



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

Universidad Nacional Agraria

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación

Evaluación de pérdidas causadas por el brote de descortezadores
en la Reserva Natural Cerro Tomabú, Estelí, durante el período
abril-agosto 2009.

AUTORAS

Bra. Elsa María Flores Vásquez
Bra. Elieth María Lazo Cruz

ASESORES

Ing. MSc. Lucía Romero
Ing. MSc. Alberto Sediles Jaen
Ing. Marcos Gutiérrez

Managua, Nicaragua

Abril, 2010



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

Universidad Nacional Agraria

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación

Para optar al título de Ingeniero Forestal

Evaluación de pérdidas causadas por el brote de descortezadores
en la Reserva Natural Cerro Tomabú, Estelí, durante el período
abril-agosto 2009.

AUTORAS

Bra. Elsa María Flores Vásquez
Bra. Elieth María Lazo Cruz

ASESORES

Ing. MSc. Lucía Romero
Ing. MSc. Alberto Sediles Jaen
Ing. Marcos Gutiérrez

Managua, Nicaragua

Abril, 2010

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3.1. Descripción del municipio de Estelí	3
3.2. Ubicación y descripción del área de estudio	3
3.3 . Proceso metodológico	6
3.3.1. Etapa preparatoria. Enlace con las instituciones y reconocimiento del sitio	6
3.3.2. Etapa de recopilación de información	6
3.3.3. Etapa de gabinete	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
4.1. Determinación de agentes de daños	9
4.2. Áreas afectadas, número de brotes y árboles afectados	10
4.3. Valor económico, de la madera comercial afectada	10
4.4. Pérdidas de beneficios ambientales, por carbono no capturado, producto de la Afectación	12
4.5. Estado actual de la regeneración natural	13
4.6. Costos de enriquecimiento por plantación	13
4.7. Factores ambientales incidentes en la propagación del gorgojo descortezador <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimm.	14
V. CONCLUSIONES	15
VI. RECOMENDACIONES	15
VII. LITERATURA CITADA	16

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A Dios por darme la vida, la sabiduría, para culminar con mis estudios, por haber encaminado mis pasos y ser la luz y el camino que me condujo siempre.

A mi madre, Claudia Adela Vásquez Reynosa por ser una madre ejemplar y ser la base de mi vida, por su amor incondicional, su paciencia, aliento, esfuerzo e inversión a lo largo de mi carrera.

A mi padre, Aarón Ramón Flores Monge por ser un padre ejemplar que siempre ha estado presente en todo los momentos de mi vida, por su confianza y aliento en todo el transcurso de mi carrera.

Elsa María Flores Vásquez.

Dedico este trabajo:

Primeramente a DIOS, porque en su infinita misericordia, me dio salud, fortaleza y sabiduría para poder culminar mis estudios.

A mis padres Esperanza Cruz y Evaristo Lazo, por ser lo mas importante de mi vida, razón por el cual me esfuerzo para salir adelante y por su amor en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanos quienes son seres humanos maravillosos, por su apoyo incondicional y cariño sincero.

Elieth Lