cuando las transformaciones químicas que involucran al gas original, producen un gas o gases que son de efecto invernadero, o cuando un gas afecta los tiempos de vida de otros gases en la atmósfera.

una ley forestal en 1992 que tiene entre otros objetivos el de incrementar la actividad forestal a través del establecimiento de plantaciones forestales sostenibles. Actualmente algunos de los artículos de esta ley están derogados, por lo que este problema crea la necesidad de modelos adecuados que permitan establecer proyectos realizables y redituables para sus inversores y, con esto, acelerar la expansión del área reforestada actualmente. El MDL presenta un potencial pero es necesario elaborar estudios previos para analizar ideas de proyectos que luego puedan ser validados por la Junta Ejecutiva de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). La adicionalidad de los proyectos y la elegibilidad de las tierras se presentan como los problemas principales para que estas ideas de proyectos se conviertan en proyectos reales bajo el MDL.

1.2. Justificación del estudio

A partir de febrero de 2005, varios artículos de la Ley de incentivos forestales de Panamá fueron derogados, lo que creó incertidumbre en la mayoría de las empresas forestales privadas, en cuanto a la rentabilidad de sus plantaciones. En este contexto, el MDL ha dejado muchas expectativas en el sector forestal. Sin embargo se desconocen las barreras principales, en particular en el tema de adicionalidad o de elegibilidad. Como la adicionalidad está muy vinculada al tema de la rentabilidad de las plantaciones, es importante conocer la rentabilidad futura de las plantaciones forestales en Panamá.

El MDL forestal se presenta como una alternativa muy atractiva tanto a nivel ambiental como socioeconómico, ya que, no solo contribuirá al medioambiente a través de proyectos forestales (reforestación/forestación), sino que también generará ingresos en el mercado de la madera y el carbono, se aumentaría el conocimiento sobre mecanismos financieros internacionales y la sensibilización acerca del cambio climático.

Por ejemplo, la empresa forestal Ecoforest (Panamá) S.A.² es una de las mayores empresas en Panamá trabajando con plantaciones de teca y es una de las empresas que más ha contribuido con el medio ambiente dentro de la Cuenca del Canal de Panamá, donde se encuentran sus plantaciones. Sin embargo, las plantaciones existentes de

² Ver Anexo 6 para mayor información de la empresa Ecoforest (Panamá) S.A.

Ecoforest no podrán ingresar al MDL. Aún si plantaciones realizadas después del año 2000 pueden ahora ingresar ahora en el MDL, éstas no podrán porque la empresa las llevó a cabo porque eran rentables aún sin el MDL, entonces, no podrá demostrar adicionalidad³. El interés de la empresa en el MDL es que necesitará identificar nuevos proyectos.

Este es uno de los motivos importantes por los cuales se necesita de información detallada acerca de las zonas donde se podría establecer plantaciones dentro del marco del MDL y conocer las posibilidades de rentabilidad de estas futuras plantaciones.

Este trabajo generará resultados que demuestren la rentabilidad a nivel país, con/sin incentivos y con el MDL; lo que permitirá a las empresas orientarse en el mercado de madera y carbono y en futuros proyectos. Se pretende que este trabajo sea una herramienta que facilite la ubicación de los sitios indicados y los no indicados para el establecimiento de plantaciones forestales, teniendo en cuenta al MDL en los nuevos proyectos.

³ La adicionalidad exige que los proyectos respondan a una iniciativa dentro del MDL y no correspondan a acciones actualmente en curso o a desarrollarse en el futuro por iniciativas particulares o gubernamentales. De llevarse a cabo estas acciones, indicarían que el MDL no se requiere y por tanto, los proyectos no son elegibles como proyectos MDL.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el potencial para proyectos de plantación forestal bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio en Panamá.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar y justificar un enfoque financiero del estudio sobre adicionalidad
2. Establecer un esquema de análisis financiero para elaborar el análisis de adicionalidad
3. Validar el enfoque financiero
4. Determinar los corregimientos⁴ con mayor potencial de adicionalidad financiera en el MDL
5. Elaborar un mapa de factibilidad de proyectos forestales MDL en Panamá, tomando en cuenta la elegibilidad de tierras y la adicionalidad de proyectos

2.3. Hipótesis

1. El enfoque financiero para el tema de adicionalidad se justifica porque la tasa de reforestación está correlacionada con la rentabilidad de las plantaciones
2. Las áreas donde la rentabilidad de plantación con MDL son más altas se encuentran en las zonas cercanas del puerto de referencia
3. Sin embargo, la mayoría de las plantaciones rentables con el MDL no pasarán la prueba de adicionalidad porque son rentables aún sin MDL
4. Las áreas con mayor potencial de adicionalidad financiera de proyectos forestales en el MDL se encuentran en áreas de calidad media

⁴ La división política de la República de Panamá comprende 9 provincias, 75 distritos o municipios, 3 comarcas indígenas de nivel provincial y 1267 corregimientos.

5. Las áreas con más potencial de adicionalidad y de elegibilidad de tierras se encuentran en Veraguas y Chiriquí

3. MARCO GENERAL

3.1. Cambio Climático y el MDL

Las actividades humanas están liberando gases de efecto invernadero en la atmósfera. El principal gas de efecto invernadero (GEI), el dióxido de carbono (CO₂) se produce cuando se utilizan combustibles fósiles para generar energía y cuando se talan y queman bosques. Las actividades agrícolas, los cambios en el uso de la tierra, entre otros, son los causantes de emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Los procedimientos industriales liberan productos químicos artificiales llamados halocarbonos (CFC, HFC, PFC) y otros gases de vida prolongada (UNFCCC 2003).

Durante el siglo XX, el aumento de la temperatura ha sido de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (IPCC 2001). La causa principal del calentamiento global es la emisión excesiva de gases en los países industrializados, provenientes de la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, alrededor de un 20% (IPCC 2001) del dióxido de carbono emitido mundialmente proviene de incendios forestales y la deforestación del bosque, siendo la región tropical de América una de las mayores contribuyentes.

El cambio climático de origen humano agrega una importante presión adicional sobre los numerosos sistemas ecológicos y socioeconómicos afectados ya sea por la contaminación, las crecientes demandas de recursos, y las prácticas de gestión no sostenibles. Los sistemas más vulnerables son aquellos cuya sensibilidad a los cambios climáticos es mayor y menor su capacidad de adaptación.

Existen dos opciones para paliar el cambio climático: mitigar, es decir, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, es decir, remover carbono atmosférico de la biosfera, o adaptarse a los efectos.

3.2. Acuerdos internacionales

La Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) es un acuerdo de 189 países firmantes para estabilizar la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que prevenga cambios peligrosos en el clima. La

CMNUCC fue acordada en la Conferencia de Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992. A partir de esta Convención fue creado en 1997 el Protocolo de Kyoto (actualmente 157 países lo han ratificado) con el objetivo de efectivizar los objetivos de mitigación del cambio climático. El aspecto más relevante actualmente del Protocolo de Kyoto es el compromiso legal de 33 países industrializados ratificados de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un promedio de 5,2% con respecto a los niveles de emisiones que tenían en 1990, esta reducción debe ser lograda en el período 2008-2012, al finalizar el llamado “Primer Período de Compromiso” (Auckland *et al.* 2002).

El Protocolo de Kyoto propone tres mecanismos de flexibilidad que le permiten a los países industrializados facilitar sus metas de reducción: el Comercio de Emisiones (comercio de permisos de emisión entre países desarrollados); la Implementación Conjunta (transferencia de permisos de emisiones con proyectos de reducción de emisiones implementado en los países industrializados); y Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El MDL es el único mecanismo que involucra a los países No Anexo I a través de proyectos que reduzcan emisiones de CO₂ o aumenten las remociones (Auckland *et al.* 2002).

3.3. EI MDL

El propósito del MDL es asistir a los países en desarrollo en alcanzar un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, además de asistir a los países Anexo I alcanzar sus compromisos de reducción de emisiones.

El MDL se puede implementar a través de proyectos forestales para la remoción de carbono de la atmósfera; y de energía, para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Este mecanismo otorga además beneficios colaterales o externalidades positivas que se derivan del propio proceso de este mecanismo de flexibilidad, como son la transferencia de tecnología más limpia y más moderna de producción, otorgado por un país industrializado a un país no industrializado y el *know-how* crítico para incrementar la

productividad y la calidad de los sectores involucrados, así como impactos socioeconómicos y ambientales locales.

3.4. Modalidades del MDL: generalidades

Según lo establecido en el Protocolo de Kyoto, las reducciones de emisiones o las remociones de carbono deberán ser:

- reales, (el proyecto tiene que tomar en cuenta riesgos, incertidumbres, fugas);
- medibles (el proyecto deberá contar con un plan de medición y monitoreo; verificables, los datos deberán ser de calidad);
- de largo plazo

Además, se deberá tener en cuenta:

- la elegibilidad de tierras;
- la adicionalidad, la cual demuestra que el proyecto no hubiera existido sin el MDL;
- la no-permanencia de la remoción de carbono en los proyectos de forestación y reforestación;
- los impactos sobre el desarrollo sostenible

3.5. Actividades forestales bajo el MDL

El MDL forestal admite solamente la forestación y reforestación como únicas actividades del uso de la tierra para el primer período de compromiso (2008-2012), según la decisión que se tomó en Marrakech en la séptima Conferencia de las Partes (CoP 7). El MDL forestal establece que las actividades de cambio de uso del suelo deben ser adicionales (que no hubieran ocurrido sin proyectos bajo el MDL) y directamente causadas por la acción humana (UNFCCC 2001).

a. Definiciones de forestación y reforestación

Antes de caracterizar cada tipo de proyecto es importante definir qué es uso del suelo, que según la FAO 1997, citado por el IPCC 2000 la define como el total de tipos de utilización, actividades efectuadas e insumos incorporados en un cierto tipo de cobertura de la tierra (conjunto de acciones humanas); en otras palabras son los propósitos sociales

y económicos por los cuales se maneja la tierra, como por ejemplo la ganadería, comercialización de madera, agricultura, entre otras.

El IPCC (2000) presenta las definiciones de reforestación y forestación. Para la reforestación, se refiere al establecimiento de bosques, por medios naturales o artificiales o ambos, en sitios donde previamente éstos han existido en un pasado cercano (ver Fig. 1A).

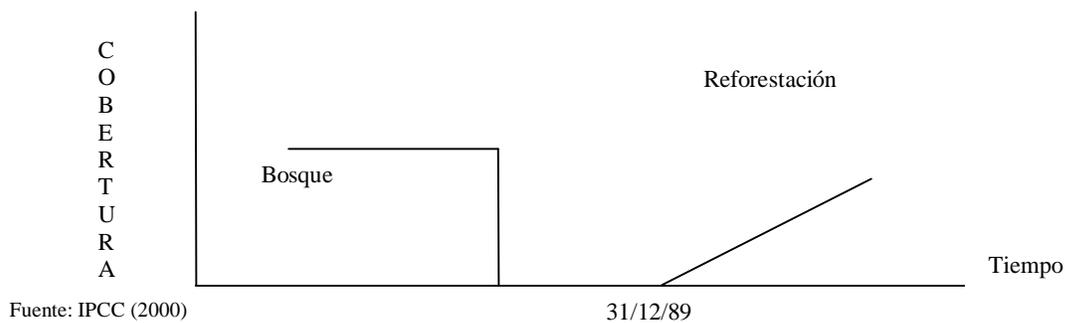


Figura 1A. Reforestación no elegible al MDL

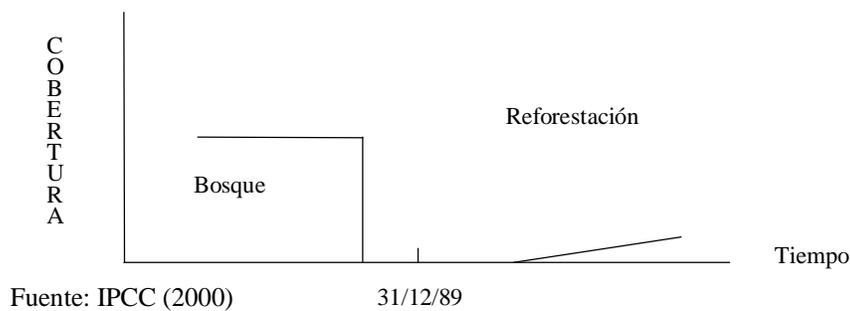
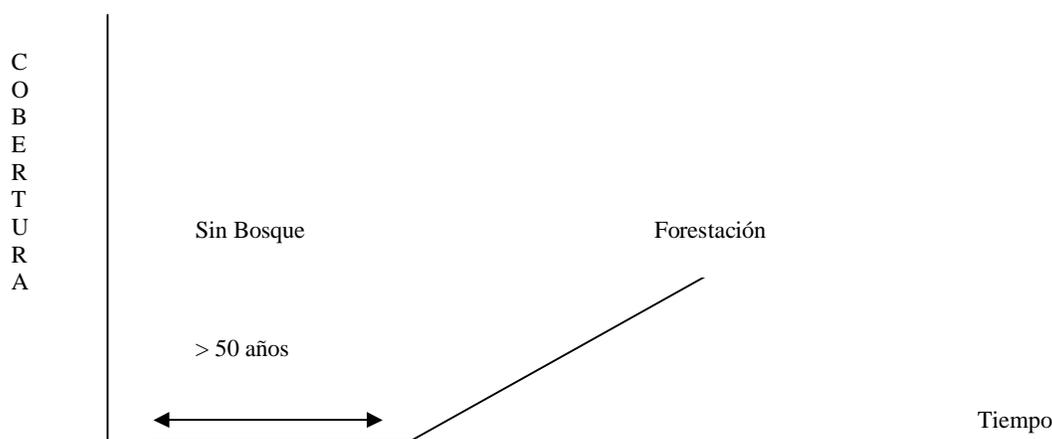


Figura 1B. Reforestación elegible al MDL

Sin embargo, solamente las actividades de reforestación que estuvieron sin bosque desde el 31 de diciembre de 1989 serán elegidas para proyectos MDL (Fig. 1B).

En cuanto a la forestación, se refiere al establecimiento (natural o artificial) de árboles forestales en tierras donde no ha existido bosque durante los últimos 50 años o por muy

largo tiempo (Fig. 2). La diferencia entre forestación y reforestación está dada por el período de tiempo que el suelo estuvo sin bosque (IPCC 2000).



Fuente: IPCC (2000)

Figura 2. Forestación

b. Definición de bosque y tierras Kyoto

Se debe demostrar los usos de la tierra de la zona del proyecto hasta el 31/12/89 e identificar las llamadas *tierras Kyoto*, es decir, tierras que se encuentran enmarcadas dentro de las definiciones de forestación y reforestación del MDL (Decisión 17/CP 7).

Según la Decisión 19/CP. 9, una parte no incluida en el Anexo 1 podrá acoger los siguientes valores para la definición de bosque de un proyecto MDL forestación y reforestación:

- a- un valor mínimo único de cubierta de copa entre el 10 y 30%;
- b- un valor mínimo único de superficie de tierra de entre 0,05 y 1 ha; y
- c- un valor mínimo único de altura de los árboles de entre 2 y 5 m

La definición de bosque por parte de la ANAM para los efectos de proyectos de reforestación bajo el MDL, del Protocolo de Kyoto es: "Formación vegetal leñosa, ya sea de origen natural, como artificial, con una superficie mínima de media hectárea, con una

densidad de copa (o una densidad de población equivalente) del 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de 5 metros a su madurez in situ”.

3.6. Elegibilidad de proyectos forestales bajo el MDL

En resumen, para que un proyecto de forestación o reforestación pueda ser elegible bajo el MDL tiene que cumplir con los siguientes criterios:

Las tierras tienen que ser elegibles. En el marco del MDL sólo pueden ser reforestadas tierras que hayan estado sin bosque desde antes del 31 de Diciembre de 1989. Esto implica (a) que las tierras que perdieron sus bosques después de la mencionada fecha o (b) que las tierras en las que ha crecido un bosque después de esa fecha en adelante no podrán ser usadas para actividades de forestación/reforestación bajo el MDL.

El proyecto tiene que establecer un bosque. Una vez habiendo llegado a su estado de madurez la vegetación implementada tendrá que tener las características de bosque.

El proyecto tiene que ser adicional. Para que un proyecto de forestación/reforestación pueda ser considerado adicional tiene que demostrar que no hubiera sido realizado sino fuera por los incentivos que representa el MDL.

El proyecto tiene que contribuir al desarrollo sostenible del país. El proyecto de reforestación deberá contribuir, a nivel de proyecto, al cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible.

3.7. Aspectos socioeconómicos y ambientales del MDL

El MDL tiene un doble objetivo, la mitigación de las emisiones de los GEI y el desarrollo sostenible con los cuales se debe demostrar impactos en las comunidades locales, con respecto a la reducción de la pobreza y a los *livelihoods* o medios de vida, incrementar los ingresos o crear ingresos para disminuir las necesidades básicas insatisfechas de las comunidades que viven a modo de subsistencia y que no cuentan con recursos, como por

ejemplo: problemas de tenencia de la tierra para poder trabajarla, escasez de préstamos blandos a pequeños agricultores, entre otros.

Latinoamérica es una región conformada por países en desarrollo, con posibilidades de acceder al MDL. Cuenta con una superficie de aptitud forestal cercana a los 958,6 millones de hectáreas, afectados por fuertes procesos de degradación y deforestación que han determinado una variación de la superficie forestal de – 4,6 millones de ha entre los años 1990 y 2000 (FAO 2001). Considerando que solo el 1% de las plantaciones forestales se encuentran en Sudamérica, podemos considerar que América Latina cuenta con un interesante potencial para el desarrollo de proyectos que apliquen al MDL a través de actividades de forestación y reforestación, brindando a los gobiernos de países en desarrollo la oportunidad de promover y atraer inversión forestal sostenible, y a los desarrolladores de proyectos la posibilidad de contar con un ingreso adicional necesario para alcanzar la viabilidad financiera (Auckland *et al.* 2002).

A menudo se consideran que las plantaciones monoespecíficas o monocultivos y extensivas ocasionarán graves daños a la diversidad biológica y ocasionarán desplazamiento de poblaciones (Neuenschwander 2003; Pedroni 2002).

El MDL forestal a parte de proteger los recursos locales, debería contribuir en la conectividad de parches de bosque y ampliación de los hábitat para aves y pequeños mamíferos, así como incremento en la diversidad de flores; además de esto favorece con la conservación del suelo, mediante la reducción de la erosión del suelo y mejoras en las condiciones del tierra, tales como: más infiltración y mayor acumulación de materia orgánica.

3.8. Ciclo del Proyecto MDL

Antes de la implementación de la actividad de proyecto, el proponente del proyecto debe diseñar la actividad de proyecto (una fase preliminar del diseño de proyectos es la evaluación de la idea del proyecto en la que se inicia), definiendo el tipo y tamaño del proyecto, así como su localización y la estimación de certificados de reducción de emisiones que se lograrán. Además debe comprobar la adicionalidad del proyecto utilizando la herramienta de adicionalidad sugerida por la Junta Ejecutiva (ver Fig. 3),

estimar el volumen anticipado de reducciones de gases de efecto invernadero comparado con el escenario de línea base, definir el tiempo de acreditación requerido para el proyecto⁵, analizar y/o evaluar los beneficios ambientales y sociales del proyecto, estimar el balance financiero y el precio sugerido de los créditos de reducción de emisiones generados por el proyecto.

En caso de no existir una metodología de línea base/plan de monitoreo aplicable al proyecto aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL, se desarrollará una nueva metodología que se ajuste a la actividad de proyecto especificada. Esta metodología deberá ser presentada para su aprobación ante la Junta Ejecutiva del MDL la cual ha desarrollado formatos estándares para presentar ambas metodologías.

La metodología de línea base permite definir las remociones antropogénicas de carbono que ocurrirían en ausencia del proyecto propuesto. El trabajo también definirá cómo se establece que el proyecto es adicional y que no forma parte del escenario base en referencia o línea base. La metodología de monitoreo permitirá recolectar toda la información relevante para determinar las remociones alcanzadas por el proyecto y sus emisiones de gases de efecto invernadero, así como para monitorear la línea base y las fugas.

El Documento de Diseño de Proyecto (PDD, por sus siglas en inglés) es el último documento del proyecto desarrollado durante la etapa de formulación. Es un documento estándar cuyo patrón ha sido desarrollado por la Junta Ejecutiva del MDL. El PDD describe en detalle la actividad del proyecto, aplicando la metodología seleccionada y teniendo en cuenta las disposiciones de las modalidades y procedimientos de los proyectos MDL. Anterior a la implementación, en la validación y registro, una Entidad Operativa Designada (DOE, por sus siglas en inglés), acreditada por la Junta Ejecutiva del MDL examina el PDD y determina si cumple con las reglas del MDL. La Junta Ejecutiva, una vez recibido el informe de validación, registra el proyecto bajo el MDL.

Durante la implementación del proyecto, el monitoreo permite que el proyecto u otra entidad, mida, calcule y reporte, de acuerdo con el plan de monitoreo validado, las

⁵ Un proyecto MDL forestal puede escoger un periodo de acreditación de 30 años no renovable, o de 20 años renovable hasta 2 veces (20, 40 o 60 años). En caso de renovación del periodo, se debe actualizar la línea base.

remociones de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles a las actividades del proyecto dentro y fuera de los límites del proyecto. Al momento de las verificaciones periódicas, una entidad externa al proyecto (DOE), acreditada por la Junta Ejecutiva del MDL diferente a la que validó el proyecto, verifica las remociones y emisiones de GEI del proyecto. La entidad certifica ante la Junta Ejecutiva del MDL, las toneladas netas antropogénicas de gases de efecto invernadero reducidas o removidas por el proyecto. Una vez recibido y aprobado el informe de verificación, la Junta Ejecutiva del MDL emite los CER

Para un proponente de proyecto el ciclo de proyecto implica costos de transacción que se debe tener en cuenta al diseñar un proyecto MDL.

En la reunión 21 la Junta Ejecutiva del MDL decidió aprobar el denominado toolkit de adicionalidad aplicable a proyectos de forestación y reforestación, en el cual se describen los pasos a seguir para demostrar la adicionalidad de la actividad de proyecto, estos pasos son los siguientes:

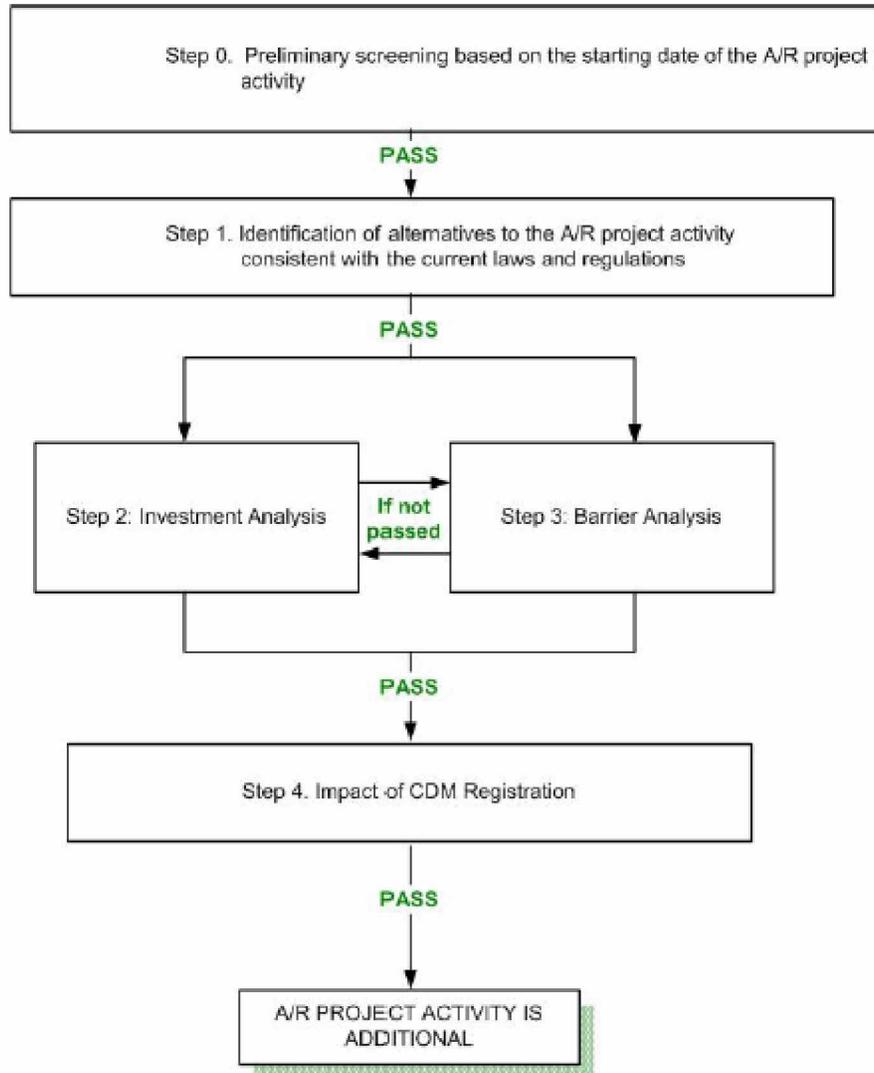


Fig. 3. Tool de Adicionalidad (CDM EB 2005)

4. Sitio de estudio

4.1. Panamá

Panamá está ubicada en el extremo sur de Centroamérica, limitando al noroeste con Costa Rica y al sureste con Colombia, en la zona intertropical próxima al Ecuador terrestre, entre las latitudes 7°11' Norte y 9°39' Norte y entre las longitudes 77° 10' Oeste y 83° 03' Oeste.

Es una franja de tierra angosta orientada de Este a Oeste y bañada en sus costas por el mar Caribe y el océano Pacífico (Ver Figura 5). Cuenta con una superficie total de 75.517 km² y una población de aproximadamente 2.8 millones de habitantes, según lo indica el censo del 14 de mayo de 2000.

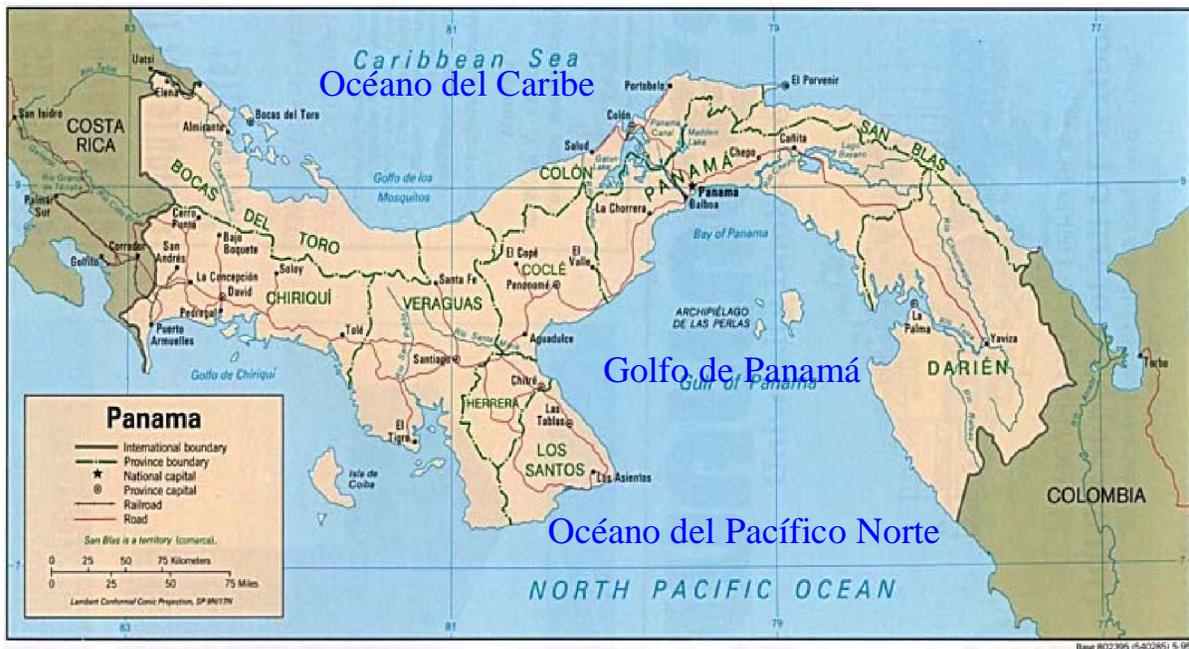


Figura 4. Ubicación del área de estudio

4.2. Descripción física

A continuación se presentan las características de clima y suelo de Panamá concordantes con los requerimientos de la teca.

4.2.1. Clima

Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para Panamá tiene particular importancia: la zona de convergencia intertropical, la cual se mueve siguiendo el movimiento aparente del sol a través del año. Esta migración norte-sur de la zona de convergencia produce las dos estaciones (seca y lluviosa) características de la mayor parte del territorio (ETESA 2006).

La estación seca (diciembre – abril), tienen una precipitación promedio de 248 mm; y la estación lluviosa (mayo – noviembre), con un promedio de 2.363 mm. La temperatura varía de 22,6° C – 28,5 ° C. La humedad relativa supera el 60% y alcanza los valores máximos entre los meses de junio – noviembre (ETESA 2006). A continuación se presenta una tabla resumen con las características climáticas principales consistentes en tres zonas.

Tabla 1. Resumen de las características climáticas de Panamá

| Características climáticas de Panamá | | | |
|---|--|-------------------------------|---------------------------------------|
| Tipo de clima | Localización | Temperatura media (°C) | Precipitación media anual (mm) |
| Tropical húmedo y muy húmedo | Llanuras costeras y colinas del Atlántico y Pacífico entre 0 y 700 m | Entre 28 y 34 | Entre 2.600 y 5.500 |
| Templado húmedo y muy húmedo | Cordillera Central, Serranías y Cadena Occidental de Azuero, entre 700 y 3.475 m | Entre 18 y 20 | Entre 4.000 y 7.000 |
| Tropical Seco | Península de Azuero | Entre 28 y 34 | Entre 1.000 y 1.500 |

Fuente: FAO (2000)

4.2.2. Suelo

Según los estudios presentados por el IDIAP (2006) dentro del proyecto “Zonificación de los suelos de Panamá por nutrientes”, los suelos de Panamá son predominantemente ácidos y éstos se encuentran en las zonas de mayor volumen de precipitación (3.500 mm o más); las zonas con menor fertilidad por su bajo contenido de calcio y magnesio, y alto contenido de aluminio, son las de las comarcas Gnobé Buglé y parte de las provincias de Chiriquí y Veraguas.

En los suelos de Panamá, el tipo de arcilla predominante es la Caolinita que es fijadora de fósforo. En gran parte de los suelos panameños se retienen más del 60% del fosfato que se aplica con los fertilizantes, por lo cual se debe prestar atención a las indicaciones técnicas para realizar un buen manejo de este elemento (IDIAP 2006).

Según el estudio presentado por el IDIAP (2006), las zonas de Coclé, Los Santos, Herrera constituyen las zonas de menor precipitación (1.000 a 1.300 mm/año) y en algunas áreas de las provincias de Chiriquí y Veraguas, donde se concentran la mayor zona agrícola de Panamá y donde se tienen suelos con poca acidez, con un nivel bajo de saturación de Aluminio, además de contar con una menor cantidad de nutrientes (Calcio, Magnesio y Potasio). En la zona de Darién, zona geológicamente diferenciada del resto de Panamá, se tienen suelos con mejor fertilidad.

La textura de los suelos se presenta muy variada en todo Panamá. La mayor parte de Darién, parte de Colón, Panamá, Coclé y Los Santos presentan suelos franco arcilloso; mientras que en Chiriquí y Bocas del Toro presentan suelos franco arenosos.

Los mejores suelos para la teca en Panamá se presentan en las zonas noreste de Panamá, que es la zona de la provincia de Darién, debido a que sus suelos presentan poca a neutra acidez, presentan suelos francos a franco arcillosos y también buena fertilidad.

4.3. Situación actual de las plantaciones en Panamá

4.3.1. Deforestación en Panamá

El país tiene una extensión de 7.7 millones de ha, de los cuales el 30% está bajo uso agropecuario. Existen 3.3 millones de ha con cobertura boscosa, de los cuales 2 millones son protectores y el resto productores. La deforestación es de 70.000 ha/año.

El proceso de deforestación se inicia principalmente con el acaparamiento de tierra boscosa por agricultores, ganaderos y especuladores de tierra y en menor grado el desarrollo de actividades acuícola y el aprovechamiento forestal.

La situación de la cobertura boscosa hasta 1992 y el área deforestada por provincia puede apreciarse en la siguiente tabla.

Según estudios actuales presentados por la ANAM se puede observar en la siguiente tabla de cobertura boscosa de 1992 a 2000.

Tabla 2. Área deforestada en Panamá por provincia de 1992 a 2000

| Provincia/Comarca | Superficie boscosa 1992 (km ²) | Superficie boscosa 2000 (km ²) | Área deforestada (%) |
|------------------------|--|--|----------------------|
| Bocas del Toro | 3.523 | 3.422 | 2,86 |
| Coclé | 691,15 | 654,22 | 5,34 |
| Colón | 2.844,72 | 2.606,26 | 8,38 |
| Chiriquí | 1.049,41 | 1.211,12 | - |
| Darién | 9.907,37 | 8.531,25 | 13,88 |
| Herrera | 102,25 | 93,21 | 8,84 |
| Los Santos | 212,3 | 279,71 | - |
| Panamá | 5.670,53 | 4.978,32 | 12,20 |
| Veraguas | 3.019,05 | 2.830,53 | 6,24 |
| Comarca San Blas | 2.155,64 | 2.123,42 | 1,49 |
| Comarca Emberá Wounaan | 4.018,92 | 3.976,14 | 1,06 |
| Comarca Ngöbe Buglé | 3.757,75 | 2.939,82 | 21,77 |
| TOTAL | 36.951,6 | 33.645,91 | 8,95 |

Fuente: ANAM (2003)

4.3.2. Incentivos fiscales para la producción de madera en Panamá

La República de Panamá demanda un consumo de entre 70-90 mil m³ anuales de madera. Esta demanda sumado a la expansión de la frontera agrícola, condujo a una reducción importante de los bosques existentes, por estas circunstancias surge la necesidad de promover y establecer programas de reforestación, para dar respuesta, no solo al aspecto ambiental sino también a la necesidad de abastecimiento de madera a la demanda futura y a la creación de puestos de trabajo al medio rural (ANAM 2006)

En 1992, el Ministerio de Economía y Finanzas crea la Ley 24 de 1992 y su respectivo Decreto ejecutivo 89 del 8 de junio de 1993 que la reglamenta, con la cual se establecen las bases para la reforestación en Panamá.

Según Meijerink (1997), “los incentivos son instrumentos de política, que posiblemente involucren transferencias temporales de fondos públicos a entidades privadas, los que motivarán y estimularán a través de la creación de un ambiente atractivo a agentes que

busquen cierto comportamiento (por ejemplo, el caso de manejo de plantaciones forestales sostenibles y crecimiento de árboles) que será beneficioso desde el punto de vista de la sociedad”.

Los incentivos para el caso de Panamá consistieron en exonerar una serie de impuestos, tales como: el impuesto a la renta, y de la tierra, y costos involucrados en el establecimiento de una plantación forestal, así como: compra de maquinarias, materiales, herramientas, agroquímicos, equipos de investigación, entre otros. Siendo el del impuesto a la renta el más importante consistente en el 30% sobre los beneficios brutos de la venta de madera.

Dichas exoneraciones aceleraron inicialmente el interés de empresas privadas en invertir en el establecimiento de plantaciones forestales, y con el auge de la demanda asiática de la teca, esta especie fue la preferida comercialmente.

Con esta Ley de incentivos a la reforestación se observa un importante incremento de la superficie reforestada a partir de 1993, teniendo unos picos en los años 1997-1998, a partir de 2001 comienza a disminuir la tasa de reforestación (Fig.4).

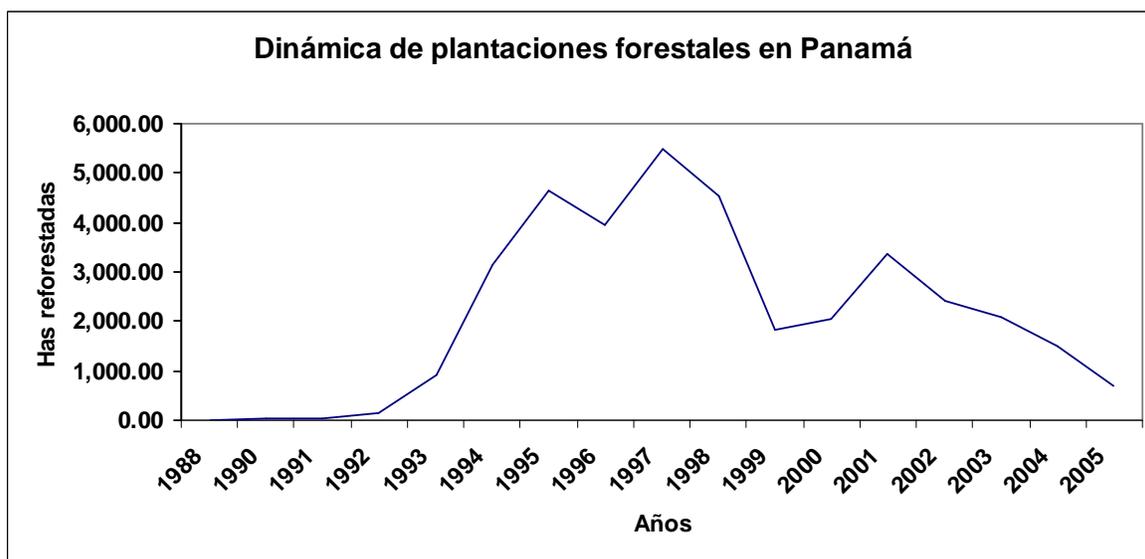


Figura 5. Plantaciones forestales en Panamá

Fuente: Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, ANAM 2006

En la figura 6 se muestra la tendencia creciente de la plantación de teca, a partir de la implementación de la Ley 24 de 1992 alcanzando su pico máximo en el año 1996 y en el 2002 (ver Fig. 5).

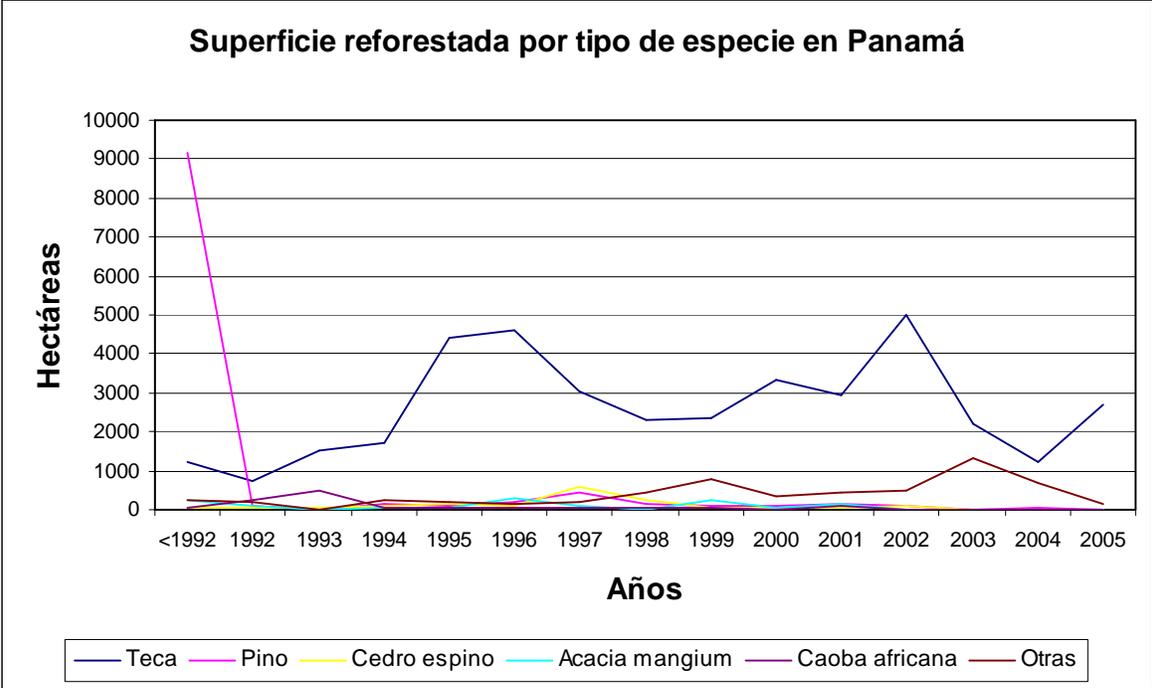


Figura 6. Superficie reforestada por tipo de especie en Panamá del año 1992 al 2005
Fuente: Registro forestal de la ANAM, 2006.

La ANAM con su Departamento de Registro de Plantaciones presentaron un mapa de la distribución de la superficie reforestada desde 1988 hasta el 2001 por corregimiento, con plantaciones de 1 hectárea hasta 5000 hectáreas de extensión, donde se puede observar que las plantaciones con mayor extensión se encuentran en los alrededores de Panamá centro y Darién (ver Anexo 2).

En el Registro forestal se recopiló datos acerca de las empresas anteriormente adheridas al sistema de incentivos fiscales (de los Informes técnico – financieros presentados por las mismas), para tener un estimativo de la cantidad de empresas que están trabajando con la especie teca, así como, los sitios donde se encuentran sus plantaciones para de este modo poder tipificarlos por cantidad de hectáreas reforestadas. Además de esto, sirvió también para investigar los costos en cuanto a establecimiento y manejo, así como de los datos históricos técnicos de sus plantaciones. Esta tipificación consistió en clasificar a las plantaciones por hectáreas reforestadas (ver tabla 3).

Tabla 3. Tipificación de plantaciones de teca en Panamá

| Clases | Rangos (ha) |
|-----------|-------------|
| Pequeña | 5 – 50 |
| Mediana | 50 – 300 |
| Grande | 300 – 800 |
| Comercial | 800 – 3000 |

Para simplificar la cantidad de empresas forestales de acuerdo a la tipificación establecida, se procedió a elaborar la siguiente figura que resume cuáles tipos de plantaciones de teca son las más comunes en Panamá, los cuales están clasificados por provincias. No se consideraron las plantaciones con menos de 5 hectáreas y tampoco las de más de 3.000 hectáreas, dado que no existe información referente a estos tipos de plantaciones.

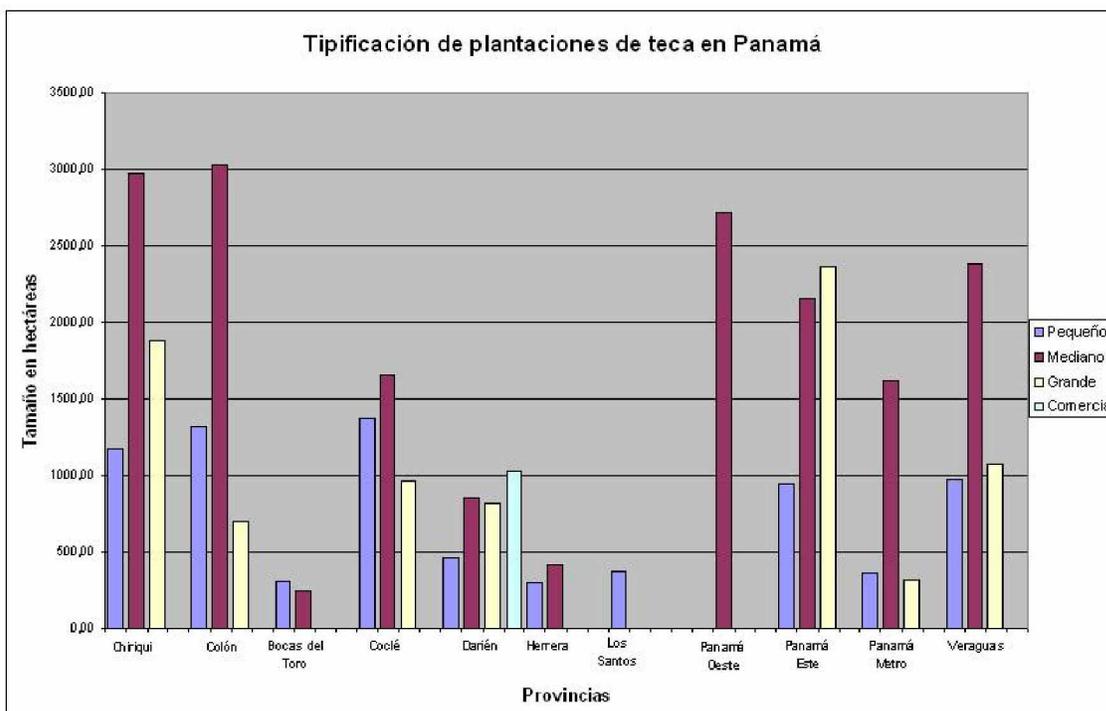


Figura 7. Tipificación de plantaciones de teca por provincias en Panamá, con base en la clasificación realizada por ha reforestadas

Como puede observarse en la figura 7, la mayoría de las fincas poseen plantaciones medianas, y solamente la provincia de Darién cuenta con plantaciones comerciales, que corresponde a la tipificación de mayor tamaño.

Para algunos proyectos MDL, especialmente de pequeña escala⁶, la realización de las diferentes etapas del ciclo del proyecto, que van desde el diseño hasta la certificación del mismo, implican gastos significativos para desarrollar el proyecto. Algunos estudios como el presentado por Locatelli y Pedroni (2004), demostraron con base en modelos que bajo el precio corriente del carbono y el promedio de los costos de transacción, entre otros, los proyectos con un área de menos de 500 hectáreas estarían excluidas de proyectos MDL debido a que no podrán cubrir los costos de transacción del ciclo del proyecto.

4.3.3. La Teca (*Tectona grandis* L.f.)

a. Descripción de la especie

La teca es una de las especies más utilizadas en la reforestación de las zonas tropicales (Bhat 2000). La especie se introdujo en América Central, en Panamá en 1926 con semilla procedente de Sri Lanka, de esta procedencia se enviaron semillas a la mayoría de países de América Central y el Caribe.

Los requerimientos de la teca para lograr un buen crecimiento y una alta calidad requiere de suelos francos, bien drenados, ricos en calcio; una temperatura anual media de 22 - 27° C; y una precipitación anual de 2.000 - 3.000 milímetros con una marcada estación seca de tres a cinco meses con un máximo de 60 milímetros de lluvia. Los lugares cuyas condiciones son muy secas usualmente producen un crecimiento atrofiado. En los sitios donde no se da esta marcada estación seca se puede obtener un crecimiento más rápido pero también producen una madera con una savia más espesa y una calidad general más baja, lo que incluye una densidad promedio menor, un color menos atractivo, una textura inferior y una madera menos fuerte (Bosques Naturales Tropicales 2006).

⁶ Los proyectos de pequeña escala fueron definidos como aquellos que resulten en una captura antropogénica neta de GEI de menos de 8,000 toneladas de CO₂e al año y sean desarrollados por comunidades e individuos de bajos recursos (Guzmán, Laguna y Martínez 2005).

Una de las más importantes propiedades físico – químicas del suelo para la teca es la reacción del suelo (pH). La teca presenta un crecimiento pobre cuando el pH (CaCl₂) es menor a 4,3 y se considera que un pH mayor a 6 es adecuado para el crecimiento normal del árbol (Zech y Drechsel 1991).

b. Duración de la rotación de la teca

La teca es una especie de rápido crecimiento, principalmente en los países más cercanos a la línea ecuatorial, donde las rotaciones se reducen a 20 años. Sin embargo, las rotaciones tradicionales en el Asia, de donde proviene originalmente la teca, las rotaciones alcanzan hasta 80 años de duración (ver Tabla 4).

Tabla 4. Situación actual de plantaciones de teca de algunos de los principales países productores

| País | Espaciamiento inicial (m) | Rotación tradicional (años) | IMA (m ³ /ha/año) |
|-------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| India | 1.8 x 1.8, 2 x 2, 2.5 x 2.5, 3.6 x 2.7/ 3.6 | 50–80 | 2–7 |
| Tailandia | 2 x 4, 4 x 4 | 40–60 | 13.52 |
| Costa Rica | | 25–28 | 10–13 |
| Trinidad y Tobago | 2.1 x 2.1 | 50 | 4–8 |
| Panamá | 3 x 3 | 20 - 25 | 10–13 |

Las rotaciones varían bastante con base en la calidad de sitio, es decir, para una calidad de sitio buena las rotaciones son más cortas y para sitios de calidad baja, las rotaciones generalmente son prolongadas (Pérez y Kanninen 2004).

c. Crecimiento y productividad de la Teca

Existen diferencias marcadas en crecimiento, como consecuencia de las diversas calidades de sitio, edad y densidad de plantación como puede observarse en la Tabla 5. En general, se reporta un Incremento Medio Anual que varía entre 10 y 25 m³/ha/año (Fonseca 2004). Existen una gran cantidad de tablas de crecimiento para teca a nivel

mundial, todas tienen como característica que el Incremento Medio Anual (IMA) máximo se alcanza entre los 6 y 20 años.

En la India se han logrado IMA de 2,5m³/ha/año en rotaciones de 70 años, entre 8 y 11 m³/ha/año en Benin y Costa de Marfil con una edad entre los 6 y 20 años. Para Costa Rica se da cifras de 6,9 m³/ha/año con una rotación de 40 años (Fonseca 2004).

Tabla 5. Rango de crecimiento para Costa Rica. (Fuente: Fonseca 2004)

| Clase | IMA dap (cm./año) | IMA altura (m/año) | IMA altura dominante (m/año) | Área basal (m ² /ha) | IMA Vol. m ³ /ha/año |
|-------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Alto | ≥ 2,0 | ≥ 2,0 | > 2,8 | ≥ 20,0 | ≥ 18,0 |
| Medio | 1,51 – 1,99 | 1,51 – 1,99 | > 1,7 -2,8 | 15,1 -19,9 | 12,1 – 17,9 |
| Bajo | ≤ 1,5 | ≤ 1,5 | < 1,7 | ≤ 15,0 | ≤ 12,0 |

En Panamá, Mollinedo *et. al* (2004) realizaron un estudio de calidad de sitio en la Cuenca del Canal de Panamá para poder orientar los futuros establecimientos de teca en ese país, en donde presentaron valores de crecimiento para calidad de sitios: alto, medio y bajo (Ver tabla 6).

Tabla 6. Promedio de valores por escenarios de crecimiento de teca en Panamá (Fuente: Mollinedo *et. al*, 2004)

| Crecimiento | Índice de sitio (m) | IMA prom. Altura Total (m/año) | IMA prom. DAP (cm/año) | IMA prom. Área Basal (m ² /ha/año) | IMA prom. Vol. Total (m ³ /ha/año) |
|-------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---|---|
| Alto | 17,14 | 3,72 | 3,67 | 0,95 | 11,93 |
| Medio | 15,38 | 2,73 | 2,77 | 0,70 | 7,06 |
| Bajo | 13,43 | 1,81 | 1,99 | 0,47 | 3,44 |

d. Calidad e índice de sitio

La capacidad productiva de un determinado lugar se conoce como calidad de sitio, donde “sitio” está definido por un complejo de factores bióticos y abióticos, y su “calidad” es el resultado de la interacción de los factores ambientales (suelo, clima, entre otros) y la vegetación existente (Vásquez y Ugalde 1996). Carmean (1975) divide los métodos para

clasificar la calidad de sitio en métodos directos y métodos indirectos. En los primeros, la calidad de sitio es estimada en función de datos históricos de rendimiento en volumen, crecimiento en altura dominante (índice de sitio) o crecimiento entre nudos, por lo tanto, estos métodos se utilizan para clasificar sitios con plantaciones ya establecidas. Cuando se desean clasificar sitios donde aún no han sido establecidas plantaciones, se utilizan los métodos indirectos, los cuales utilizan relaciones entre especies, características del sotobosque o factores edáficos, topográficos y climáticos.

Según Alfaro (1983), se entiende por índice de sitio a “la estimación de la altura que los árboles dominantes (100 árboles más altos por ha) de una plantación coetánea alcanzan a una edad en particular, denominada como edad base”. Las plantaciones se estratifican en un número reducido de clases de sitios, para presentarlo de una manera más clara y práctica. Por ejemplo, Vásquez y Ugalde (1995) presentan tres clases (ver Tabla 7).

Tabla 7. Clases de sitios para plantaciones forestales (Fuente: Vásquez y Ugalde, 1995)

| Clase de Sitio | Descripción |
|----------------|--|
| ALTO | Agrupación de plantaciones con el mejor crecimiento, superior al promedio, sitios con mayor potencial económico |
| MEDIO | Sitios buenos, alrededor del promedio, con manejo apropiado tendrían buenas posibilidades de ser rentables |
| BAJO | Sitios por debajo del promedio, considerados como marginales, difícilmente rentables que no deberían ser recomendados para ser plantados |

4.3.4. El mercado de la teca en Panamá

a. Mercado actual

Actualmente, Panamá consume muy poca teca de sus plantaciones. En su mayoría, se exporta en forma de troncos o bloques (troncos que se convierten de la forma redonda a una pieza de dos o cuatro lados). Según ANARAP (2006), la venta de las exportaciones aumentó rápidamente, desde 2 millones de USD en 1998 hasta más de 4 millones de USD en el 2005.

India recibe el 98% de la teca exportada de Panamá (ANARAP 2006). El mercado de exportación de madera rolliza y joven de la teca en Panamá es a la India, mientras que para madera de cosechas finales, se exporta a Estados Unidos atendiendo más a la calidad (ANARAP 2006).

Actualmente todas las exportaciones a India consisten en troncos redondos o bloques de semi - valor agregado. Los bloques se hacen serruchando los troncos por dos o cuatro lados para formar cuadrados y rectángulos. Los troncos y bloques se convierten en madera utilizable en India. Esta madera se usa para hacer marcos, muebles, puertas, paneles y molduras que se consumen en ese país. Existen dos modalidades para la venta de madera en Panamá: compra de plantación y compra en patio de acopio. Indistintamente, para estas modalidades existen costos a que se incurren antes de la venta (ver Tabla 8).

Tabla 8. Costos de carga y transporte de madera hasta el puerto (Fuente: Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, ANAM 2006)

| Costos de carga y transporte de madera | USD/pie tablar |
|---|----------------|
| Tala de árboles | 0,01 |
| Carga y transporte al patio de acopio en carretera, utilizando cuadrilla de tres personas | 0,03 |
| Medición y carga del contenedor | 0,03 |
| Transporte | 0,09 – 0,12 |

En la actualidad, no existe en Panamá una acopiadora central en la cual se pueda depositar los rollizos de teca para su comercialización, por lo tanto, cada empresa debe correr con costos de transporte hasta el puerto en Colón para su exportación, además de los restantes costos de tala y acarreo de la madera.

En Panamá se manejan dos tipos de camiones contenedores: los de 20 pies y los de 40 pies. De los cargues que se realizan en contenedores de 20 pies *reforzados* (30.000 kg), la capacidad volumétrica es de 18 - 24 m³ dependiendo de la estiba, corte y/o acomodo de la madera y en los contenedores de 40 *Heavy Duty* (26.000 kg) es de 12 - 14 m³, para ambos la cantidad de madera estará determinada por el tamaño de las piezas. El de 20 pies se puede llenar a su máxima capacidad, pero el de 40 no, por el peso de la madera (pesaje en los puertos, hay que descargar la madera y se puede perder la mercancía) el

valor agregado en piezas semi-cuadradas es más alto y se aprovecha la capacidad del contenedor, además el flete del de 20 pies es más económico, pero la desventaja es que se necesitaría un flujo constante de madera para compensar los costos de transporte hasta el puerto en Colón. El costo del operación de estos contenedores es de aproximadamente USD 1 por kilómetro (ANAM 2006).

b. Estado de la industria de plantaciones en Panamá

La industria de transformación de la madera se localiza en los alrededores de Ciudad de Panamá. De acuerdo con informes de ANAM, existen 31 aserraderos, dos plantas de contrachapado y 361 talleres de ebanistería que junto con las actividades de extracción se estima que generan más de 5.500 empleos (Unidad de Economía Ambiental, ANAM 2006).

Panamá no cuenta con un sector manufacturero grande de productos de madera, pero algunos fabricantes han estado investigando productos que podrían desarrollarse con teca joven de plantaciones locales. Aunque todavía no se ha colocado en el mercado ningún producto, las muestras han recibido respuestas positivas de compradores en los mercados consumidores (Gómez 2006).

Hay muy pocos individuos o compañías profesionales que trabajan en la fabricación de productos de madera, que se hayan capacitado formalmente o mediante la experiencia práctica. Además, el volumen de teca de plantación que está en manos de una persona o compañía es limitado. La industria está conformada por muchos pequeños inversionistas individuales que no son profesionales en productos forestales (Gómez 2006).

5. METODOLOGÍA

5.1. Enfoque del estudio

5.1.1. Cómo evaluar el potencial del MDL

Para evaluar el potencial del MDL se necesitan de dos condiciones principales: la adicionalidad y las tierras Kyoto.

Según la herramienta de adicionalidad sugerida por la Junta Ejecutiva del MDL, la adicionalidad se puede demostrar de dos maneras. La primera utiliza un enfoque de barreras y muestra que: (1) existen barreras (sociales, culturales, tecnológicas, de inversión, etc.) a la implementación del proyecto forestal, (2) el MDL puede remover estas barreras. La segunda utiliza un enfoque financiero. El análisis financiero debe mostrar que: (1) el proyecto forestal (sin MDL) es menos rentable que las alternativas de uso del suelo, (2) el MDL aumenta la rentabilidad del proyecto hasta volverlo posible.

Este estudio se centrará en el enfoque financiero de demostración de la adicionalidad. Con indicadores como el VAN y el VET y comparaciones con el valor de la tierra, se buscará representar la rentabilidad de las plantaciones con y sin MDL. Si el proyecto forestal no es rentable sin el MDL y es rentable con el MDL, se podrá considerar adicional.

Además de este análisis se deberá tener en cuenta la condición de que estas zonas adicionales se encuentren en las llamadas tierras Kyoto, concepto ya explicado anteriormente.

5.1.2. Justificación de la selección de la teca como especie representativa

Para la elaboración de este trabajo se seleccionó a la especie teca representativa de las plantaciones forestales de Panamá, la cual se utilizó para la elaboración del modelo de crecimiento. Según el informe presentado por el Registro forestal de la ANAM de 1988 hasta el 2004 las plantaciones de teca representan el 76% del total de las plantaciones forestales de Panamá.

La teca es actualmente la especie que más impacta en el mercado forestal panameño debido a su rápido crecimiento, su solidez (resistente a parásitos y hongos, ideal para permanecer a la intemperie en forma duradera, apta incluso para estar en contacto con agua salada) y sus cualidades estéticas, siendo por estas razones la madera que más se demanda, principalmente del mercado asiático y norteamericano.

5.1.3. Principio del análisis financiero

Para el análisis financiero de la adicionalidad se debe desarrollar una ecuación general. Esta ecuación general se utilizará para representar la rentabilidad de las plantaciones por corregimiento a través del indicador Valor Esperado de la Tierra (VET).

El VET se compara con el precio de mercado de la tierra con el cual se asume un *Proxy* del VET del mejor uso de la tierra sin considerar especulación.

El VET es el valor capitalizado de una serie infinita de ciclos de producción. Es un indicador del valor que se puede pagar por la tierra sola (sin ninguna actividad productiva), para dedicarla a plantaciones en este caso, por un número infinito de ciclos de aprovechamiento, y obtener un rendimiento financiero mínimo, equivalente a la tasa de descuento utilizada en el análisis. En otras palabras, es un indicador del valor máximo que se puede pagar por la tierra, para determinado uso.

$$VET = \frac{VAN * (1 + \partial)^t}{((1 + \partial)^t - 1)}$$

Donde:

VET es el Valor esperado de la tierra para el proyecto

VAN es el Valor Actual Neto que refleja la suma de los beneficios netos actualizados menos los costos actualizados a una tasa de descuento dada;

∂ es la tasa de descuento; y

t es el tiempo de rotación de la plantación de teca

Para comparar el VET con el precio de mercado de la tierra, se utilizó el indicador de rentabilidad:

$$R = \frac{VET - Valortierra}{Valortierra}$$

Donde,

R es la Rentabilidad

VET es el Valor esperado de la tierra para el proyecto

Valor tierra es el valor corriente de la tierra en el mercado

Se supone que existe rentabilidad cuando: $R > 0$.

a. Descripción de la estructura de costos/beneficios para el análisis financiero

La estructura financiera de costos/beneficios permitió establecer ecuaciones del VET para cada calidad de sitio (ver Fig. 7 y Anexo 1).

El VAN o el VET de un proyecto depende de varios factores:

- de la escala (área). Por ejemplo, la venta de madera es proporcional al área
- de la escala (A) y la distancia (D). Por ejemplo, los costos de transporte dependen de la cantidad de madera (proporcional a A) y de la distancia hasta el puerto de referencia (D).
- de la escala (A) y los impuestos (I). Los impuestos son proporcionales a A e I (I es un valor *dummy* 0 o 1 que indica si se pagan o no impuestos).
- de la escala (A) y el MDL (M). Por ejemplo, la venta de créditos de carbono es proporcional a la escala del proyecto (A) y al acceso al MDL (M es un valor *dummy* 0 o 1 que indica si es un proyecto MDL).
- del MDL (M). Por ejemplo, los costos fijos de transacción del MDL (M) dependen de si el proyecto accede al MDL (M), pero no dependen de la escala del proyecto (A).
- Se suponen que no hay costos forestales fijos (por ejemplo, los costos de administración se consideran proporcionales al área).

Por lo tanto,

$$VET = \alpha_1 A + \alpha_2 AD + \alpha_3 AI + \alpha_4 AM + \alpha_5 M$$

$$\frac{VET}{ha} = \alpha_1 + \alpha_2 D + \alpha_3 I + \alpha_4 M + \alpha_5 \frac{M}{A}$$

α_1 , incluye:

- Beneficios de la venta de madera por hectárea.
- Costos de producción por hectárea
- Costos de transporte por hectárea independientes de la distancia

Se calculó mediante hoja de cálculo Excel el beneficio del producto por hectárea, lo cual se obtuvo del precio de la teca por la cantidad de productos en m³/ha. Luego, se dedujo los costos de transporte por hectárea, que se obtuvo mediante el cálculo de la cantidad de productos (m³/ha) por los costos independientes de la distancia. Se calculó el VET equivalente a los beneficios del producto por hectárea menos los costos de transporte por hectárea y los costos de producción por hectárea.

α_2 es el VET correspondiente a los costos de transporte de una hectárea. El costo de transporte por hectárea y kilómetro se dedujo mediante el cálculo de la cantidad de productos (m³/ha) por el costo de transporte por kilómetro.

α_3 es el VET correspondiente al impuesto de la renta por hectárea. Se calculó como el 30% del beneficio del producto por hectárea, el cual se obtuvo del resultado del precio de la teca por la cantidad de productos (m³/ha).

α_4 es el VET correspondiente a la venta de tCER en una hectárea. Se estimó de la venta de tCER en USD/ha, calculando la cantidad de tCER/ha y multiplicando por el precio de los mismos. Para eso se tuvo que calcular la cantidad de CO₂ por hectárea en cada año de la plantación.

α_5 es el VET correspondiente a los costos de transacción de un proyecto. Estos costos de transacción suponen los costos del diseño del proyecto, registro, validación, monitoreo y verificación, los cuales se obtuvieron mediante información secundaria.

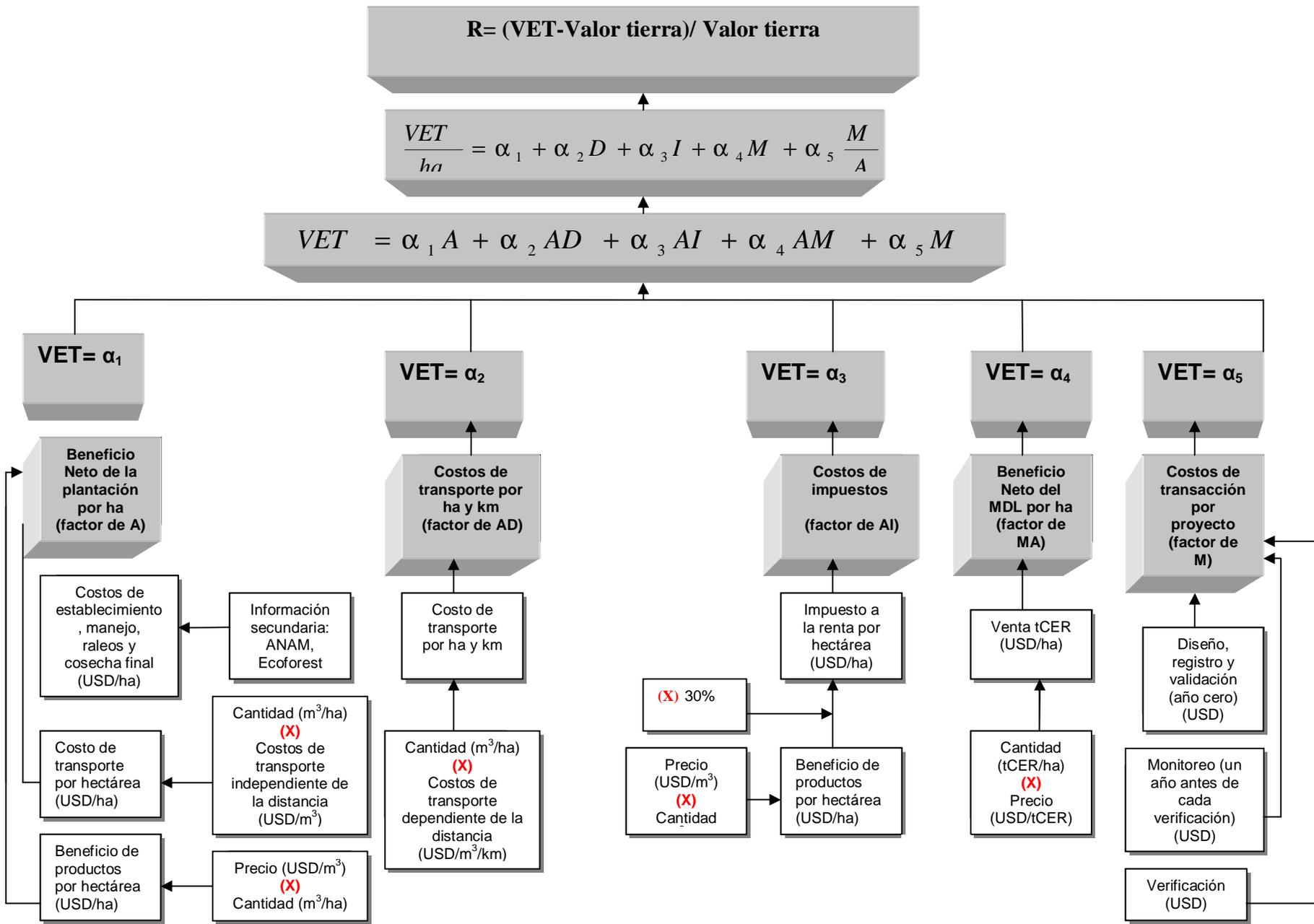


Figura 8. Esquema metodológico de la estructura de costos/beneficios

b. Método para calcular los beneficios del MDL

El siguiente gráfico describe los pasos a seguir para obtener la cantidad de carbono almacenado por hectárea en una plantación de teca.

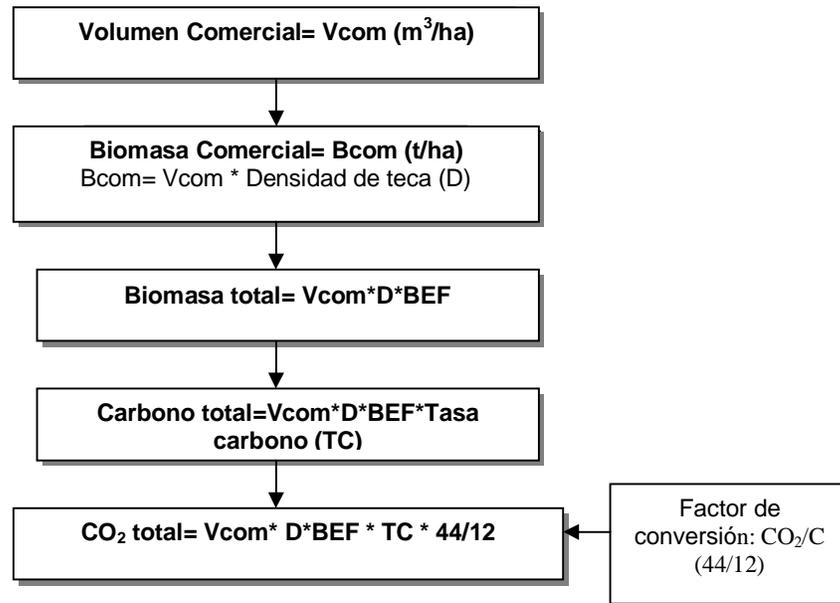


Figura 9. Esquema de cálculo del carbono almacenado en una hectárea de plantación

Para el trabajo se decidió utilizar los tCER porque son más fáciles de utilizar, ya que el tCER, una vez emitido, se mantiene válido hasta su fecha de expiración (5 años), aún si la remoción de GEI representadas por el tCER es contrarrestada.

La cantidad de tCER es igual a la cantidad de carbono acumulado por hectárea al momento de la verificación (cada 5 años).

El precio de los tCER fue calculado según la siguiente fórmula (Locatelli y Pedroni 2004):

$$tCER = CER_{t_1} - \frac{CER_{t_2}}{(1 + \delta)^{L(tCER)}}$$

Donde:

tCER: Es el precio de los créditos temporales;

CER: es el precio de los créditos permanentes; ahora (t_1) y cuando vence el tCER (t_2)

δ : es la tasa de descuento de un país industrializado; y

L (tCER): es el período de tiempo o caducidad de cada crédito que equivale a 5 años

Se calculó el precio de los tCER, utilizando dos tasas de descuento de países del Anexo 1 correspondientes a España y Canadá (0,67% y 1,37% respectivamente). Para el estudio se utilizó la tasa promedio de 1,02%.

5.1.4 Validación

Si el análisis financiero tiene un poder explicativo, la rentabilidad debería estar correlacionada con la tasa de plantaciones. El proceso de validación sirvió para confirmar la relevancia del análisis financiero, así como para ajustar los datos. Los datos fueron ajustados para aumentar la correlación entre la rentabilidad (variable explicativa) y la tasa de plantaciones (variable dependiente).

Para este análisis se tiene datos de plantaciones de 1988 hasta el 2004 proveídos por la ANAM, periodo en el cual habían incentivos para algunas de las plantaciones, que removían los impuestos ($I = 0$). Para cada provincia se conocen las áreas de cada calidad de sitio, y la distancia hasta el puerto. Con estos datos se aplica la fórmula del VET con $I = 0$, $M = 0$, teniendo en cuenta la distancia para cada calidad de sitio. Luego, se calcula un promedio ponderado del VET (la ponderación se elabora con las áreas por calidad de sitio) y dado que se conoce el valor tierra en la provincia se calcula la rentabilidad.

La validación de los datos se realizó mediante correlación entre varias opciones de valores de rentabilidad y varias opciones de valores de tasas de plantaciones para obtener el mayor grado de correlación.

a. Variable explicativa

Se utilizaron 26 variables explicativas con base en los VET promedio y VET comparados con el valor tierra de las provincias de Panamá, y con variaciones de los datos de base.

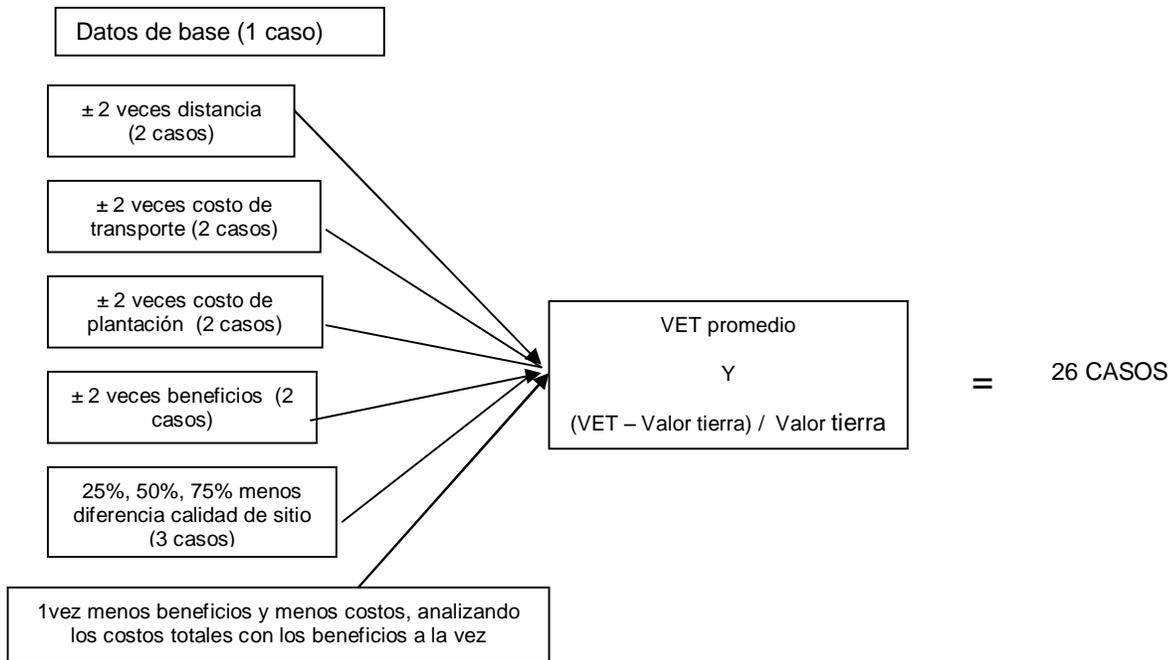


Figura 10. Variables de rentabilidad para el análisis de correlación.

b. Variables dependientes

La variable dependiente es la tasa de plantación, calculada como la razón entre un área de plantación y un área de referencia (ver ecuación)

$$TasaPlantación = \frac{ÁreaPlantación}{ÁreaReferencia}$$

Se consideraron 11 variables para el área de referencia.

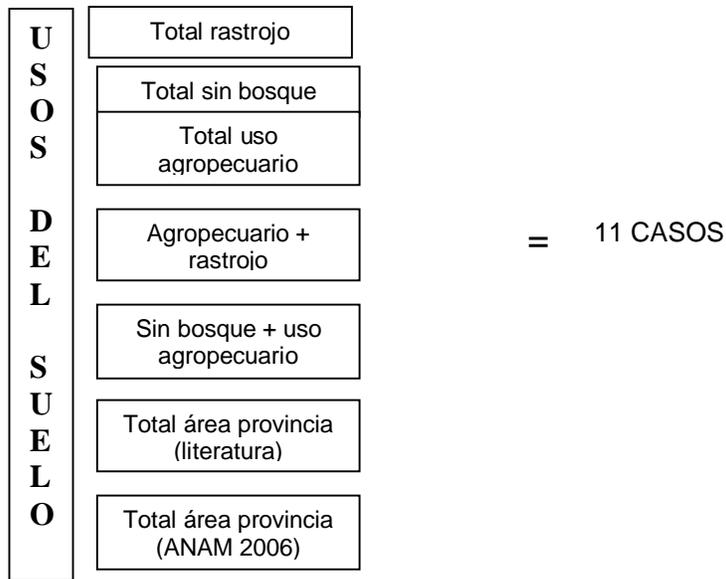


Figura 11. Área de referencia por provincias

Se consideraron 4 variables para las áreas de plantaciones

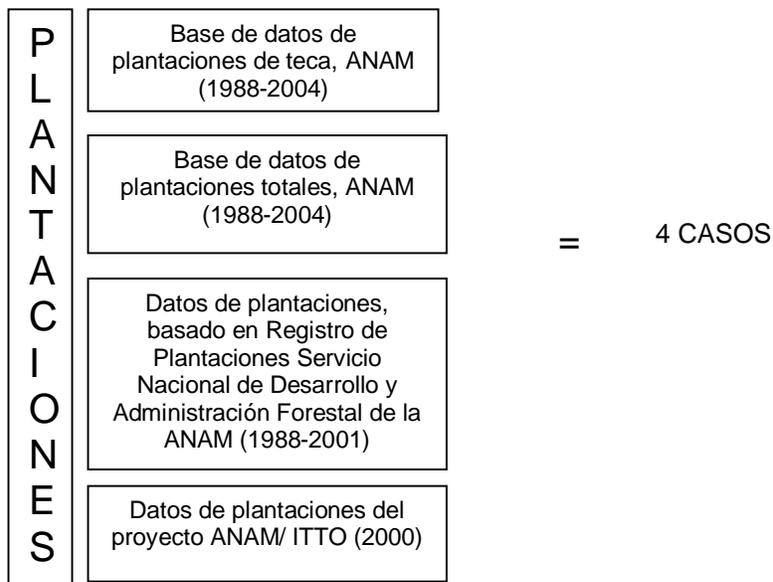


Figura 12. Área de plantaciones por provincias

Se calcularon 28 variables para la tasa de plantación. El análisis de correlación se aplicó a las 26 variables de rentabilidad y a las 28 variables de áreas de plantaciones, es decir, a 728 casos.

Se buscó la mejor correlación y, con base en la variable de rentabilidad que daba la mejor correlación, se ajustaron los datos utilizados en el análisis de rentabilidad.

5.1.5. Variables *fuzzy*

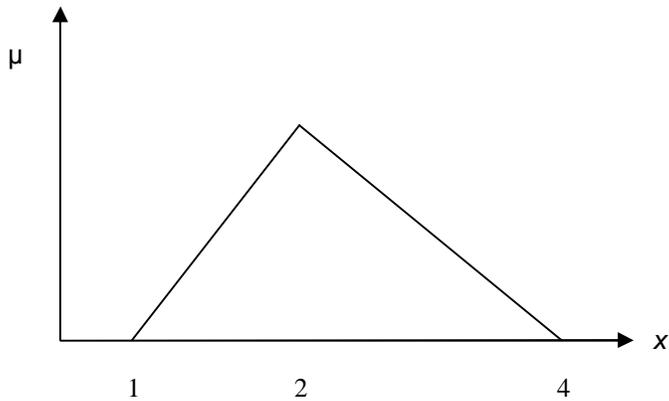
Se consideró que muchos valores de variables del cálculo del VET no pueden ser tomados como únicos, ya que presentan una variabilidad normal y que no la conocemos con certeza. Para representar dicha variabilidad e incluir la incertidumbre, se utilizó variables *fuzzy* (ver Tabla 25).

Tabla 9. Resumen de las variables *fuzzy* incluidas en el análisis

| Variables | <i>Fuzzy</i> | No <i>Fuzzy</i> |
|---------------------------|--------------|-----------------|
| Precio de teca | X | |
| Precio de Carbono | X | |
| Costos de producción | X | |
| Costos de transacción MDL | X | |
| Costos de Transporte | X | |
| Volúmenes | | X |
| Densidad de la madera | | X |
| BEF | | X |
| Tasa de carbono | | X |
| Tasa de CO ₂ | | X |
| Impuesto a la Renta | | X |

La lógica *fuzzy* es relativamente joven (Zadeh 1965), se presenta como un razonamiento aproximado más que preciso como es la lógica clásica que sólo admite dos valores: puede ser verdadera o falsa (0, 1). La teoría *fuzzy* permite utilizar variables con más de un valor posible. Además permite utilizar esta teoría en varios sistemas como el Sistema de Información Geográfica (SIG) en el cual se pueden ubicar las zonas, identificadas con colores por ejemplo, de los casos más posibles de rentabilidades más altas.

Se utilizaron para el estudio *fuzzy numbers* de tipo triangular, definidos por tres valores. La figura 12 muestra un ejemplo de representación del número *fuzzy*: $x = < 1, 2, 4 >$. La representación de la posibilidad μ dice que es imposible que x sea inferior a 1 o superior a 4 y el valor más posible de x es 2.



Donde,
 μ es el grado de posibilidad
 x son los números *fuzzy*

Figura 13. Ejemplo de una aplicación de *fuzzy numbers*

a. Álgebra con valores *fuzzy*

Con la técnica de los *fuzzy numbers*, se pueden realizar operaciones algebraicas, como adición, sustracción, multiplicación y división (Bede, 2006). Estas operaciones se resuelven con ecuaciones simples. Algunos ejemplos de estas operaciones algebraicas son presentados en figura 13.

Adición

$C = A + B$ es definido como:

$$C = \langle c_1, c_2, c_3 \rangle = \langle a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3 \rangle$$

e.g., $C = \langle 2, 4, 5 \rangle + \langle 1, 2, 3 \rangle = \langle 3, 6, 8 \rangle$

Sustracción

$C = A - B$ es definido como:

$$C = \langle c_1, c_2, c_3 \rangle = \langle a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 + b_1 \rangle$$

e.g., $C = \langle 2, 4, 5 \rangle - \langle 3, 2, 1 \rangle = \langle -1, 2, 4 \rangle$

Multiplicación

$C = A \times B$ es definido como:

$$C = \langle c_1, c_2, c_3 \rangle = \langle a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3 \rangle$$

e.g., $C = \langle 2, 4, 5 \rangle \times \langle 1, 2, 3 \rangle = \langle 2, 8, 15 \rangle$

División

$C = A / B$ es definido como:

$$C = \langle c_1, c_2, c_3 \rangle = \langle a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1 \rangle$$

e.g., $C = \langle 2, 4, 5 \rangle / \langle 1, 2, 3 \rangle = \langle 0.667, 2, 5 \rangle$

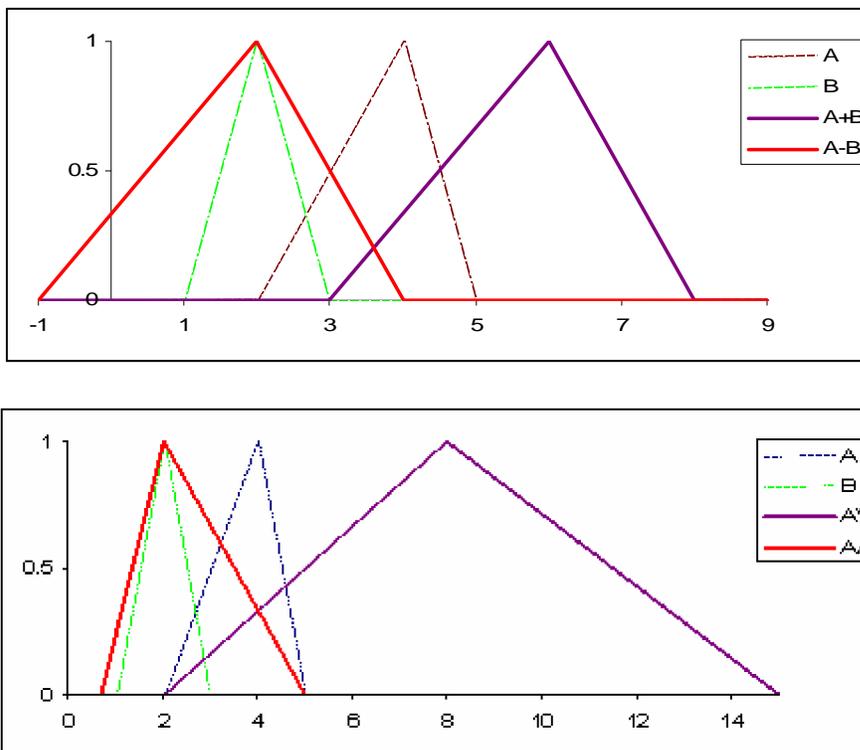


Figura 14. Ejemplo de aplicaciones de operaciones algebraicas mediante los *fuzzy numbers*.

Los coeficientes de la ecuaciones fueron *fuzzy* y se calcularon con parámetros *fuzzy* (datos 1 y 2 en la figura 15 como ejemplo). Aplicando el cálculo de rentabilidad, se obtiene un resultado *fuzzy* (ver Fig. 15), del cual se obtiene la posibilidad de que la rentabilidad sea mayor a cero.

$$\text{Posibilidad de que } R > 0 = \frac{\text{Área debajo de la curva en la zona de } R > 0}{\text{Área total debajo de la curva}}$$

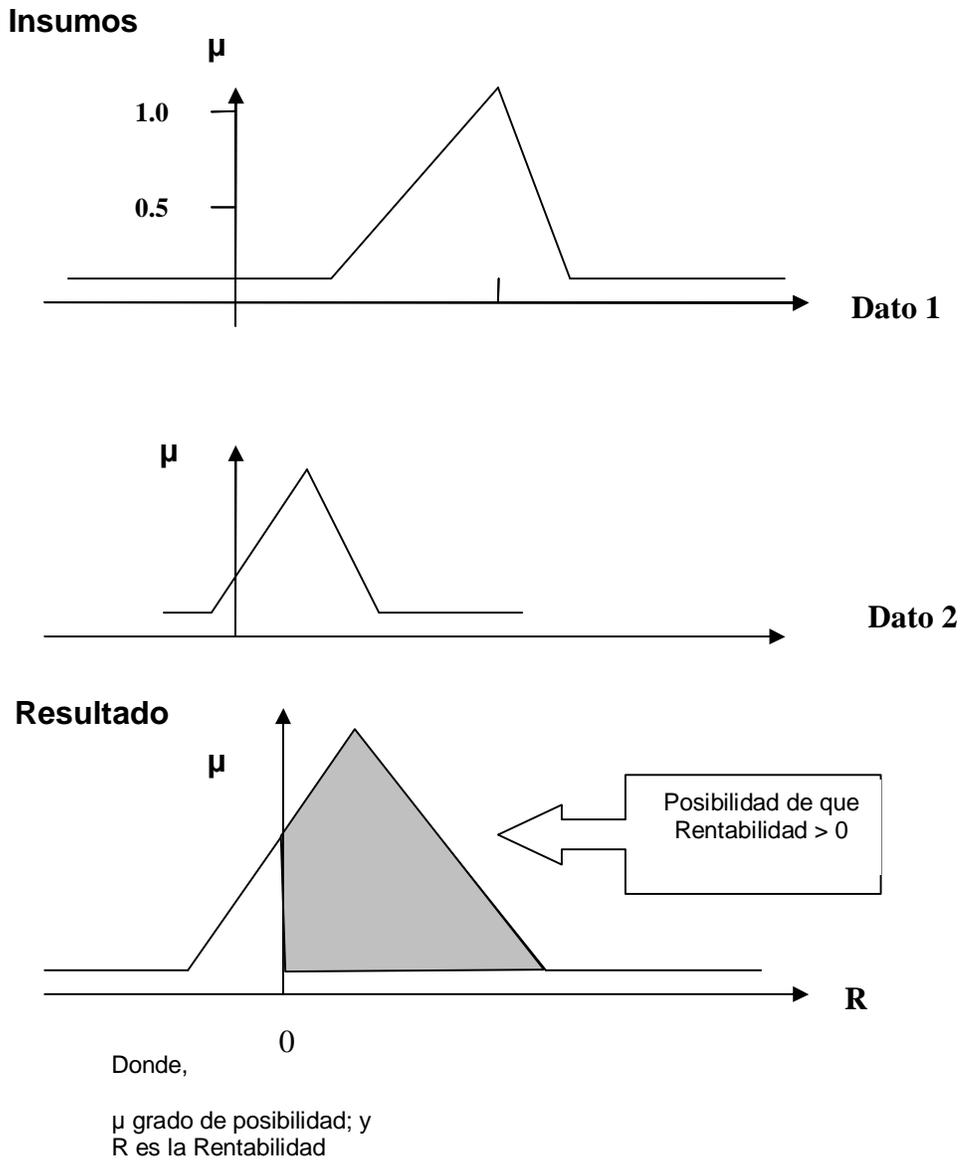


Figura 15. Ejemplo de una aplicación de la teoría *fuzzy numbers*.

Este análisis se realizó en hoja de cálculo Excel, calculando primeramente los valores *fuzzy* del VET para cada corregimiento y por calidad de sitio. Con estos valores *fuzzy* del VET se obtuvo la posibilidad de que la rentabilidad sea positiva o negativa por cada corregimiento.

b. Cálculo de la posibilidad de rentabilidad positiva

Para obtener la posibilidad de que la rentabilidad sea mayor a cero se analizó de la siguiente manera en hoja de cálculo Excel:

$X = \text{triangular number } (a, b, c).$

Donde:

a, valor MIN

b, valor Más posible

c, valor MAX

Si $a > 0$, posibilidad = 1

Si $c < 0$, posibilidad = 0

Si no =

Si $b > 0, p = 1 - a^2 / (a - b) / (a - c)$

Si $b < 0, p = c^2 / (c - a) / (c - b)$

En resumen:

Si $a > 0; 1; Si(c < 0; 0; Si(b > 0; 1 - a^2 / (a - b) / (a - c); c^2 / (c - a) / (c - b))$

Se mapearon las posibilidades de que las plantaciones sea rentables o no.

5.1.6. Aplicación de mapas sin MDL, con MDL, adicionalidad

Para identificar las zonas con más posibilidad de plantaciones adicionales para el MDL, se identificaron las áreas donde las plantaciones no son rentables sin el MDL y las áreas donde las plantaciones son rentables con el MDL (elementos del potencial del MDL).

Primero se identifican los corregimientos con menos rentabilidad en la plantación sin MDL. Para cada corregimiento se conoce la distancia hasta el puerto de referencia, las áreas de

cada calidad de sitio y el valor de la tierra. Se aplican las tres ecuaciones de VET/ha para cada calidad de sitio (con $M = 0$ e $I = 1$) para calcular el valor *fuzzy* de la rentabilidad para las tres calidades. Luego, se calcula la rentabilidad *fuzzy* promedio ponderado por las áreas de cada calidad de sitio. Del valor *fuzzy*, se calcula la posibilidad de que la rentabilidad sea menor a cero. Luego, se mapea el resultado.

Segundo se identifican los corregimientos con más rentabilidad de plantación con MDL. Se aplica el mismo procedimiento pero con MDL ($M=1$, $I=1$). Al final se mapea la posibilidad de que la rentabilidad sea mayor a cero.

Para identificar los corregimientos con más posibilidades de adicionalidad, se calcula para cada corregimiento la posibilidad de adicionalidad, con las fórmulas siguientes:

$$\text{Posibilidad(adicionalidad)} = \text{posibilidad}((\text{no_rentable_sin MDL}) \text{ y } (\text{rentable_conMDL}))$$

$$\text{Posibilidad(adicionalidad)} = \text{MIN}[\text{posib.}(\text{no_rentabilidad_sin MDL}), \text{posib.}(\text{rentabilidad_conMDL})]$$

Con los resultados se producen mapas de posibilidad de adicionalidad.

Finalmente, con el programa Infostat 2005p.1 se elabora, utilizando el estadístico Chi-cuadrado de Pearson (χ^2), la relación de dependencia de aquellas áreas con mayor potencial MDL con la calidad de sitio, la distancia hasta el puerto y con el valor de la tierra.

5.1.7. Mapa del potencial del MDL

Para la elaboración del mapa potencial del MDL (tierras Kyoto, más áreas adicionales), se utilizó el programa Arc View 3.3., donde se intersecaron las áreas adicionales con las tierras Kyoto, utilizando la extensión *Geoprocessing* del programa.

Primeramente, se elaboró el mapa de tierras Kyoto (ver Anexo 5) para representar la cantidad real de tierras Kyoto en cada corregimiento, para luego multiplicarlo por la adicionalidad de cada corregimiento y obtener el potencial del MDL por corregimiento.

5.2. Datos

5.2.1. Datos de crecimiento y CO₂

a. Rotación

Se asumen las edades de rotación de 15, 20 y 25 años para las calidades de sitio alta, media y baja respectivamente; suponiendo para esto que no se debería manejar turnos de rotación menores de 15 años, puesto que no se alcanzaría un DAP aceptable comercialmente; además, tampoco turnos de más de 25 años, puesto que los empresarios necesitan compensar los costos de establecimiento y costos de transacción invertidos en la plantación.

b. Densidad de árboles

La densidad de árboles es de 1.111 en el establecimiento.

c. Volumen comercial

Para calcular el volumen comercial se utilizaron las ecuaciones indicadas por Vallejo⁷ del Grupo Cambio Global del modelo de crecimiento para teca analizado en hoja de cálculo Excel.

$$Hd = 3,187143 * \text{Exp}\left(\frac{-2,069174}{T}\right)$$

$$S = \text{Exp}\left(\text{Ln}(Hd) - 0 * \left(\frac{1}{T - 0,1}\right)\right)$$

$$D = \text{Exp}\left(2,79787 - \frac{3,118254}{T} + 0,043511 * S - 0,000433 * N\right)$$

$$G = \text{Exp}\left(1,301872 - \frac{5,87318}{T} + 0,083735 * S - 0,000916 * N\right)$$

⁷ Vallejo, A. 2006. Modelo de crecimiento de la teca. Grupo Cambio Global. CATIE. Costa Rica (entrevista).

$$V_{tc} = 0,569076 * Hd^{0,659791} * G^{1,229887}$$

Donde,

S = índice de sitio (m/10 años)

T = Edad (años)

D = Diámetro promedio normal (1.3m de altura)

Hd = Altura de dominantes (m)

N (número árboles/ha)

G = Área basal m²/ha)

Vtc = Volumen total con corteza (m³/ha)

También se utilizó el modelo 4 para obtener el volumen total comercial de un árbol de teca indicado en la publicación de Pérez y Kanninen (2003)

$$\sqrt{v} = a + b * D$$

Donde,

v, es el volumen total comercial;

a = -0,0884;

b = 0,0297; y

D es el diámetro a la altura del pecho

d. Factor de expansión

Se asumió un factor de 1,53 (Kraenzel *et al.* 2003) para plantaciones de teca en Panamá. Otros utilizan factores por *default* para plantaciones tropicales de 1,55 (IPCC 2003), de 1,74 (Brown 1997) o de 1,3 (Gayoso 2000) para plantaciones tropicales. Teniendo un factor de expansión específico, el de Kraenzel *et al.* (2003), se decidió utilizar este dato para el análisis.

e. Tasa de carbono

Se asumió el valor por *default* de 0,5 (GPG LULUCF, IPCC 2003). Otro dato corresponde 0,44 de la publicación de Kraenzel *et al.* (2003). Como no existe mayor variabilidad se asumió el valor del 0,5 para el análisis.

f. Densidad de la madera

Según datos de Brown (1997), para *Tectona grandis* presenta valores de 0,50 a 0,55 para Asia con un 12% de humedad. Otros datos son de Vozzo (2002) de 0,6 para plantaciones tropicales. Derek (1980) de 0,50 para plantaciones tropicales. World Agroforestry Center (2005) de 0,61 para plantaciones tropicales. Las fuentes citadas no contienen datos específicos para la especie estudiada, por este motivo se asumió el valor indicado por Brown (1997).

La densidad seca se calculó con base en la ecuación de Brown (1997)

$$Densidad\ seca = (0,0134 + 0,8) * 0,525$$

La densidad seca resultó entre 0,41 a 0,45, de los cuales se utilizó el promedio de 0,43 para el estudio.

5.2.2. Datos económicos

a. Precios de la teca

Para el caso de primeros raleos, la madera se vende como leña porque no se encuentra dentro del rango de diámetros para exportación. El precio es de USD 17/m³ el cual se obtuvo mediante información provista por el Ing. Verjans⁸ de la empresa forestal Ecoforest

El precio de la madera de los siguientes raleos y de la cosecha final depende del diámetro del rollo (ver tabla 10 y 11)

Tabla 10. Precios corrientes para madera rolliza de *T. grandis* en Panamá (Ugalde 2006).

⁸ Verjans, JM. 2006. Precio de teca en leña. Ecoforest. Panamá (comunicación personal).

| Circunferencia (cm) | Diámetro (cm) | Precio (USD/m3) |
|---------------------|---------------|-----------------|
| 40 - 59 | 12,7 – 18,8 | 110 - 125 |
| 60 - 79 | 19,1 – 25,1 | 135 - 155 |
| 80 - 99 | 25,5 – 31,5 | 160 - 185 |
| 100 | >31,8 | 190 - 215 |

Tabla 11. Precios corrientes para madera rolliza de teca en Panamá con base en Ugalde y Gómez (2006).

| Circunferencia (cm) | Diámetro (cm) | Precio (USD/m3) |
|---------------------|---------------|-----------------|
| 37 – 44 | 12,0-14,2 | 70 |
| 45 – 49 | 14,3-15,6 | 75 |
| 50 – 59 | 15,7-18,8 | 100 |
| 60 – 69 | 18,9-21,9 | 140 |
| 70 – 79 | 22,0-25,1 | 170 |
| 80 – 89 | 25,2-28,3 | 210 |
| >90 | >28,4 | 220 |

Se dedujeron de los diámetros los valores MIN, MAX y Más posible de los datos de las Tablas 10 y 11 (ver Tabla 12).

Tabla 12. Valores *fuzzy* del precio de la teca con base en los diámetros establecidos

| Diámetro (cm) | MIN (USD/m3) | MAX (USD/m3) | Más posible (USD/m3) |
|---------------|--------------|--------------|----------------------|
| 12 – 12,9 | 70 | 70 | 70 |
| 13 – 14,4 | 70 | 125 | 97,5 |
| 14,5 – 14,9 | 75 | 125 | 100 |
| 15 – 18,9 | 100 | 125 | 112,5 |
| 19 – 21,4 | 135 | 155 | 145 |
| 21,5 – 25,4 | 135 | 170 | 152,5 |
| 25,5 – 28,4 | 160 | 210 | 185 |
| 28,5 – 31,9 | 160 | 220 | 190 |
| 32 - 35 | 190 | 220 | 205 |

Los precios tienen una tendencia lineal, por lo que para simplificar, se utilizó una regresión lineal. Los R^2 de las regresiones son 0,91; 0,93 y 0,95 lo que confirma la relevancia de utilizar regresiones lineales (ver Figura 16).

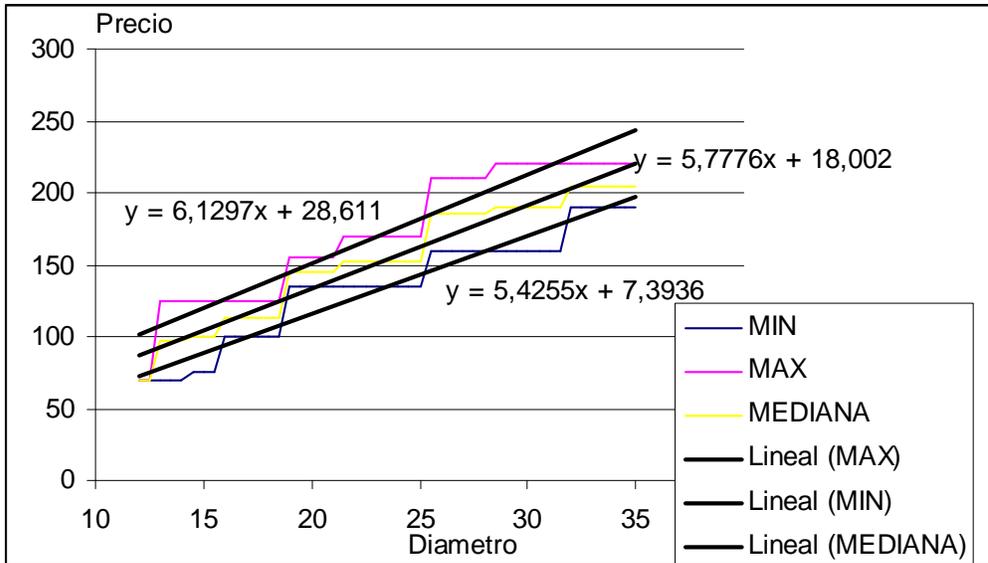


Figura 16. MIN, MAX y valor más posible de los precios de la teca

b. Costos

– Producción

Los costos de establecimiento, manejo, raleos y cosecha final se recopilaron a través de entrevistas informales con los técnicos de la ANAM. Estos datos también fueron recopilados a través de información secundaria proveída por Ecoforest y por ANARAP.

Ugalde (2006) y el Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal (2006) presentan datos de costos para plantación de teca en Panamá (ver Tabla 13). Se consideró un rango de variación de $\pm 20\%$.

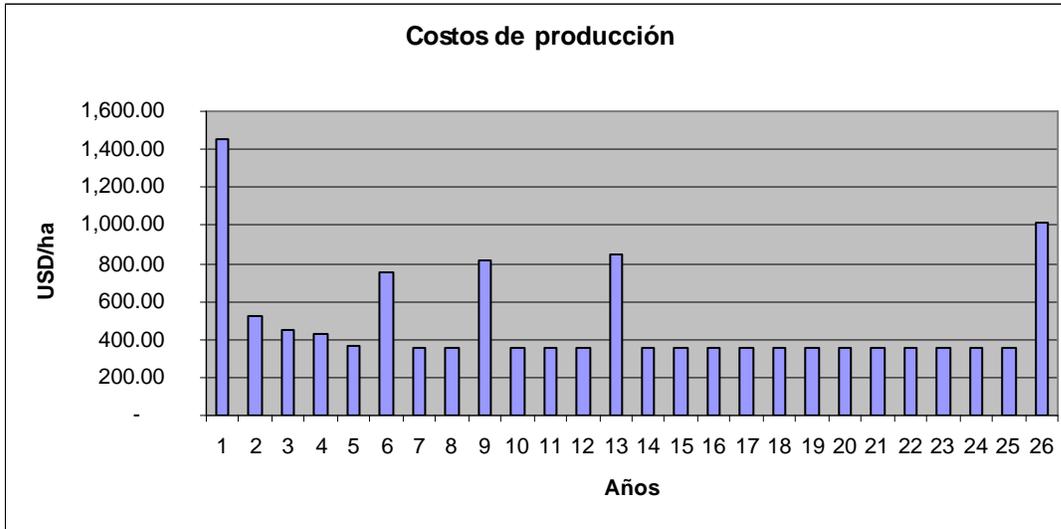


Figura 17. Costos anuales de producción de una plantación de teca de 1 ha.

Tabla 13. Resumen de actividades para el establecimiento y manejo de una plantación de teca de 1 hectárea en USD

| Años | Actividades | Costos Más posibles | Costos MIN y MAX |
|-------------------------------|---|------------------------------|---|
| Año de establecimiento | Estudios técnicos; cercas; preparación terreno; plantado; fertilización; replantado; limpiezas de mantenimiento; protección forestal; administración | 1458,70 | 1240-1678 |
| Todos los años | Manejo silvicultural; limpiezas de mantenimiento; protección forestal; administración | 340,60 | 425-511 |
| Años de raleo y cosecha final | Corta fuegos; marcado; corte y destrozado; poda, desrame; cubicación; selección y acomodo en sitio de carga; carga del contenedor; administración; vigilancia; asistencia técnica | 753,70 812 852 1015 | 303-410 690-934 724-934 863-1167 |

– Transporte

Se asumió un transporte por tierra con contenedor de 40 pies equivalente a una carga de 14 m³. Para elaborar el análisis, los costos se clasificaron con base en la dependencia de la distancia.

Los costos independientes de la distancia están entre 0.05 y 0.16 USD/pie tablar equivalente a 21,2 y 67,8 USD/m³ (ver Tabla 14).

Tabla 14. Costos fijos de transporte por tierra de madera, independientes de la distancia

| Tipo de costo | USD/pie tablar ⁹ | USD/m ³ |
|--|-----------------------------|--------------------|
| Carga y transporte al patio de acopio en carretera | 0,01 | 4,24 |
| Carga del contenedor | 0,03 | 12,72 |
| Transporte a puerto en Colón | 0,09 | 38,16 |
| Más Posible | 0,11 | 44,5 |
| MIN-MAX | 0,05 - 0,16 | 21,2 - 67,8 |

Fuente: Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal, ANAM 2006

El costo del transporte dependiente de la distancia es de aproximadamente 1 USD/km/m³ por contenedor (ANAM 2006). La capacidad del contenedor es de aproximadamente 14 m³ en promedio, lo que resulta en un costo en promedio de 0,071 USD/m³/km. Como no se conoce la variabilidad de costos dependientes de la distancia, no se consideró como valor *fuzzy*.

c. Impuesto a la Renta

El Impuesto a la Renta es del 30% sobre las ventas de madera al año (Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá 2006).

⁹ 1 m³ = 424 pt

d. Tasa de descuento

Se tomó una tasa de descuento del 5%, por tratarse de plantaciones comerciales con un mercado de exportación, que se calculó a partir del promedio de las tasas bancarias pasivas (6%), es decir, de las tasas que pagan los bancos por los ahorros en Panamá, mientras que la tasa de inflación del promedio del primer trimestre de 2006 (1%) se calculó a partir de los índices de precios de las estadísticas oficiales del Ministerio de Economía y Finanzas (2006).

Para el cálculo de las tasas de descuento reales (∂), se utilizó la fórmula sugerida por Rose *et al.* (1988):

$$\partial = \frac{[(1 + \text{tasa_nominal})]}{(1 + \text{tasa_de_inflación})} - 1$$

5.2.3. Datos MDL del proyecto

a. Precios de carbono

El Protocolo de Kyoto no establece un precio fijo de CER, y por lo tanto el precio de una tonelada de CO₂ (CER) dependerá de la negociación entre el vendedor y el comprador.

La negociación con el comprador depende de algunos factores, pero básicamente el precio más bajo será ofrecido a proyectos de alto riesgo, quienes pedirán el pago de sus CER por adelantado, normalmente piden que el comprador invierta en el proyecto y además que el comprador complete el PDD y registre el proyecto. Por otro lado, con un proyecto sólido, que no requiere de ningún pago por adelantado, inversión, o ayuda en el registro del PDD, obtiene los mejores acuerdos y precios más altos (Black 2006).

Point Carbon desarrolló una categoría de precios o rangos de precios de los CER, según los riesgos del contrato, ligados al proyecto y a la madurez del mercado (ver Tabla 14). Las categorías donde generalmente se encuentran las transacciones más importantes están en la 2 y la 3.

Tabla 15. Categorías de precios de CER con base en los riesgos entre compradores y vendedores.

| Categoría de precio | Compromisos del vendedor | Compromisos del comprador |
|---------------------|---|--|
| 1 | Sin | Comprar aún sin el proyecto no está validado por el MDL. |
| 2 | Sin | Comprar si se cumplen ciertas condiciones |
| 3 | Entregar una cierta cantidad de CER | Comprar cuando se entrega |
| 4 | Entregar de manera garantizada una cierta cantidad de CER | Comprar cuando se entrega |

Fuente: Point Carbon (2006)

Los precios MDL para Latinoamérica y el Caribe se rigen básicamente por los ofrecidos por el Banco Mundial y el Gobierno Holandés, que son los principales compradores de CER.

Tabla 16. Precios de los principales fondos de carbono en Latinoamérica y el Caribe

| Fondo de carbono | Precio promedio por USD/ tCO _{2e} |
|--|--|
| Fondo Prototipo de Carbono (PCF) | 3,5 |
| Oferta de Compra de Certificado de Reducción de emisiones (CERUPT) | 5,97 |
| Netherlands Clean Development Facility (NCDF) | 3,5 |
| IFC Netherlands Carbon Facility (INCaF) | 3,82 |
| MGM International | 3,5 |

Fuente: Eguren (2004)

Se estableció una lista de 20 precios de tCO₂ pagados a proyectos, según la información dada por Point Carbon (2006) y el Eguren (2004) del Banco Mundial. Se calculó el valor MIN, MAX y Más Posible. Siendo,

MIN = 3,5

MAX = 17,8

Más Posible = 6,36 (promedio de los 20 valores)

b. Costos de transacción para proyectos MDL

Los costos de transacción se recopilaron a través de información secundaria, con base en información publicada por UNFCCC (2006), Locatelli y Pedroni (2004), Black (2005), Aczel (2004).

Los valores *fuzzy* para los costos de diseño, y validación (año 0), así como el de monitoreo (un año antes de cada verificación), y el costo de verificación (cada cinco años a partir de la primera verificación y durante el periodo de acreditación) se presentan en la siguiente tabla. El costo del registro se consideró como valor único, por lo explicado anteriormente.

Tabla 17. Valores *fuzzy* de los costos de transacción

| Valores | Diseño | Validación | Monitoreo | Verificación |
|----------------|--------|------------|-----------|--------------|
| MIN | 10.000 | 5.000 | 3.000 | 2.000 |
| MAX | 60.000 | 25.000 | 15.000 | 15.000 |
| MÁS POSIBLE | 40.000 | 10.000 | 6.000 | 8.000 |

El costo para el registro del proyecto es pagado una sola vez y depende de la escala del proyecto.

Tabla 18. Costos de registro según rango de reducción anual por proyecto

| Escala del proyecto (promedio de tCO _{2e} /año) | Costos de Registro (USD) |
|--|--------------------------|
| <= 15.000 | 5.000 |
| > 15.000 y <= 50.000 | 10.000 |
| > 50.000 y <= 100.000 | 15.000 |
| > 100.000 y <= 200.000 | 20.000 |
| > 200.000 | 30.000 |

Fuente: Executive Board (2006)

Los costos de registro para proyectos forestales aún no son muy claros. Los costos para proyectos energéticos (ver Tabla 18) no pueden aplicarse a los proyectos forestales pero

ni el Executive Board ni el AR Working Group han definido estos asuntos con claridad. Entonces, se asumió un costo inicial de 5.000 USD.

Existen otros costos adicionales, aunque para el trabajo no se tomará en cuenta, ya que se consideró poco significativo para los resultados, como el impuesto del 2% para el fondo de adaptación y los costos de gestión de riesgos, costos de acuerdos legales y/o contractuales para algunos casos.

c. Duración del periodo de acreditación MDL y fecha de la primera verificación

Se consideró un periodo de acreditación de 30 años. La primera verificación de la cantidad de tCER se asume en el año cinco del proyecto.

d. Escala de proyecto de plantación

A pesar de que el promedio de las plantaciones de teca en Panamá son de 600 a 800 hectáreas, se consideró la selección de proyectos de 2000 hectáreas para el análisis de rentabilidad del estudio porque las plantaciones de pequeña escala tendrán menos oportunidades en el MDL.

5.2.4. Datos espaciales

a. Mapa de Calidad de sitio

Como insumos para la elaboración del mapa de calidad de sitio se utilizaron los mapas de fertilidad presentados recientemente por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP 2006), con los cuales elaboramos un mapa de calidad de suelos para plantaciones de teca, según los requerimientos de la teca descritos por Zech y Drechsel (1991).

Primeramente se removieron las áreas protegidas¹⁰ con el programa Arc View 3.3 del mapa base, obtenida a través de información secundaria del Departamento de Geomática de la ANAM (2006), para luego proceder a analizar los mapas de datos.

Se unieron los mapas de textura, nutrientes y pH del IDIAP con la extensión *Geoprocessing* del programa Arc View 3.3

Las características de suelo (nutrientes, pH y textura) permitieron clasificar en alto, medio y bajo los sitios a plantar, en conjunto con los requerimientos de la teca, según los criterios presentados en la Tabla 19.

Daniel *et al.* (1982), citados por Mena (2006) señalan que es altamente recomendable para explicar el comportamiento de la productividad del sitio el considerar variables asociadas al suelo (estructura, textura, materia orgánica, profundidad, contenido de humedad, pH, entre otras) y clima (precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otras), que puedan representarse espacialmente en una base de datos digital sustentada por un sistema de información geográfica.

¹⁰ Ver en Anexo 3 el mapa de las áreas protegidas de Panamá

Tabla 19. Criterios para clasificación de suelos para teca en Panamá

| Calidad | Nutrientes* | pH* | Textura del suelo* |
|---------|-------------|--|--|
| Alta | Alta | Poco ácido, neutro, alcalino | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Alta | Alta | Poco ácido, neutro, alcalino | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Alta | Alta | Poco ácido, neutro, alcalino | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Alta | Alta | Levemente ácido | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Media | Alta | Levemente ácido | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Media | Alta | Levemente ácido | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Media | Alta | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Media | Alta | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Bajo | Alta | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Media | Medio | Poco ácido, neutro, alcalino | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Media | Medio | Poco ácido, neutro, alcalino | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Media | Medio | Poco ácido, neutro, alcalino | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Media | Medio | Levemente ácido | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Media | Medio | Levemente ácido | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Media | Medio | Levemente ácido | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Bajo | Medio | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Bajo | Medio | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Bajo | Medio | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Media | Bajo | Poco ácido, neutro, alcalino | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Media | Bajo | Poco ácido, neutro, alcalino | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Bajo | Bajo | Poco ácido, neutro, alcalino | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Media | Bajo | Levemente ácido | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Bajo | Bajo | Levemente ácido | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Bajo | Bajo | Levemente ácido | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |
| Bajo | Bajo | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Franco, franco-arcillo-arenoso, franco arcilloso, franco arenoso |
| Bajo | Bajo | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Areno-franco, arenoso, franco-arcillo-limoso |
| Bajo | Bajo | Ácido, muy ácido, extremadamente ácido | Arcilla, arcillo-arenoso, franco-limoso, limo |

* Ver Fig. 18

Con base a esta tabla se define la calidad de sitio para cada corregimiento, lo cual ayuda a elaborar la estructura de costos/beneficios por calidad de sitio para luego obtener la rentabilidad por corregimiento.

Con base en el mapa de calidad de sitio, se encontró que de los 988 corregimientos evaluados en el estudio, el 41% se encuentran en terrenos con productividad baja, esto nos demuestra que las plantaciones presentes en estos sitios no son los ideales para el crecimiento de la teca. El 55% se encuentran en terrenos de productividad media y el 4% de los terrenos son de productividad alta.

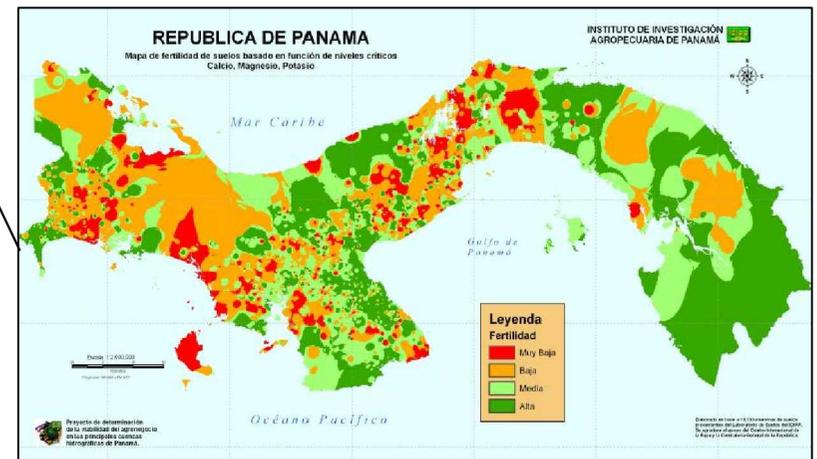
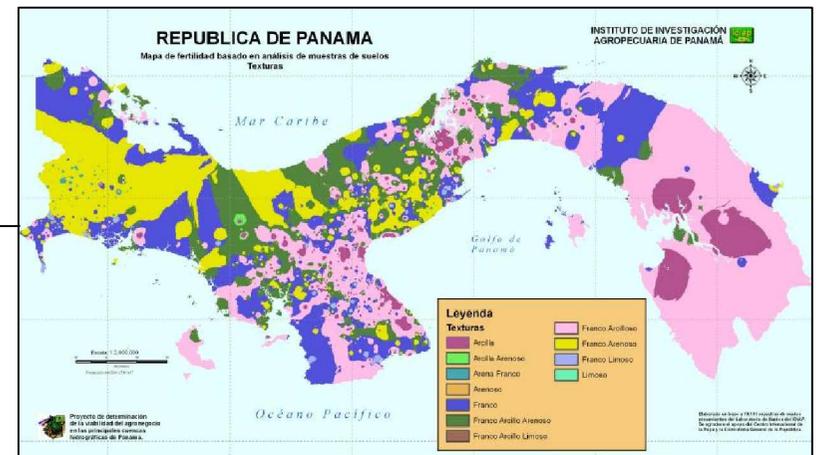
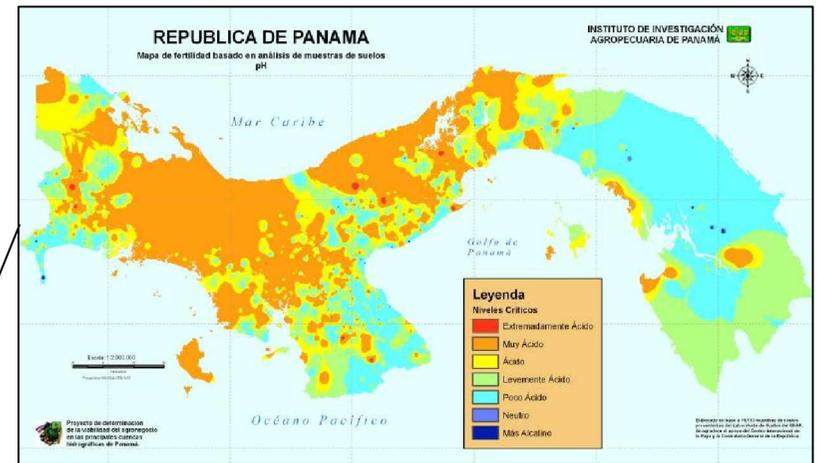
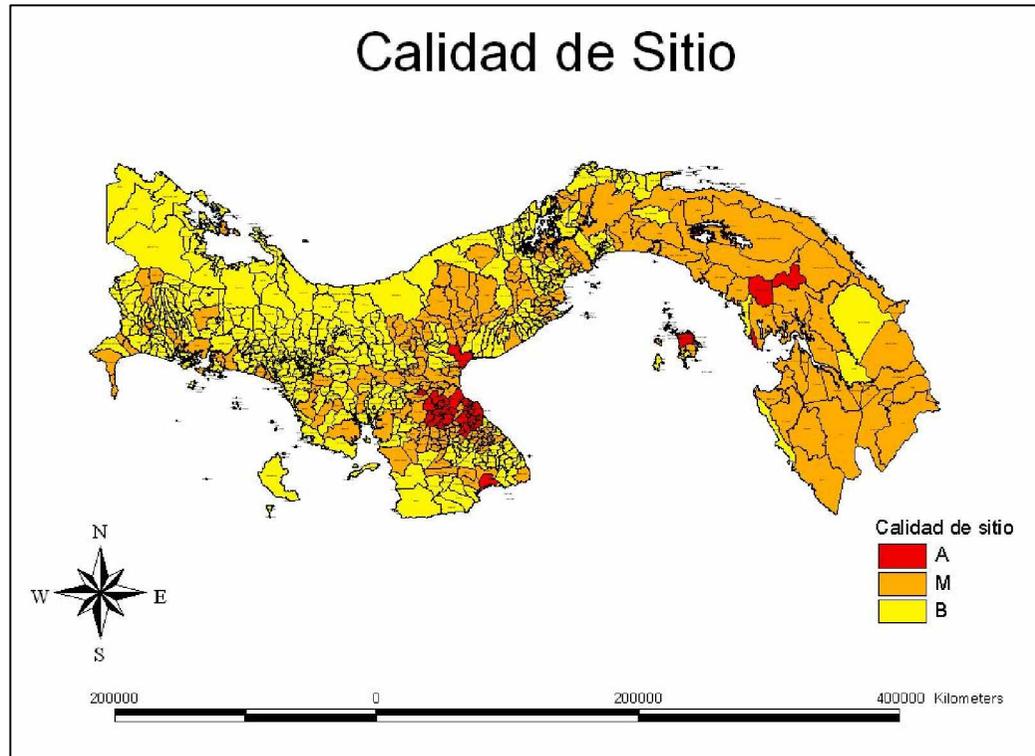


Figura 18. Mapa de calidad de sitio de Panamá

b. Mapa de valor de la tierra

Los precios promedios por hectárea de la tierra mostrada a nivel de provincia fueron recopilados mediante entrevistas informales con los técnicos del Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal (2006) (ver Fig. 19).

Se excluyeron de todo el análisis las comarcas indígenas y las áreas protegidas debido a que la Constitución Nacional en su art. 123 se prohíbe la apropiación privada de las tierras indígenas, y en cuanto a áreas protegidas la Ley 41, General del Ambiente regula la administración de estas áreas a través de la ANAM.

Precios de la tierra en Panamá para plantaciones

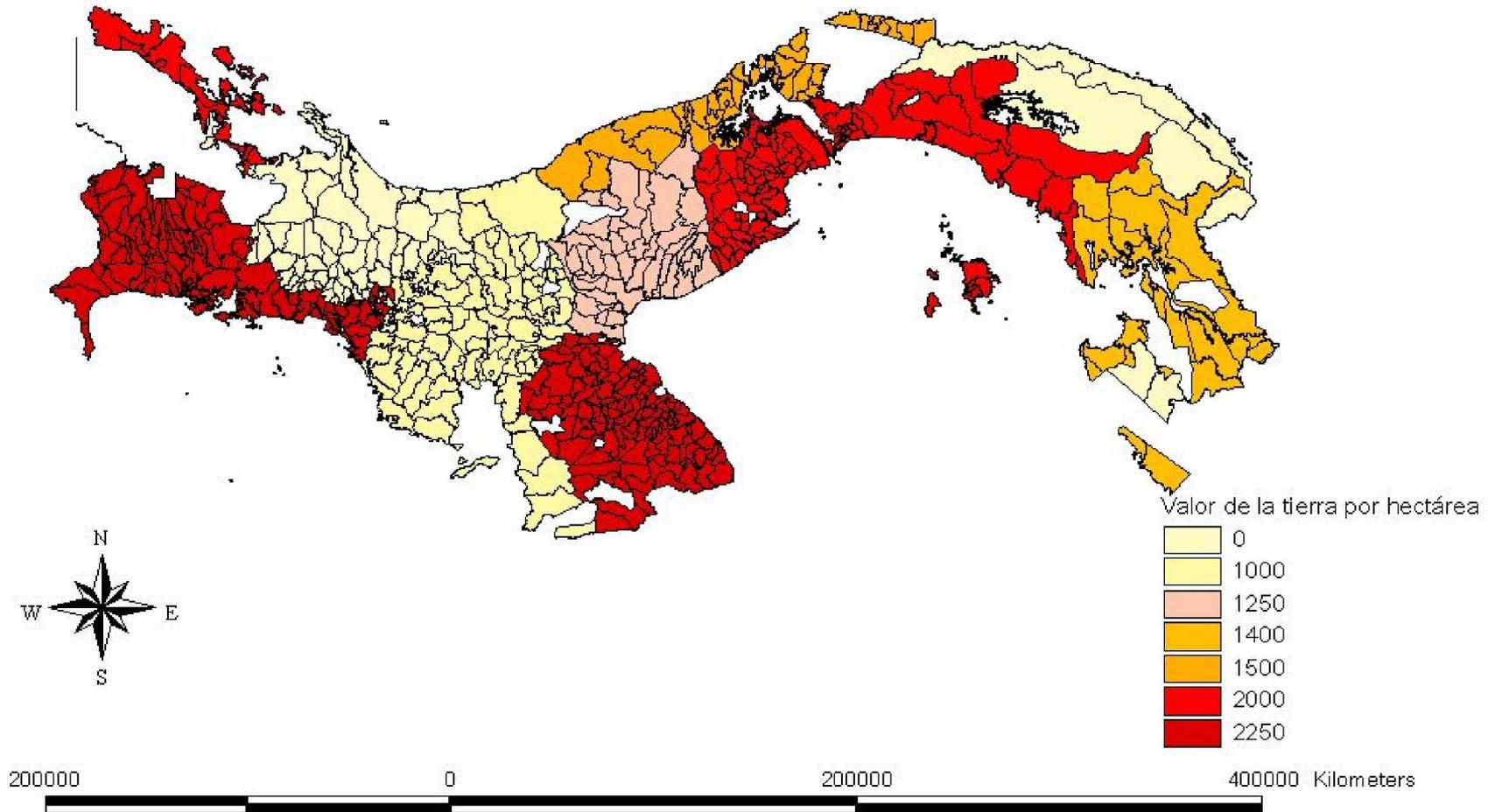


Figura 19. Mapa del valor de la tierra de Panamá en USD/ha

c. Mapa de distancias al puerto

El mapa de distancias hasta el puerto de Manzanillo en Colón, se realizó con base en información secundaria de datos proveídos por el Departamento de Geomática de la ANAM (2006).

Las distancias se calcularon a partir de cada corregimiento hasta el puerto de Manzanillo en Colón, tomando como carretera de acceso principal la carretera Interamericana hasta tomar la carretera Transístmica que une la Ciudad de Panamá con Colón hasta el puerto de referencia.

Una cantidad de 279 corregimientos no se consideraron para el estudio, estas incluyen: comarcas indígenas, áreas protegidas, zonas muy alejadas sin infraestructura vial e islas, ya que solamente se consideraron los costos para transporte terrestre.

La figura 20 representa las distancias y las carreteras.

Distancias y carreteras de Panamá

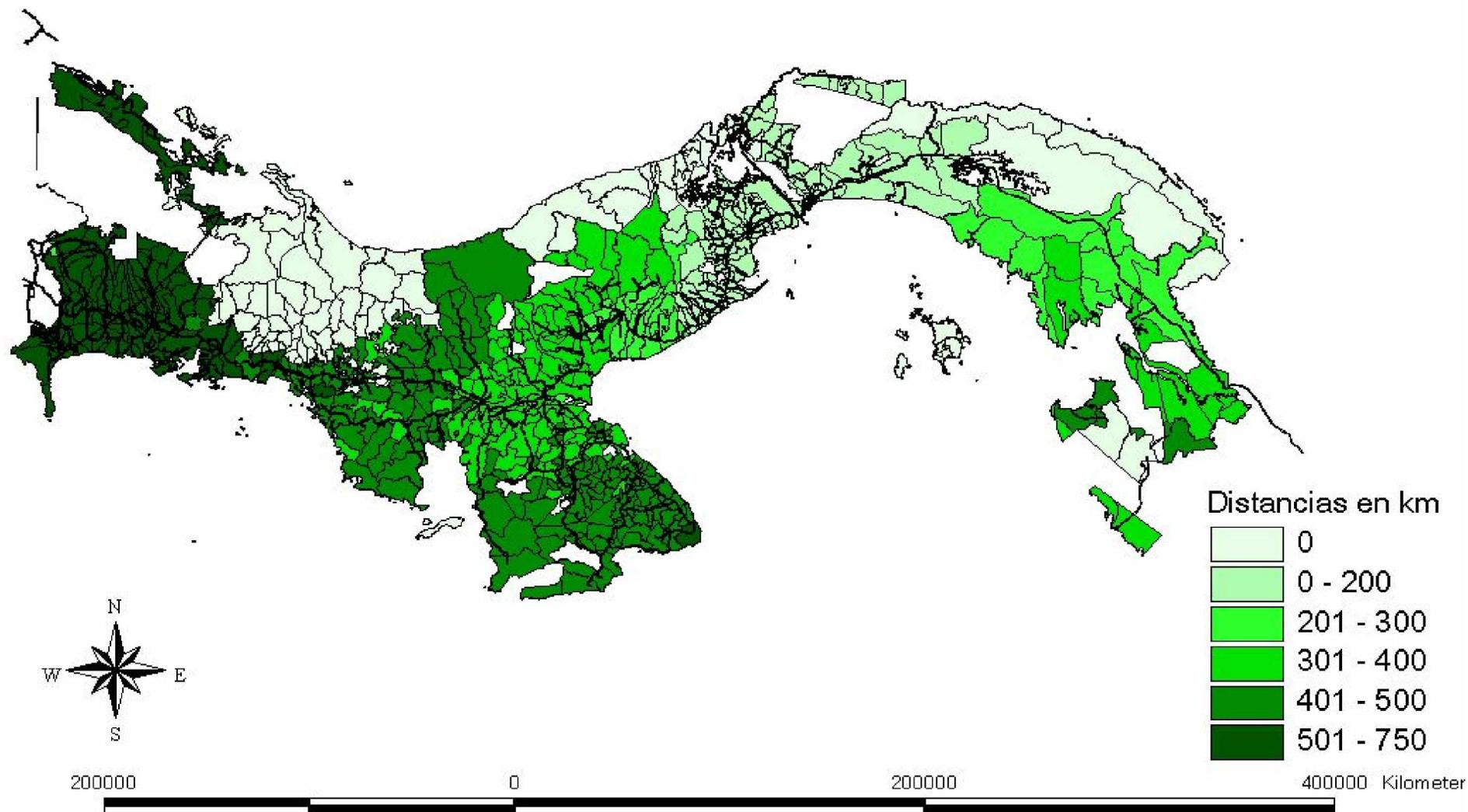


Figura 20. Mapa de distancias y carreteras de Panamá

d. Mapa de tierras Kyoto

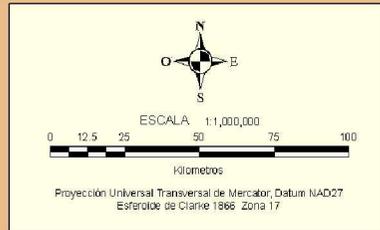
El mapa de tierras Kyoto se obtuvo de la Sección de Geomática de la ANAM (2006) y fue confeccionado por la Unidad de Información Ambiental e Informática (Proyecto Bosques y Cambio Climático en América Central 2005)

Este mapa se elaboró con base en información del Mapa de vegetación de Panamá (2000)-Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño; además de la cartografía base digitalizada a partir de los mapas topográficos a escala 1:250000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, tomándose como línea base a las áreas de pastura, cultivos de subsistencia y páramo de Panamá.

El mapa de Vegetación de la República de Panamá, del año 2000 se utilizó de base para la elaboración del mapa de tierras Kyoto. Para ello fue reclasificado en 11 clases, con el fin de facilitar su análisis. Para cada clase de uso de la tierra se presentan dos valores de áreas: el primero es el reportado por el informe del Mapa de Vegetación y el segundo es el obtenido del análisis SIG. Las áreas de bosque y pastos fueron ajustadas según la tasa de deforestación, con el fin de estimar el área potencial de reforestación al año 1990. Para efectos prácticos, se consideraron como Tierras Kyoto solamente las que se encuentran en pastos y cultivos de subsistencia y en páramo, dado que otros usos, como los cultivos permanentes y agrícolas tecnificados, si bien podrían calificar, es poco probable que lleguen a ser proyectos MDL por su alta demanda de uso y la baja adicionalidad del carbono almacenado. En total, se estima que las tierras Kyoto en Panamá ascienden a 1.585,80 hectáreas (FAO-ANAM 2000).

Con base en este mapa se calculó el porcentaje de tierras Kyoto por corregimiento para poder obtener el mapa del potencial MDL.

REPÚBLICA DE PANAMÁ Tierras Kyoto



Fuente de Información:
 -Mapa de Vegetación de Panamá Año 2000 - Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño (CBMAP)
 -Cartografía base digitalizada a partir de los mapas topográficos a escala 1:250,000 - Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia"
 Confeccionado por:
 Unidad de Información Ambiental e Informática
 Sección de Sistemática
 Autoridad Nacional del Ambiente

Autoridad Nacional del Ambiente
 Unidad Técnica Nacional de Cambio Climático

Tierras Kyoto
 Proyecto Bosques y Cambio Climático en América Central

Figura 21. Mapa de tierras Kyoto de Panamá

6. RESULTADOS

6.1. Esquema del análisis financiero

6.1.1. Crecimiento y Carbono

Para calidad de sitio bajo, se encontraron valores de carbono acumulado en el año 25 de 107.6 tCO_{2e}/ha de valor más posible, y 92 y 123 tCO_{2e}/ha como intervalo de valores posibles (ver Fig. 12). En cuanto al volumen comercial obtenido en la primera rotación el valor más posible fue de 88.4 m³/ha.

Para calidad de sitio medio, se encontraron valores de carbono acumulado en el año 20 de 254,2 tCO_{2e}/ha como valor más posible, además, 252 y 256 tCO_{2e}/ha, como intervalo de valores posibles. En cuanto al volumen comercial obtenido en la primera rotación el valor más posible fue de 164.6 m³/ha.

Para calidad de sitio alto, se encontraron valores de carbono acumulado en el año 15 de 342 tCO_{2e}/ha como el valor más posible, además de 303 y 380 tCO_{2e}/ha como intervalo de valores posibles. En cuanto al volumen comercial obtenido en la primera rotación el valor más posible fue de 280.8 m³/ha.

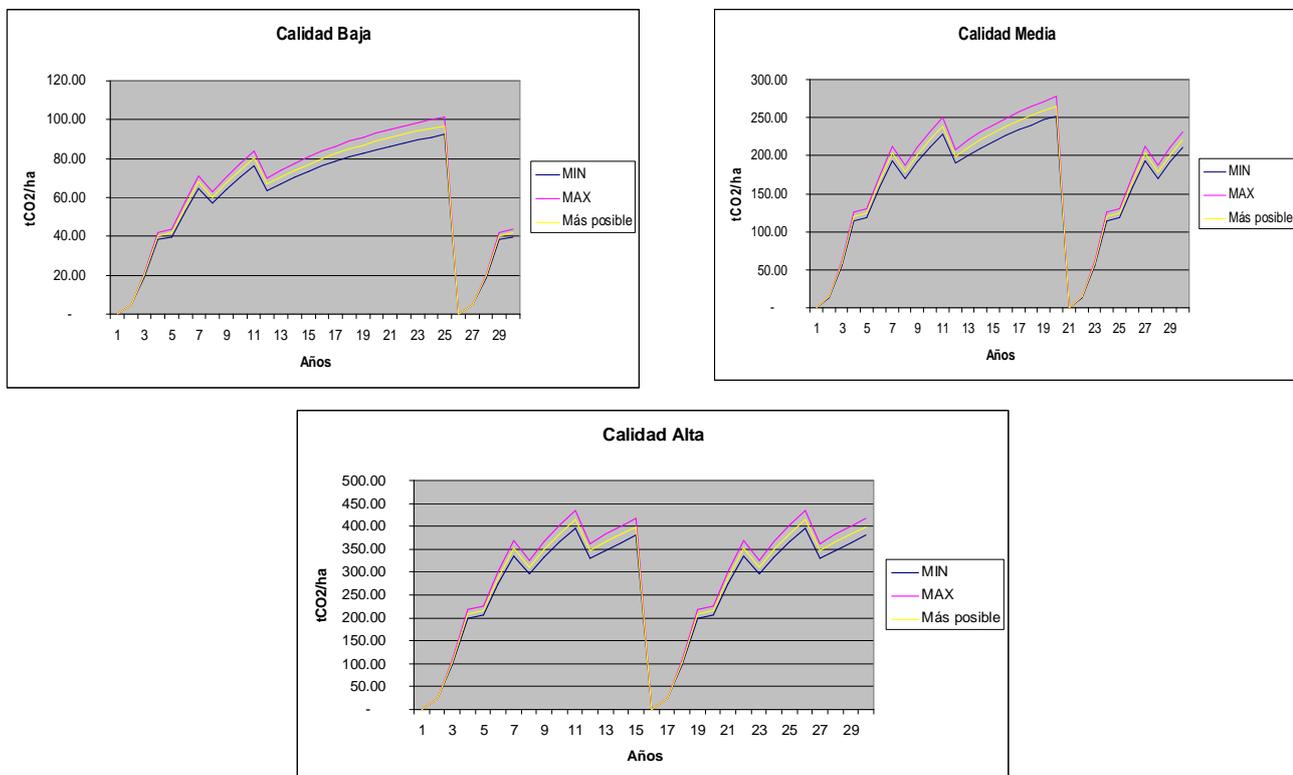


Figura 22. Valores *fuzzy* del carbono acumulado en las tres calidades de sitio

6.1.2. Estructura de costos/beneficios

Los resultados arrojados por el análisis de costos/beneficios elaborados con valores extremos (no moderados) permitieron obtener los VET por calidad de sitio, con base en los factores explicativos del VET (ver Tabla 20).

Tabla 20. Valores más posible (USD) de los VET para cada calidad de sitio y en función de los factores presentados en la estructura de costo/beneficio.

| Calidad de Sitio (VET más posible) | Beneficio neto por hectárea (factor de A) | Costos de transporte por hectárea y km (factor de AD) | Costos de impuestos (factor de AI) | Beneficio neto MDL por hectárea (factor de AM) | Costos de transacción del MDL por proyecto (factor de M) |
|---|--|--|---|---|---|
| Alta | 62.927 | -37,40 | -29.735 | 1.508 | -116.810 |
| Media | 7.033 | -11,24 | -7.462 | 812 | -104.648 |
| Baja | -5.631 | -3,90 | -1.985 | 269 | -98.360 |

Con estos resultados se obtuvo las fórmulas que fueron aplicadas en el análisis para obtener los valores de rentabilidad.

- calidad de sitio alta

$$\frac{VET}{ha} = 62927 - 37,4D - 29735I + 1508M - 116810 \frac{M}{A}$$

- calidad de sitio media

$$\frac{VET}{ha} = 7033 - 11,2D - 7462I + 812M - 104648 \frac{M}{A}$$

- calidad de sitio baja

$$\frac{VET}{ha} = -5631 - 3,90D - 1985I + 269M - 98360 \frac{M}{A}$$

6.1.3. Validación

La mejor correlación entre la rentabilidad y la tasa de plantación en una provincia se encontró con:

- La rentabilidad calculado como el $\frac{VET - ValorTierra}{ValorTierra}$
- Los datos de crecimiento para calidad de sitio, con un 75% menos de diferencias entre calidades de sitio. La validación indicó que se debe trabajar con crecimientos (por lo tanto volumen de producción) menos extremos. Por lo tanto, las ecuaciones del crecimiento alto moderado y bajo moderado son:

$$\text{Alto moderado} = 0,25\text{Alto} + 0,75\text{Medio}$$

$$\text{Bajo moderado} = 0,25\text{Bajo} + 0,75\text{Medio}$$

Los cambios en los volúmenes de producción inducen cambios en la mayoría de los parámetros de las ecuaciones del VET: los costos de transporte, los beneficios de venta de madera, los impuestos sobre venta de madera, los beneficios de la venta de créditos en el MDL.

- La tasa de plantación calculada con total rastrojo (área de referencia) y con plantaciones (ANAM/ITTO 2003)

Los valores promedios de la tasa de plantación de las provincias arrojaron una diferencia significativa ($p = 0,05$) entre las provincias con rentabilidad promedio menor a 0,5 y las provincias con rentabilidad promedio mayores a 0,5. Esto confirma que el enfoque del análisis financiero es válido para explicar parcialmente las decisiones en cuanto a plantaciones (ver Figura 23).

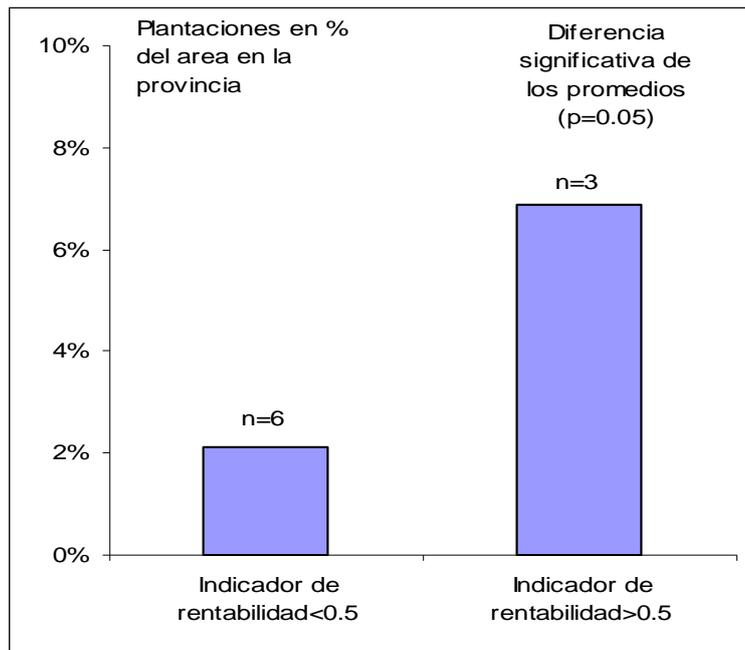


Figura 23. Diferencia significativa de los promedios de la tasa de plantación

Luego de realizar la moderación de los valores indicados por el análisis de validación se obtuvo las ecuaciones con los valores *fuzzy* moderados.

- Ecuación calidad alta

Las fórmulas obtenidas para los valores por hectárea son:

Valor mínimo:
$$\frac{VET}{ha} = 6046 - 17,8D - 11515I + 542M - 221887 \frac{M}{A}$$

Valor más posible:
$$\frac{VET}{ha} = 19473 - 17,8D - 13030I + 986M - 116810 \frac{M}{A}$$

Valor máximo:
$$\frac{VET}{ha} = 32899 - 17,8D - 14545I + 2759M - 38156 \frac{M}{A}$$

– Ecuación calidad media

Las fórmulas obtenidas para los valores por hectárea

$$\text{Valor mínimo: } \frac{VET}{ha} = -2795 - 11,2D - 6264I + 447M - 198784 \frac{M}{A}$$

$$\text{Valor más posible: } \frac{VET}{ha} = 7033 - 11,2D - 7462I + 812M - 104648 \frac{M}{A}$$

$$\text{Valor máximo: } \frac{VET}{ha} = 16860 - 11,2D - 8661I + 2271M - 34183 \frac{M}{A}$$

– Ecuación calidad baja

Las fórmulas obtenidas para los valores por hectárea MIN, Más posibles y MAX, respectivamente:

$$\text{Valor mínimo: } \frac{VET}{ha} = -3536 - 9,4D - 5151I + 372M - 186840 \frac{M}{A}$$

$$\text{Valor más posible: } \frac{VET}{ha} = -4635 - 9,4D - 6093I + 676M - 98360 \frac{M}{A}$$

$$\text{Valor máximo: } \frac{VET}{ha} = -12806 - 9,4D - 7035I + 1892M - 32129 \frac{M}{A}$$

Estas ecuaciones se compararon con el valor tierra para luego obtener el análisis de adicionalidad.

6.1.4. Potencialidad

La potencialidad del MDL está compuesta por dos elementos: la no rentabilidad sin el MDL y la rentabilidad con el MDL.

a. Potencial del MDL (no rentable sin MDL)

En esta sección definimos el potencial del MDL como la posibilidad de no ser rentable sin el MDL (ver Fig. 24). La posibilidad de no ser rentable sin el MDL es solamente uno de los dos elementos del potencial MDL.

El potencial MDL depende de la calidad de sitio, la distancia al puerto y del valor de la tierra. El mayor potencial se localiza mayormente en las provincias de Chiriquí (26%), Veraguas (16%) y Panamá (15%).

– Potencial por calidad de sitio

El potencial depende de la calidad de sitio de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p < 0,0001$)). Las áreas con más potencial MDL se ubican en zonas de calidad baja (57%) y calidad media (43%) (ver tabla 21).

Tabla 21. Potencial por calidad de sitio en porcentaje

| Potencial | Calidad de sitio | | |
|-----------|------------------|-------|------|
| | Alta | Media | Baja |
| <75 | 50 | 48 | 2 |
| >75 | 0 | 43 | 57 |
| Total | 8 | 44 | 48 |

– Potencial por distancias

El potencial depende de la distancia de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p < 0,0001$)). Las áreas con más potencial MDL se ubican en zonas de distancias mayores a 400 km del puerto (ver tabla 22).

Tabla 22. Potencial por distancias en porcentaje

| Potencial | Distancia | |
|-----------|-----------|------|
| | >400 | <400 |
| <75 | 13 | 87 |
| >75 | 63 | 37 |
| Total | 55 | 45 |

– **Potencial por valor tierra**

El potencial no depende del valor tierra de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p = 0.3399$)). Los valores de la tierra de Panamá son casi iguales a los valores presentes en las áreas con mayor potencial (ver Tabla 23).

Tabla 23. Potencial por valor tierra en porcentaje

| Potencial | Valor tierra (USD/ha) | |
|-----------|-----------------------|-------|
| | >2000 | <2000 |
| <75 | 67 | 33 |
| >75 | 71 | 29 |
| Total | 71 | 29 |

Áreas de menor rentabilidad de plantaciones sin el MDL

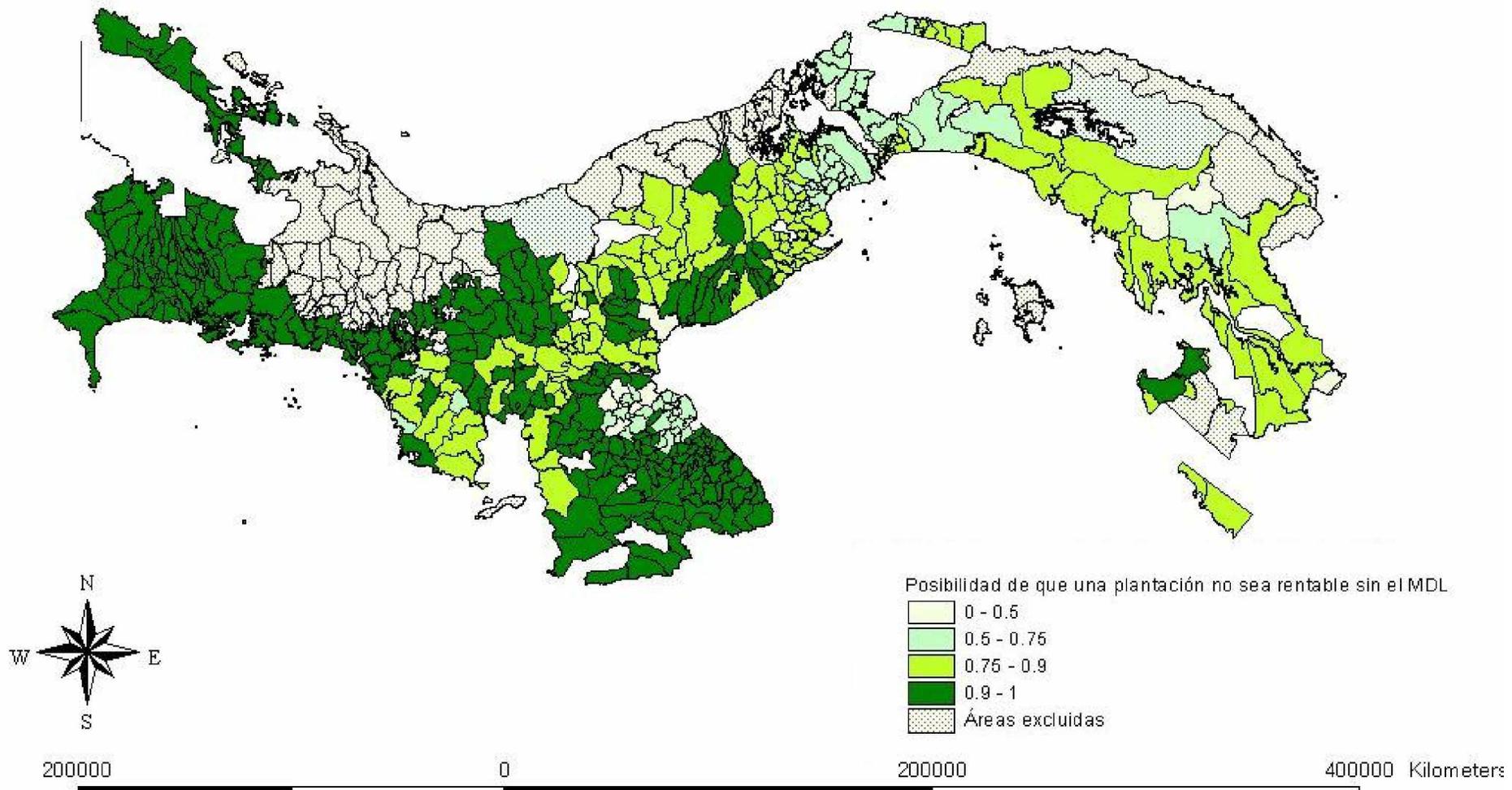


Figura 24. Áreas de menor rentabilidad sin el MDL

b. Potencial del MDL (rentables con MDL)

En esta parte definimos el potencial del MDL como la posibilidad de ser rentable con el MDL (ver Fig.25). La posibilidad de ser rentable con el MDL es solamente uno de los dos elementos del potencial MDL.

El potencial MDL depende de la calidad de sitio, de la distancia y del valor de la tierra en Panamá. El mayor potencial se localiza mayormente en las provincias de Darién (92%) y Panamá (8%).

– Potencial por calidad de sitio

El potencial depende de la calidad de sitio de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p < 0,0001$)). Las áreas con más potencial MDL se ubican en zonas de calidad alta (100%) (ver tabla 24).

Tabla 24. Potencial por calidad de sitio en porcentaje

| Potencial | Calidad de sitio | | |
|-----------|------------------|-------|------|
| | Alta | Media | Baja |
| <75 | 6 | 45 | 49 |
| >75 | 100 | 0 | 0 |
| Total | 8 | 44 | 48 |

– Potencial por distancias

El potencial depende de la distancia de manera significativa (test de chi-cuadrado $p = 0.0001$). Sin embargo, las áreas más potenciales se encuentran a menos de 400 km del puerto (ver Tabla 25).

Tabla 25. Potencial por distancias en porcentaje

| Potencial | Distancia | |
|-----------|-----------|------|
| | >400 | <400 |
| <75 | 56 | 44 |
| >75 | 0 | 100 |
| Total | 55 | 45 |

– **Potencial por valor tierra**

El potencial depende del valor tierra de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p < 0,0001$)). Las áreas con más potencial MDL se ubican en zonas con valor de tierra menores a USD/ha 2000 (88%) (ver tabla 26).

Tabla 26. Potencial por valor tierra en porcentaje

| Potencial | Valor tierra (USD/ha) | |
|-----------|-----------------------|-------|
| | >2000 | <2000 |
| <75 | 72 | 28 |
| >75 | 8 | 92 |
| Total | 71 | 29 |

Áreas de mayor rentabilidad de plantaciones con el MDL

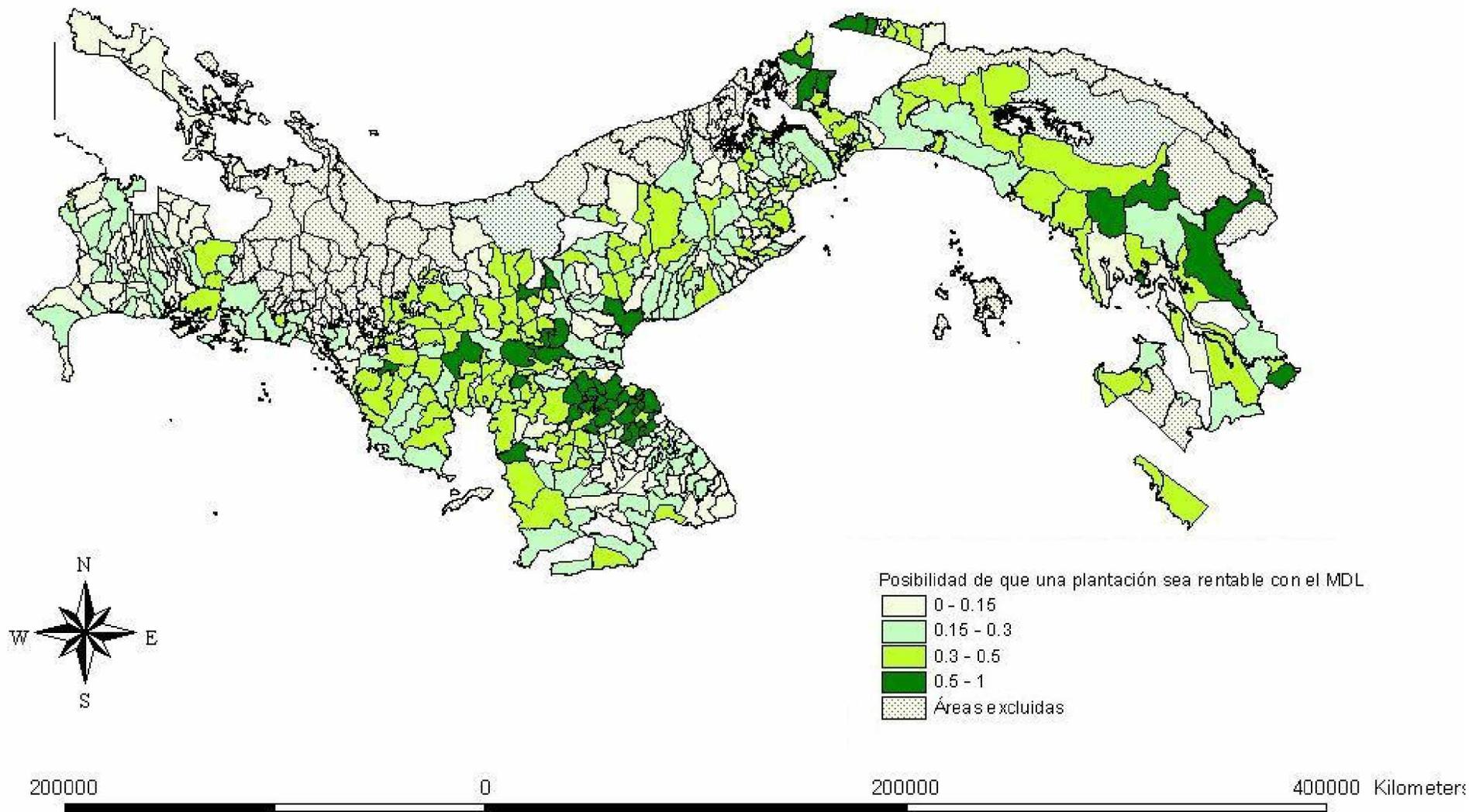


Figura 25. Áreas de mayor rentabilidad con el MDL

c. Adicionalidad

Se puede observar cuantas plantaciones rentables con MDL (> 75%) tendrán problemas para pasar la prueba de adicionalidad porque son rentables sin el MDL.

De las áreas más rentables con MDL (28918 hectáreas), el 100% son rentables sin el MDL y tendrían problemas para demostrar adicionalidad.

Las áreas con más potencial de adicionalidad se encuentran en general en las provincias de Veraguas (36%), Los Santos (19%) y Herrera (16%) (Ver Fig. 26).

Las áreas con mayor potencial de adicionalidad dependen de la calidad de sitio, de la distancia hasta el puerto y del valor de la tierra.

– Potencial por calidad de sitio

El potencial depende de la calidad de sitio de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p < 0,0001$)). Las áreas con más potencial de adicionalidad se ubican en zonas de calidad media (58%) (ver tabla 25).

Tabla 25. Potencial por calidad de sitio en porcentaje

| Adicionalidad | Calidad de sitio | | |
|---------------|------------------|-------|------|
| | Alta | Media | Baja |
| <40 | 3 | 43 | 54 |
| >40 | 29 | 48 | 23 |
| Total | 8 | 44 | 48 |

– Potencial por distancias

El potencial depende de la distancia de manera significativa (test de chi-cuadrado $p < 0.0001$). Las áreas con más adicionalidad se ubican en zonas de distancias menores a 400 km del puerto (72%) (ver tabla 26).

Tabla 26. Potencial por distancias en porcentaje

| Adicionalidad | Distancia | |
|---------------|-----------|------|
| | >400 | <400 |
| <40 | 61 | 39 |
| >40 | 28 | 72 |
| Total | 55 | 45 |

– **Potencial por valor tierra**

El potencial depende del valor tierra de manera significativa (test de chi-cuadrado ($p < 0,0001$)). Las áreas con más adicionalidad se ubican en zonas con valor de tierra menores a USD/ha 2000 (55%) (ver tabla 27).

Tabla 27. Potencial por valor tierra en porcentaje

| Adicionalidad | Valor tierra (USD/ha) | |
|---------------|-----------------------|-------|
| | >2000 | <2000 |
| <40 | 76 | 24 |
| >40 | 45 | 55 |
| Total | 71 | 29 |

Áreas de mayor adicionalidad de plantaciones en el MDL

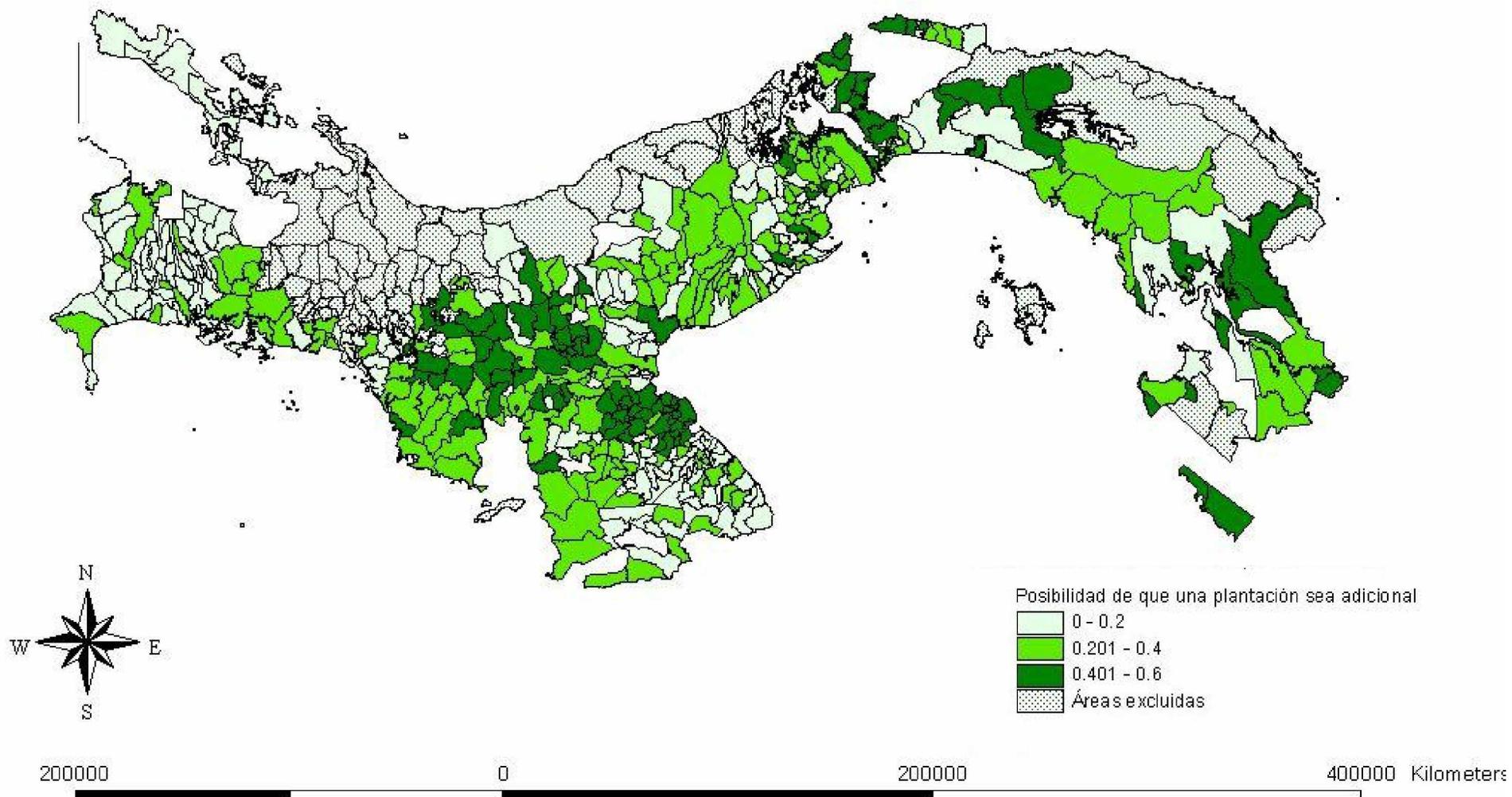


Figura 26. Áreas de mayor adicionalidad

d. Potencial del MDL (adicionalidad y tierras Kyoto)

Las áreas con mayor potencial del MDL (>40%), teniendo en cuenta aquellas áreas adicionales y las tierras Kyoto, son aquellas localizadas en Veraguas (36%), Panamá (28%), Darién (12%) y Herrera (9%) (ver Fig.27).

Áreas de mayor adicionalidad en tierras Kyoto

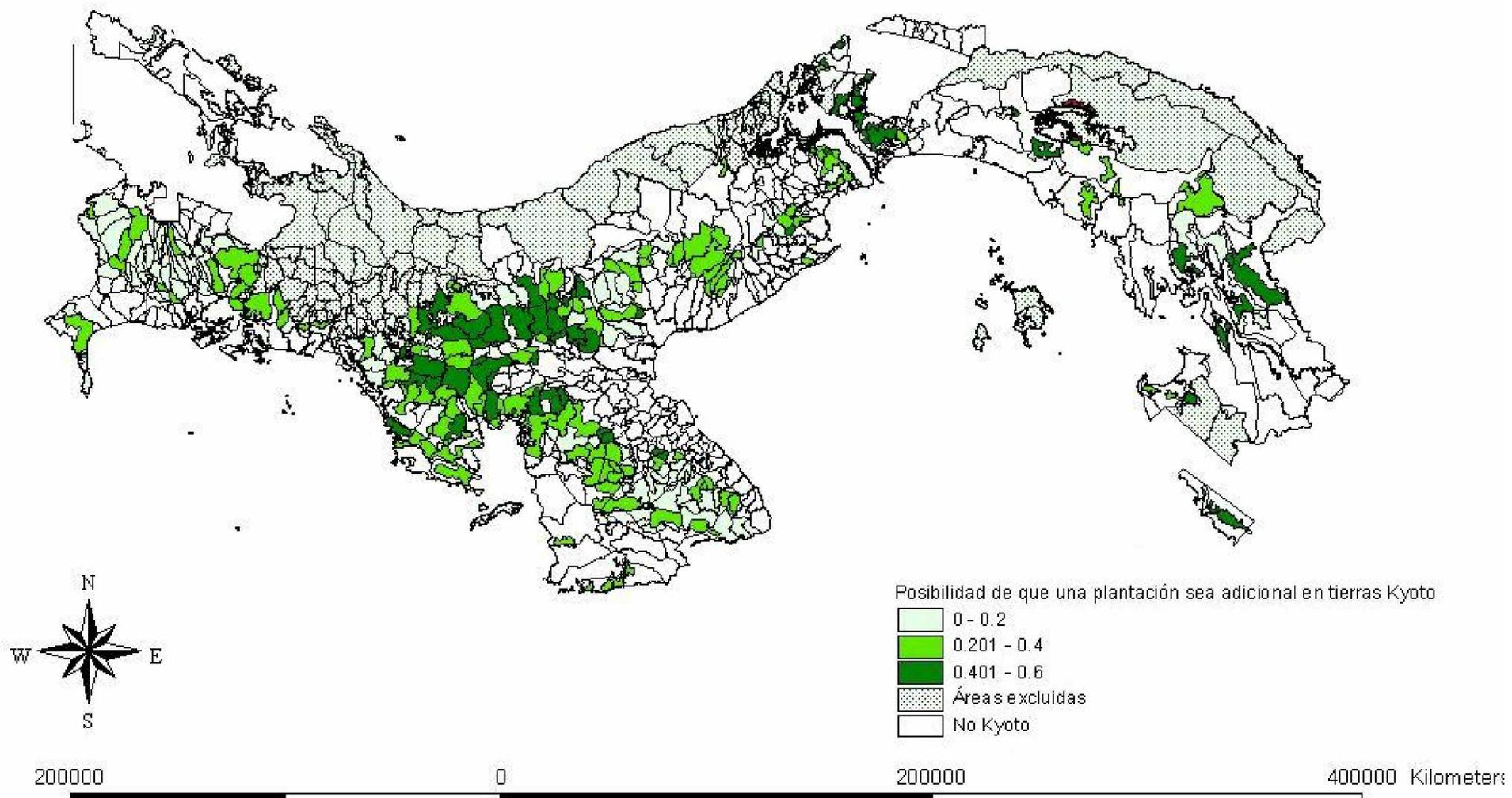


Figura 27. Áreas de mayor adicionalidad en tierras Kyoto

2. Discusión

2.1. Crecimiento y carbono

En promedio el carbono acumulado en una hectárea de plantación de teca situada en un sitio de calidad alta, media y baja es de 260 tCO₂, 170 tCO₂ y 65 tCO₂ correspondiendo estos resultados según a los años especificados por calidad de sitio (15, 20 y 25 respectivamente).

Según los estudios elaborados por Kraenzel *et al.* (2001) en plantaciones de teca de 20 años en Panamá, el carbono acumulado promedio es de 120 tCO₂, lo que representa un valor cercano a los resultados del presente trabajo. Igualmente, otros resultados de carbono acumulado reportan 146 tCO₂ (Sanford y Cuevas, 1996).

Los volúmenes comerciales para una calidad alta, media y baja fueron de 281 m³/ha, 165 m³/ha y 88 m³/ha respectivamente. Estos resultados se asimilan a los reportes del crecimiento y rendimiento de la teca en Costa Rica presentados por Pérez *et al.* (2002), donde el volumen para una hectárea de plantación de teca de 20 años es de 230 m³/ha.

2.2. Estructura de costos/beneficios y validación

En el análisis financiero para el cálculo de la rentabilidad, primeramente se trabajó con valores extremos. Luego, este análisis financiero fue validado mediante correlación, donde la validación indicó que se deben trabajar con valores menos extremos de crecimiento de plantaciones para calidades de sitio altas y bajas.

Estos ajustes impactaron sobre variables de crecimientos (por lo tanto volumen de producción), los cuales fueron moderados para obtener valores menos extremos, es decir, más cercanos a valores medios. Esto se puede explicar por el hecho que los datos de crecimiento se aplican a sitios de muy alta o muy baja calidad y que la información de áreas por calidad de sitio no se refiere a calidades tan contrastadas.

El proceso de validación sirvió para evaluar la consistencia de cada conjunto de datos, y localizar valores extremos.

2.3. Potencial del MDL (no rentables sin MDL)

Aquellas áreas con mayor potencial MDL (> 75%) se localizan mayormente en las provincias de Chiriquí (26%), Veraguas (16%) y Panamá (15%) en zonas de calidad baja (59%) y calidad media (41%), presentan diferencias significativas con respecto a la calidad de sitio, distancia hasta el puerto y con el valor de la tierra. Estas zonas que presentan mayor potencial son las áreas localizadas en tierras que tienen un valor por arriba de USD/ha 2000 y se encuentran en general a más de 400 km del puerto.

Según el informe presentado en el Registro de plantaciones del Servicio Nacional de Desarrollo y Administración Forestal de la ANAM (2002), la provincia con mayor porcentaje de áreas de plantaciones (27%) se encuentra en la provincia de Panamá, al igual que el informe presentado por el proyecto ANAM – ITTO (2003), donde se observan que el mayor porcentaje de plantaciones están concentradas en la provincia de Panamá (27%), esto es coherente a los resultados presentados en el estudio.

2.4. Potencial del MDL (rentables con MDL)

Aquellas áreas con mayor potencial MDL (> 75%) se encuentran localizadas mayormente en las provincias de Darién (92%) y Panamá (8%), presentan diferencias significativas con respecto a la calidad de sitio, distancia hasta el puerto y con el valor de la tierra. Estas zonas que presentan mayor potencial son las áreas localizadas en tierras de calidad alta que tienen un valor por debajo de USD/ha 2000 y que se encuentran localizadas a menos de 400 km del puerto.

2.5. Adicionalidad

Las áreas que no podrán demostrar adicionalidad por ser rentables por si mismas representan el 100% de las áreas de mayor potencial de rentabilidad con MDL y se encuentran localizadas en las provincias de Panamá y Darién.

Las áreas con mayor adicionalidad se encuentran localizadas en Veraguas (36%), Panamá (19%) y Herrera (16%).

Según el informe presentado en el Registro de plantaciones del Servicio Nacional de Desarrollo y Administración Forestal de la ANAM (2002), la provincia en segundo lugar, a continuación de Panamá, con mayor porcentaje de áreas de plantaciones

(26%) se encuentra en la provincia de Veraguas, al igual que el informe presentado por el proyecto ANAM – ITTO (2003), donde se observan que el segundo mayor porcentaje de plantaciones están concentradas en la provincia de Veraguas (24%), esto es similar a los resultados presentados en el estudio.

2.4. Potencial del MDL (adicionalidad y tierras Kyoto)

Las áreas con mayor potencial del MDL (>40%), teniendo en cuenta aquellas áreas adicionales y las tierras Kyoto, son aquellas localizadas en Veraguas (36%), Panamá (28%), Darién (12%) y Herrera (9%).

Los proyectos MDL más adelantados en Panamá que tienen aprobado financiamiento por parte del Banco Mundial, el cual se encargará de la compra total de los créditos de carbono se encuentran en las zonas de Chiriquí y Veraguas a cargo de una empresa privada. Además, actualmente se presentaron dos propuestas en la ANAM¹¹. La primera es un proyecto piloto de pequeña escala con el Gobierno Japonés de la Agencia de Cooperación Japonesa (JICA) en la zona de Coclé de 30 hectáreas, la segunda propuesta se realizó con Futuro Forestal S.A. en la zona Este de la provincia de Panamá en los distritos de Cañitas y Cañazas, la cual se encuentra a la espera de la carta de aprobación por parte de la ANAM como proyecto de reforestación bajo el MDL y en proceso de búsqueda de financiamiento para llevar adelante el proyecto.

Esta información es coherente con los resultados del estudio.

¹¹ Dawson, E. 2006. Situación actual de proyectos MDL forestal. Consultor del departamento de Cambio Climático de la ANAM. Panamá (comunicación personal).

8. CONCLUSIONES

8.1. Enfoque financiero

Se acepta la hipótesis de la validez del enfoque financiero para explicar parcialmente las decisiones en cuanto a plantaciones representadas por la especie teca.

El análisis de validación permitió explicar el estado de las plantaciones ya realizadas con incentivos, esto nos demostró que existían diferencias significativas de los valores promedios de la tasa de plantación entre las provincias con rentabilidad promedio menor a 0,5 y las provincias con rentabilidad promedio mayores a 0,5. Esto confirma que el enfoque del análisis financiero es válido para explicar parcialmente las decisiones en cuanto a plantaciones.

8.2. No Rentabilidad sin MDL

Considerando la no rentabilidad sin MDL como elemento del potencial MDL, se ha demostrado que el mayor potencial se localiza mayormente en las provincias de Chiriquí, Veraguas y Panamá. El potencial depende significativamente de la calidad del sitio, y de la distancia al puerto. El mayor potencial se encuentra en zonas de calidad baja (59%) y calidad media (41%), a distancias mayores a 400 km (63%).

8.2. Rentabilidad con MDL

Se acepta la hipótesis de que las áreas con mayor rentabilidad de plantación con MDL se encuentran cercanas del puerto.

Considerando la rentabilidad con MDL como elemento del potencial MDL, se ha demostrado que el mayor potencial se localiza mayormente en las provincias de Darién (92%) y Panamá (8%). El potencial depende significativamente de la calidad del sitio, de la distancia hasta el puerto y del valor de la tierra. El mayor potencial se encuentra en zonas de calidad alta (100%), a distancias menores a 400 km (100%).y con valores de tierra menores a USD/ha 2000 (92%).

8.3 Adicionalidad de las plantaciones rentables con MDL

Se acepta la hipótesis de que la mayoría de las plantaciones rentables con el MDL no pasarán la prueba de adicionalidad financiera porque son rentables aún sin el MDL.

Las áreas analizadas con posibilidad de rentabilidad con MDL (> 75%) y sin MDL (< 25%) mostraron que el 100% de estas no pasarán la prueba de adicionalidad porque son rentables aún sin el MDL.

8.4. Adicionalidad financiera

Se acepta la hipótesis de que las áreas con mayor potencial de adicionalidad financiera de proyectos forestales en el MDL se encuentran en áreas de calidad media.

Las áreas con mayor adicionalidad se encuentran localizadas en Veraguas (36%), Panamá (19%) y Herrera (16%), estas zonas se encuentran en calidad de sitio medio (48%). La distancia al puerto de las áreas con mayor potencial es de menor a 400 km del puerto. El valor de la tierra en aquellas áreas con mayor potencial es de menor a USD/ha 2000.

8.5. Potencial del MDL

Se acepta en parte la hipótesis de que las áreas con más potencial de adicionalidad y de elegibilidad de tierras se encuentran en Veraguas y Chiriquí.

Las áreas con mayor potencial del MDL, teniendo en cuenta aquellas áreas adicionales y las tierras Kyoto, son aquellas localizadas en Veraguas (36%), Panamá (28%), Darién (12%) y Herrera (9%).

8.6. Trabajos futuros

La información generada en este estudio provee un marco interesante para el análisis, consulta y apoyo a futuras investigaciones en las áreas del MDL y forestal en Panamá. La metodología y los resultados del estudio se presentarán a los Departamentos de Geomática, Servicio Forestal y Cambio Climático de la ANAM; así mismo, los

resultados serán presentados a la empresa forestal Ecoforest (Panamá) S.A. en Ciudad de Panamá.

Nuestros resultados permitirán orientar los esfuerzos del sector forestal panameño en la elaboración de proyectos MDL, para evitar de diseñar proyectos donde será muy difícil demostrar la adicionalidad. Sin embargo, al momento de elaborar un proyecto, se deberá demostrar caso por caso el cumplimiento de las condiciones de adicionalidad del proyecto y de elegibilidad de las tierras, así como los otros requerimientos del MDL. Los datos de este estudio podrán servir pero deberán ser adaptados a la escala de un proyecto y complementados con otras fuentes de información. El enfoque que hemos desarrollado podrá servir de base para analizar ideas de proyectos MDL.

9. RECOMENDACIONES

Es importante determinar un mapa de calidad de sitio de Panamá a nivel de áreas más detalladas que por corregimientos.

La correlación de los datos podría obtener mejores resultados analizando la información con datos de calidad de sitio con base en áreas más detalladas que por corregimientos.

Panamá cuenta con más de 46 puertos, por lo que aquellas plantaciones no rentables sin el MDL ubicadas lejos del puerto de referencia podrían mejorar su rentabilidad con la utilización óptima de estos puertos alternativos más cercanos.

El Project Idea Note (PIN) es exigido por la mayoría de los entes financieros, es necesario que los proyectos ubicados en las zonas con potencial MDL elaboren este documento para futuros financiamientos, y que este documento quede como un antecedente para realizar el PDD.

Aproximadamente, el 90% de las plantaciones son menores a 500 hectáreas, por lo que es importante el desarrollo de una estructura política y administrativa por parte de ANAM y ANARAP, como entidades responsables de la reforestación en Panamá, para promover la propuesta y puesta en marcha de proyectos sombrilla bajo el MDL para incentivar la reforestación en Panamá.

El estudio se elaboró con la teca (*Tectona grandis*) como especie exótica, pero es importante, que se desarrolle un estudio para determinar el crecimiento, productividad y acceso al MDL de especies nativas, como el cedro espino (*Bombacopsis quinatum*), el guayacán (*Tabebuia guayacán*), o el amarillo (*Terminalia amazonica*) en Panamá.

Sería importante el análisis y determinación de la rotación óptima de la teca, como un complemento al presente estudio.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro M. M. A. 1983. Relación entre factores edáficos e índice de sitio para *Cupressus lusitanica* (Mill.) en el Valle Central, Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ciencias Forestales. Universidad Nacional, Heredia. 112 p.
- ANAM. 2003. Informe final de resultados de la cobertura boscosa y uso del suelo de la República de Panamá: 1992 – 2000. Panamá. 107 p.
- ANARAP. 2006. Comunicación personal con Beatriz de Harrick representando a ANARAP como presidente de la organización. Ciudad de Panamá. Panamá.
- Aczel et al. 2003. Costos de transacción, asuntos contractuales y gestión del riesgo en proyectos MDL. Ecosecurity. 15 p.
- Alpizar et al. 2003. Panamá frente al cambio climático (en línea). Consultado el 2 mar. 2006. Disponible en http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/AD441S/A441S00.HTM
- Auckland *et al.* 2002. Colocando los cimientos para el MDL: Preparando al sector del uso de la tierra. Una guía rápida al MDL. Londres, Inglaterra. DFID. 40 p.
- Bede B. 2006. Product Type Operations between Fuzzy Numbers and their Applications in Geology. *Acta Polytechnica Hungarica* 3(1): 123-139.
- Bhat. 2000. Timber quality of teak from managed tropical plantations with special reference to Indian plantations. *Bois Et Forêts des Tropiques*, 263 (1): 5-2
- Black, J. 2003. Diseño institucional y financiero de proyectos de venta internacional de carbono atractivos para pequeñas plantaciones forestales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 63 p.
- _____. 2005. Conferencia del mercado de carbono (en línea). Consultado el 5 de oct. de 2006. Disponible en

cd4cdm.org/.../Latin%20America/EI%20Salvador%20Conference/Sesión%201%5C1%20-%20Thomas%20Black

Brown. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper no. 137. Rome, Italy. 55 p.

Brown. 1999. Guidelines for Inventorying and Monitoring Carbon Offsets in Forest-Based Projects. World Bank. 114 p.

Capacity Development for the Clean Development Mechanism (CD4CDM). 2005. Navigating the Pitfalls (en línea). Consultado el 2 set. 2006. Disponible en <http://www.cd4cdm.org/>

CDM – Executive Board, 2005. Report of meeting EB 21, Annex 16: Tool for the demonstration and assessment of additionality in A/R CDM project activities. UNFCCC, Bonn, Germany

Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente. 2005. Estudios realizados por CAEMA (en línea). Consultado el 7 oct. 2006. Disponible en <http://www.andeancenter.com/inicio.html>

Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, Germany. 2005. Clean Development Mechanism (en línea). Bonn, Germany. Consultado 2 oct. 2006. Disponible en <http://cdm.unfccc.int/>

Derek E.; Wood, Peter J.; Smith, Julie. 1980. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Pap. 15. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 342 p.

Eguren. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos Santiago de Chile. CEPAL. 85 p.

Executive Board. 2006. Registro de proyectos MDL (en línea). Consultado el 28 de set. 2006. Disponible en <http://cdm.unfccc.int/Panels/RIT/index.html>

- FAO. 2000. Uso del agua en la agricultura y el medio rural. Dirección de fomento de tierras y agua. Consultado el 10 marzo 2006. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/paises/h2o/panama.htm>
- FAO-ANAM. 2000. Las Tierras Kyoto de Panamá (Panamá frente al cambio climático) (en línea). Consultado el 30 de set. de 2006. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/ad441s/ad441s00.htm>
- Fonseca. 2004. Manual Productores de Teca en Costa Rica. Heredia, CR. 121 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. Forest and Climate Change working papers (en línea). Consultado el 28 set. 2006. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/foris/webview/forestry2/index.jsp?siteId=3284&siteId=9830&langId=1&geoid=0>
- Gayoso, 2000. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. Revista Forestal Iberoamericana Vol. 1 N° 1. IUFRO. 13 p
- Gómez *et al.* 2006. Diagnóstico de la industria forestal de Panamá con capacidad para producir productos de madera de teca juvenil de alto valor agregado. MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIA –MICI- RAINFOREST ALLIANCE. Bolsa de Subcontratación y Alianzas Industriales de Panamá. 47 p.
- Guía de Buenas Prácticas del IPCC. 2005. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (en línea). Consultado 4 oct. 2005. Disponible en http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCC%20Sp.pdf
- Gutiérrez R. 1999. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para el módulo "Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura"*. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), Dirección Nacional Forestal. Ciudad de Panamá, Panamá. Septiembre de 1999.
- Gutiérrez R., Díaz I. 1999. *Memoria de las Estadísticas de los Recursos Forestales de Panamá*. Informe presentado en el Taller sobre el Programa de Evaluación de los Recursos Forestales de la FAO (FRA 2000), celebrado en Turrialba, Costa Rica del 17 al 21 de Mayo de 1999.

- Gutiérrez Raúl. 1992. *Problemática de la Deforestación en Panamá*. Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables. Plan de Acción Forestal Tropical. Panamá, Julio de 1992.
- Herrera. 2001. Análisis de Crecimiento de procedencias y rentabilidad financiera de *Tectona grandis* L. f. en la zona oeste del Canal de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 81 p.
- IDIAP. 2006. Zonificación de suelos de Panamá por nivel de nutrientes. Panamá. 24 p
- Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables de la República de Panamá. 1998. *Informe Nacional de la situación forestal (1996-1998)*. Elaborado para la XX Reunión de la Comisión Forestal Latinoamericana y del Caribe, Ciudad de la Habana, Cuba, 10-14 de septiembre de 1998. Panamá.
- IPCC.2003. GPG LULUCF (en línea). Consultado el 20 de set. De 2006. Disponible en http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/0_Task1_Cover/Cover_TOC.pdf
- Jaén. 2005. Valoración económica de los recursos naturales y diseño de un sistema de cuentas ambientales satélite en el marco de las cuentas nacionales de panamá. Consorcio BCEOM – TERRAM. ANAM, Panamá. 131 p.
- JICA. 2005. Afforestation / Reforestation (A/R) CDM Projects: Cost and Benefit Estimation of 4 simulation models in Indonesia Demonstration study on Carbon Fixing Forest Management (CFFM) Cooperation Project between Forest Research and Development Agency (FORDA), Ministry of Forestry, Indonesia and Japan International Cooperation Agency (JICA) 120 p.
- Kandasamy. 2004. FUZZY ALGEBRA. Department of Mathematics Indian Institute of Technology Madras Chennai. India. 105 p.
- Kellso. 2006. Oportunidades de Exportación en el Sector panameño de la Teca. USAID/Panamá. Nathan Associates Inc. para la revista de la Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos. 78 p.

- Keogh. 2005. Carbon models and tables for teak (*Tectona grandis* Linn f.) Central America and the Caribbean. 71 p.
- Kraenzel *et al.* 2003. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. *Forest Ecology and Management*. Vol. 173: 213-225.
- Lecocq *et al.* 2005. State and Trends of the Carbon Market 2005. Carbon & Environmental Finance, Africa Region, Environment and Sustainable Development, World Bank. 44 p.
- Locatelli y Pedroni. 2003. Accounting methods for carbon credits: impacts on the minimum area of forestry projects under the Clean Development Mechanism Global Change Group, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- _____. 2004. Accounting methods for carbon credits: impacts on the minimum area of forestry projects under the Clean Development Mechanism Global Change Group, CATIE, Turrialba, Costa Rica Climate Policy 4 (2004) 000–000 13 p
- MENA FRAU, Carlos and MONTECINOS GUAJARDO, Rodrigo. Comparison of neural networks and linear regression to estimate site productivity in forest plantations, using geomatic. *Bosque (Valdivia)*, 2006, vol.27, no.1, p.35-43. ISSN 0717-9200
- Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá. 2006. Impuesto a la renta (en línea). Consultado el 2 de agosto de 2006. Disponible en www.mef.gob.pa
- Mollinedo *et al.* 2005. Relación suelo-árbol y factores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*tectona grandis*), en la zona oeste de la Cuenca del Canal de Panamá. *Agronomía Costarricense* 29(1): 67-75. ISSN: 0377-9424 / 2005
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. 2000. Special Report on Emissions Scenarios (en línea). Consultado 2 oct. 2006. Disponible en <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/>
- Pérez, L.D. y Kanninen M. 2003. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15 (1): pp. 199-213.

- _____. 2003. Provisional equations for estimating total and merchantable volume of *Tectona grandis* trees in Costa Rica. In *Forest, Trees and Livelihoods*. University of Helsinki. CATIE. CIFOR. Vol. 13, pp. 345-359.
- _____. 2003a. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1):99-213.
- _____. 2003b. Heartwood, Sapwood and bark content, and wood dry density of young and mature teak (*Tectona grandis*) trees grown in Costa Rica. *Silva Fennica* 37(1).
- Pew Center. 2001. *Global Warming Basics* (en línea). Consultado 7 oct. 2006. Disponible en <http://www.pewclimate.org/global-warming-basics/> proyectos de MDL. *Ecosecurities*. 68 p.
- Point Carbon. 2006. This report was written and edited by Henrik Hasselknippe and Kjetil Røine. For citations, please refer to: Point Carbon (2006): "Carbon 2006." Hasselknippe, H. and K. Røine eds. 60 p.
- Red de Asesores Forestales de la ACIDI, Canadá. *Los Bosques Tropicales y el Medio Ambiente: Enfoques Prácticos para el Manejo Sostenible del Recurso*. Canadá. Consultado el 3 oct. 2006. Disponible en <http://www.rcfacfan.org/spanish/s.issues.8.html>
- Rose *et al.* 1988. *A guide to forestry investment analysis*. USDA. For. Ser. Res. Pap. NC-284. 23 p.
- Rosales *et al.* 2003. *An implementation guide to the Clean Development Mechanism. Putting the Marrakech Accords into Practice*. New York, EEUU. Naciones Unidas. 43 p.
- Salgado. 2004. *El Mecanismo de Desarrollo Limpio en actividades de uso de la tierra, cambio de uso y forestería (LULUCF) y su potencial en la región latinoamericana*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, PNUD. Santiago de Chile. 88 p.

- Sanford y Cuevas. 1996. Root growth and rhizosphere interactions in tropical forests. Tropical forest plant ecophysiology. New York: Chapman and Hall, 1996. p. 268-300.
- Scherr et al. 2000. La Promoción de Impactos Positivos en el Modo de Vida Local a través del Uso del Suelo, Cambio en el Uso del Suelo y Proyectos Forestales Bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Universidad de Maryland, College Park, Maryland, EEUU. 88 p.
- Suira. 2002. El sistema de incentivo forestal en Panamá y sus implicaciones económicas, ambientales y sociales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 87 p.
- The Climate, Community and Biodiversity Alliance (CCBA). 2005. Confronting climate change (en línea). Consultado 5 oct. 2006. Disponible en <http://www.climate-standards.org/>
- Ugalde y Gómez. 2006. Diagnóstico sobre el estado actual y recomendaciones para el manejo de las plantaciones de teca en Panamá. USAID-AED-ANAM, Panamá. 66 p.
- UNFCCC. 2006. Executive Board 23. Report Annex 35 (en línea). Consultado el 2 de oct. 2005. Disponible en http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/howto/CDMProjectActivity/Register/eb23_rep_an35.pdf
http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/howto/CDMProjectActivity/Register/Regfee_version02.pdf
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.htm
- Vaides. 2004. Características de Sitio que determinan el Crecimiento y la productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones de Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 81 p.
- Vallejos. 1996. Productividad y relaciones del índice de Sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. f., *Bombacopsis quinatum* Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 147 p.

- Vásquez y Ugalde. 1995. Rendimiento y Calidad de Sitio para Gmelina arbórea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Pino caribaea en Guanacaste, Costa Rica. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 33 p (Informe Técnico No 256).
- Venegas, I. 2004. Modelación y proyección de tres usos del suelo forestales y agroforestales en Costa Rica: aplicación al Mecanismo de Desarrollo Limpio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. 85 p.
- Vozzo. 2002. Tropical tree seed manual. Washington DC: USDA Forest Service, Agriculture Handbook 721. *Annals of Botany* 93: 478-479, 2004
- Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets, fuzzy logic and fuzzy systems. Inform Control. New York, EEUU. 8:338–353.
- Zech y Drechsel. 1991. Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: A tabular review. Plant and Soil Journal. Springer Netherlands. 131: 1. 29-46.

ANEXO 1. CUADRO DEMOSTRATIVO DE LOS COSTOS/BENEFICIOS DE UNA PLANTACIÓN DE TECA DE UNA HECTÁREA

| | Establecimiento y mantenimiento | Raleos y cosecha | Costo manejo | Cantidad productos | Costo transporte | Costo transporte | Diametro de referencia para el calculo del precio | Precio producto | Beneficio productos | Impuestos sobre venta | Beneficio neto | Beneficio neto | Beneficio neto |
|-----|---------------------------------|------------------|--------------|--------------------|------------------|-------------------|---|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|
| | Por hectárea | Por hectárea | Por hectárea | m3/ha | Por hectárea | Por hectárea y km | cm | por m3 | por hectárea | por hectárea | por hectárea | por ha y m3 | por ha con impu |
| | con 2 rotaciones | | | | | | | | | | (factor de A) | (factor de AD) | (factor de AI) |
| VAN | | | 7923.458487 | 792.4614781 | 8532.620845 | 28.74872252 | | | 82499.08379 | 24749.72514 | 66043.00446 | -28.74872252 | -24749.7 |
| VET | | | 10308.64691 | 1031.015128 | 11101.18462 | 37.40291314 | | | 107333.6759 | 32200.10276 | 85923.84434 | -37.40291314 | -32200.1 |
| 0 | 1458.7 | | 1458.7 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -1458.7 | 0 | |
| 1 | 519.2 | | 519.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -519.2 | 0 | |
| 2 | 454 | | 454 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -454 | 0 | |
| 3 | 432.3 | | 432.3 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -432.3 | 0 | |
| 4 | 367.1 | | 367.1 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -367.1 | 0 | |
| 5 | 0 | 753.7 | 753.7 | 71 | 1505.2 | 5.071428571 | 19.69591835 | 155 | 11005 | 3301.5 | 8746.1 | -5.071428571 | -3 |
| 6 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 7 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 8 | 0 | 812 | 812 | 69 | 1462.8 | 4.928571429 | 27.73364275 | 210 | 14490 | 4347 | 12215.2 | -4.928571429 | |
| 9 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 10 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 11 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 12 | 0 | 852 | 852 | 66.8 | 1416.16 | 4.771428571 | 34.74151319 | 220 | 14696 | 4408.8 | 12427.84 | -4.771428571 | -4 |
| 13 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 14 | 356.2 | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 15 | 0 | 1015 | 2473.7 | 274.9 | 5827.88 | 19.63571429 | 36.59480236 | 220 | 60478 | 18143.4 | 52176.42 | -19.63571429 | -18 |
| 16 | | | 519.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -519.2 | 0 | |
| 17 | | | 454 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -454 | 0 | |
| 18 | | | 432.3 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -432.3 | 0 | |
| 19 | | | 367.1 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -367.1 | 0 | |
| 20 | | | 753.7 | 71 | 1505.2 | 5.071428571 | 19.69591835 | 155 | 11005 | 3301.5 | 8746.1 | -5.071428571 | -3 |
| 21 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 22 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 23 | | | 812 | 69 | 1462.8 | 4.928571429 | 27.73364275 | 210 | 14490 | 4347 | 12215.2 | -4.928571429 | |
| 24 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 25 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 26 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 27 | | | 852 | 66.8 | 1416.16 | 4.771428571 | 34.74151319 | 220 | 14696 | 4408.8 | 12427.84 | -4.771428571 | -4 |
| 28 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 29 | | | 356.2 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | -356.2 | 0 | |
| 30 | | | 1015 | 274.9 | 5827.88 | 19.63571429 | 36.59480236 | 220 | 60478 | 18143.4 | 53635.12 | -19.63571429 | -18 |

| CO2 por ha | Vol Com / ha en plantación | Biom Com/ha | Factor de expansión (Kraenzel et al. 2003) | tCO2/ha | Cantidad de tCERs | Venta de tCERs | Costo de transaccion MDL | Beneficio neto MDL por ha | Beneficio neto MDL por proyecto |
|------------|-------------------------------|-------------|---|---------|-------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Línea base | m3/ha | t/ha | Sin unidad | | Por hectárea | \$/ha | \$/proyecto | \$/ha (factor de MA) | \$/proyecto (factor de M) |

VAN

VET

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|--------------|
| | | | | | | | | 3243.737758 | -29327.43504 |
| | | | | | | | | 4220.195923 | -38155.83473 |
| 36.6666667 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 15000 | 0 | -15000 |
| 36.6666667 | 0.26 | 0.112684 | 1.5318627 | 0.31646344 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 19.03 | 8.247602 | 1.5318627 | 23.16268944 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 79.65 | 34.52031 | 1.5318627 | 96.94735754 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 162.94 | 70.618196 | 1.5318627 | 198.3252032 | | 0 | 3000 | 0 | -3000 |
| 36.6666667 | 168.76 | 73.140584 | 1.5318627 | 205.4091156 | 205.4091156 | 791.4894368 | 2000 | 791.4894368 | -2000 |
| 36.6666667 | 224.7 | 97.38498 | 1.5318627 | 273.4974418 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 275.69 | 119.484046 | 1.5318627 | 335.560791 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 242.49 | 105.095166 | 1.5318627 | 295.1508441 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 273.21 | 118.409214 | 1.5318627 | 332.5422166 | | 0 | 3000 | 0 | -3000 |
| 36.6666667 | 300.57 | 130.267038 | 1.5318627 | 365.8439078 | 365.8439078 | 1409.682271 | 2000 | 1409.682271 | -2000 |
| 36.6666667 | 324.98 | 140.846332 | 1.5318627 | 395.5549561 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 270.69 | 117.317046 | 1.5318627 | 329.4749556 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 286.01 | 123.956734 | 1.5318627 | 348.1219552 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 299.83 | 129.946322 | 1.5318627 | 364.9432041 | | 0 | 3000 | 0 | -3000 |
| 36.6666667 | 312.34 | 135.368156 | 1.5318627 | 380.1699643 | 380.1699643 | 1464.883922 | 2000 | 1464.883922 | -2000 |
| 36.6666667 | 0.26 | 0.112684 | 1.5318627 | 0.31646344 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 19.03 | 8.247602 | 1.5318627 | 23.16268944 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 79.65 | 34.52031 | 1.5318627 | 96.94735754 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 162.94 | 70.618196 | 1.5318627 | 198.3252032 | | 0 | 3000 | 0 | -3000 |
| 36.6666667 | 168.76 | 73.140584 | 1.5318627 | 205.4091156 | 205.4091156 | 791.4894368 | 2000 | 791.4894368 | -2000 |
| 36.6666667 | 224.7 | 97.38498 | 1.5318627 | 273.4974418 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 275.69 | 119.484046 | 1.5318627 | 335.560791 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 242.49 | 105.095166 | 1.5318627 | 295.1508441 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 273.21 | 118.409214 | 1.5318627 | 332.5422166 | | 0 | 3000 | 0 | -3000 |
| 36.6666667 | 300.57 | 130.267038 | 1.5318627 | 365.8439078 | 365.8439078 | 1409.682271 | 2000 | 1409.682271 | -2000 |
| 36.6666667 | 324.98 | 140.846332 | 1.5318627 | 395.5549561 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 270.69 | 117.317046 | 1.5318627 | 329.4749556 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 286.01 | 123.956734 | 1.5318627 | 348.1219552 | | 0 | | 0 | 0 |
| 36.6666667 | 299.83 | 129.946322 | 1.5318627 | 364.9432041 | | 0 | 3000 | 0 | -3000 |
| 36.6666667 | 312.34 | 135.368156 | 1.5318627 | 380.1699643 | 380.1699643 | 1464.883922 | 2000 | 1464.883922 | -2000 |

ANEXO 2. DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE REFORESTADA DE PANAMÁ (1988 – 2001)



SUPERFICIE REFORESTADA POR PROVINCIA (HAS)

| Provincia | Antes de 1992 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | TOTAL |
|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Veraguas | 7603 | 15 | 300 | 260 | 500 | 1210 | 293 | 60 | 41 | 582 | 10964 |
| Panamá | 859 | 238 | 365 | 910 | 1500 | 1968 | 2040 | 911 | 1127 | 1608 | 11116 |
| Cocle | 1500 | 86 | 400 | 135 | 376 | 645 | 447 | 230 | 270 | 198 | 4287 |
| Chiriquí | 531 | 622 | 550 | 430 | 1306 | 575 | 300 | 463 | 1400 | 575 | 6752 |
| Dari | 20 | 203 | 254 | 193 | 358 | 250 | 295 | 299 | 163 | 126 | 2161 |
| Colón | 210 | 160 | 90 | 115 | 300 | 429 | 730 | 805 | 225 | 512 | 3576 |
| Herrera | 300 | 37 | 32 | 30 | 112 | 285 | 53 | 64 | 27 | 167 | 1107 |
| Los Santos | 23 | 25 | 100 | 140 | 234 | 333 | 200 | 198 | 59 | 86 | 1398 |
| Bocas de Toro | | 25 | 12 | 120 | 100 | 52 | 29 | 125 | 287 | 53 | 803 |
| Total | 11046 | 1411 | 2093 | 2333 | 4786 | 5347 | 4387 | 3215 | 3599 | 3907 | 42124 |

ESCALA GRAFICA
1:2000000

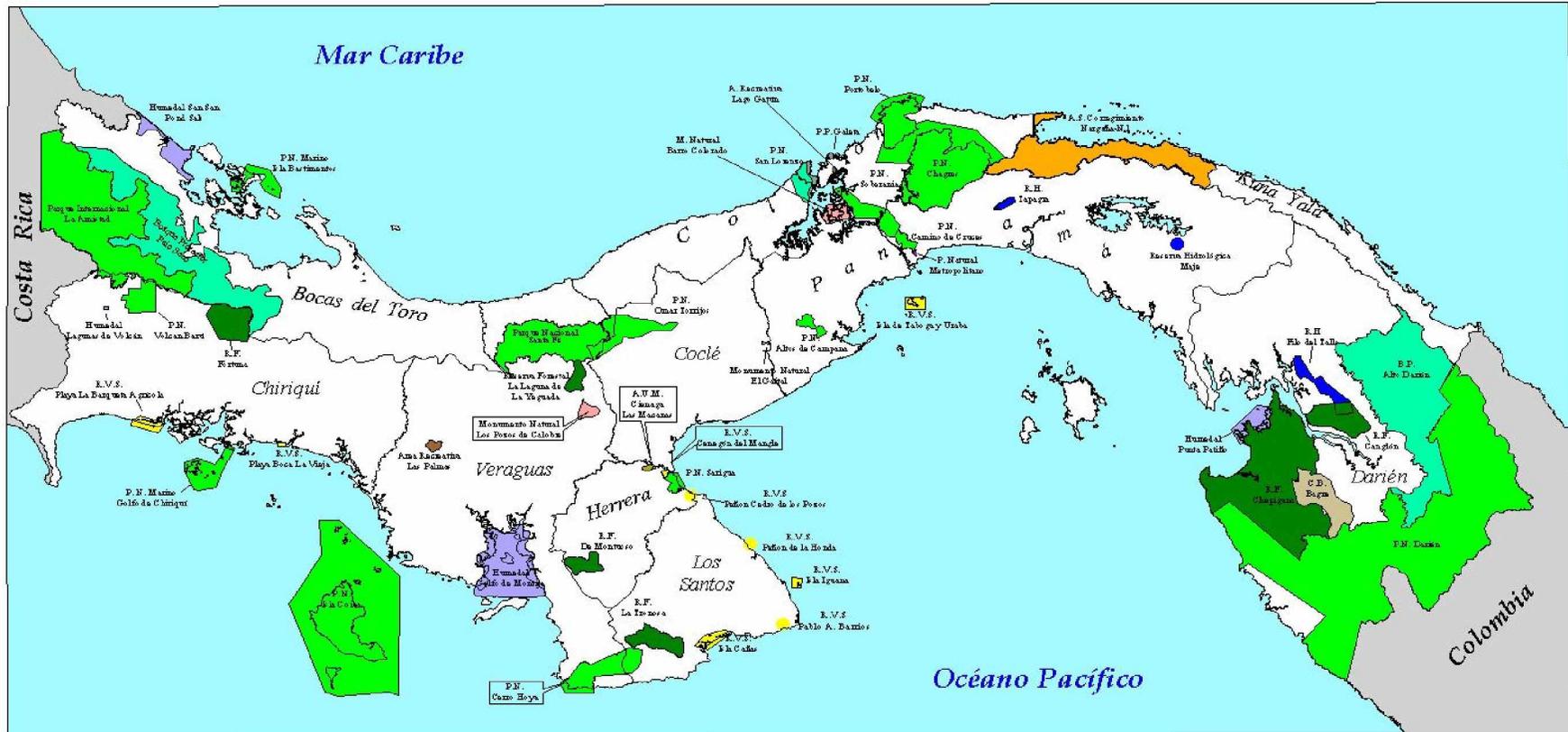


FUENTE:
Basado en Registro de Plantaciones
Servicio Nacional de Desarrollo y Administración
Forestal de la ANAM.



ANEXO 3. ÁREAS PROTEGIDAS DE PANAMÁ

República de Panamá
Sistema Nacional de Areas Protegidas



Legenda

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| Límite de Provincia | Parque Nacional |
| Área Recreativa | Parque Natural |
| Área Silvestre | Refugio de Vida Silvestre |
| Bosque Protector | Reserva Forestal |
| Humedal | Reserva Hidrológica |
| Monumento Natural | Corredor Biológico |
| Paisaje Protegido | Área de Uso Múltiple |



Escala : 1:2700000

20 0 20 40 60 80 100 Kms.



AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE
Dirección Nacional de Evaluación y Ordenamiento Ambiental
Departamento de Información Ambiental

Fuente

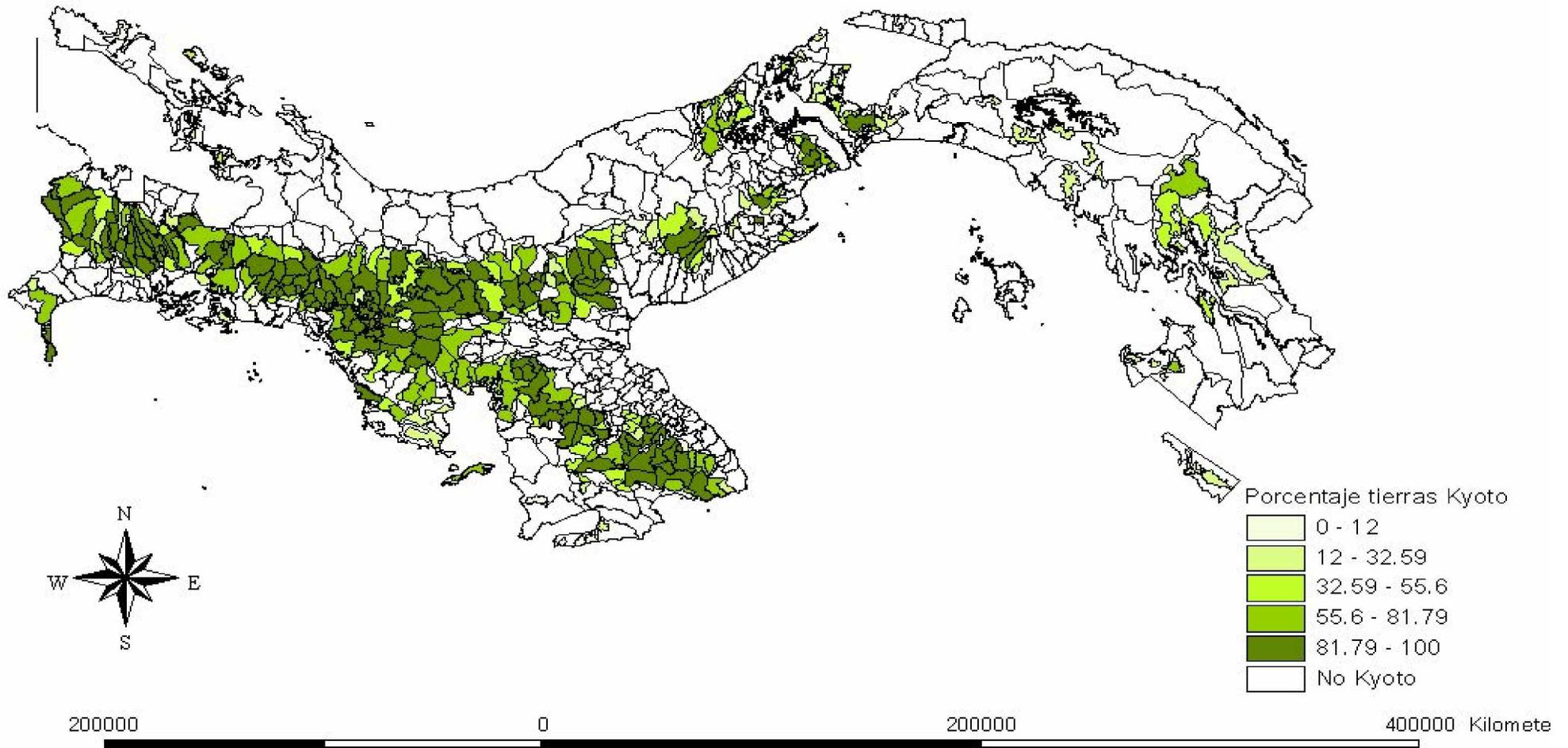
Dirección Nacional de Patrimonio Natural - ANAM

Mapa Base digitalizado de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" a escala 1:250000.

ANEXO 4. PROYECTOS MDL EN PANAMÁ



Tierras Kyoto



ANEXO 6. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA FORESTAL ECOFOREST (PANAMÁ) S.A.

Ecoforest (Panamá) S.A., es una empresa privada panameña especializada en el desarrollo de plantaciones de maderas tropicales valiosas, que opera dentro de un marco de responsabilidad social y respeto al medio ambiente. Su actividad principal es la reforestación con una especie exótica, la teca (*tectona grandis sp*) para fines comerciales; los terrenos cultivados de la empresa están ubicados en la orilla del Canal de Panamá que les fue otorgado por licitación en el año 1998 durante 40 años extensibles a 40 años más. Existen tres fincas o proyectos: Las Pavas, La Represa y Santa Clara. Los tres proyectos están en la orilla del Canal de Panamá en la parte oeste del canal que se extienden de la isla del Barro Colorado situada en el centro del Lago Gatún hacia la isla de Gamboa, eso cubre 7120 has, de los cuales 4000 has son de bosque de conservación y aproximadamente 3000 de plantaciones forestales.

La empresa cuenta además de la teca como principal especie comercial, con especies nativas como el roble que se empezó a sembrar en el año 1999; el cedro espinoso y el cocobolo en el año 2000; el guayacán, el espavé y panamá en el 2001; y la terminalia se empezó a sembrar en el año 2003.

Es política general de Ecoforest (Panamá) S.A. llevar a cabo sus operaciones comprometida con el desarrollo sostenible, basado en el crecimiento económico, la protección ambiental y el compromiso social, mediante una gestión que procure el cumplimiento de las leyes aplicables, la prevención de la contaminación, la mejora continua de los procesos, relaciones armoniosas con las comunidades vecinas y desarrollo de los empleados en un ambiente de respeto, seguridad y oportunidad.

Entre los mayores logros de la empresa, está la obtención a principios del año 2001 de la certificación FSC (Consejo Mundial de Manejo Forestal). Esta es una certificación internacional de manejo sostenible de bosques y plantaciones forestales, la cual exige que la empresa alcance elevados estándares de manejo y adopte prácticas acordes con la legislación panameña y normas internacionales. Los principios del FSC incluyen aspectos que garanticen no sólo la sostenibilidad económica de la empresa, sino también la conciencia ambiental y la responsabilidad social hacia los colaboradores y las comunidades vecinas.

En el aspecto ambiental, Ecoforest ha establecido procedimientos no sólo con el fin de salvaguardar los bienes del proyecto, sino también para prevenir y mitigar los impactos ambientales negativos que puedan generarse de actividades ilegales por parte de

terceros (tala, caza, etc.) o por desastres naturales (incendios forestales) y para garantizar que los trabajadores realicen sus labores sin poner en riesgo su salud y sin causar contaminación al medio ambiente.

Se lleva adelante un plan de capacitación para los empleados de todos los niveles de la organización, con el fin de que el personal cuente con las destrezas y habilidades para realizar sus funciones de la manera más eficiente posible y sin perjuicio propio o del medio ambiente.

Dada la relevancia que tienen las comunidades del área de influencia del proyecto en la protección y conservación de los bosques y plantaciones dentro de la concesión, se promueven programas de educación ambiental hacia estas comunidades.

Con el fin de preservar los recursos forestales y el bosque nativo, Ecoforest ha implementado un plan de conservación que contempla aspectos tales como: la planificación del uso de suelos, la rotulación perimetral, la prevención de los incendios, así como de la tala y la caza ilegal. Estas actividades son llevadas adelante por el Jefe de Conservación y un equipo de guardabosques de la empresa que trabaja en conjunto con la policía ecológica y en coordinación con los guardabosques del Instituto Smithsonian.

Existen estudios socio-económicos de base, los cuales reflejan la difícil situación económica por la que atravesaban estas poblaciones antes del inicio de las operaciones de Ecoforest. En muchos casos, se encuentran aisladas por el difícil acceso en invierno, la falta de transporte regular, de suministro eléctrico y de teléfono, y con ingreso por debajo de los B/.50 mensuales para el 80% de los hogares, a la vez que se presentaban elevados índices de desnutrición infantil. La principal actividad económica de algunas de estas comunidades era la agricultura de subsistencia, la caza y la pesca en el lago Gatún.

En la actualidad, Ecoforest (Panamá) S.A. brinda trabajo a aproximadamente cuatrocientos trabajadores, generando empleo en la región, y llegando a más de un 50% de los hogares en algunas de las comunidades vecinas. Exceden el pago establecido por la ley en cuanto a salarios y adicionalmente, los colaboradores reciben beneficios tales como atención y exámenes médicos, bonificación de acuerdo a la productividad, seguro médico por accidentes de trabajo, préstamos sin interés para mejoramiento de vivienda.

En forma complementaria, la empresa desarrolla un programa de apoyo enfocado en tres áreas primordiales: Salud, Educación e Infraestructura. Como parte de dicho programa y en colaboración con los líderes comunitarios, se realizan actividades tales como: mejoras en los caminos, vías de acceso y centros de salud, donaciones a las escuelas, apoyo a actividades deportivas, entre otras. El médico de la empresa brinda atención los sábados a los trabajadores y a las personas de las comunidades, sin ningún costo para ellos. La presencia del médico facilita la coordinación de las comunidades con los centros regionales de salud para el envío de medicamentos, los cuales son administrados por los respectivos comités de salud.

De esta forma, Ecoforest (Panamá) S.A. trabaja en conjunto con Instituciones del Gobierno, ONG, líderes comunitarios y entidades privadas para llevar adelante esta iniciativa, para la reforestación y conservación de la Cuenca del Canal de Panamá, a través de un proyecto económicamente rentable en armonía con el medio ambiente y propiciando el desarrollo de las comunidades de la región.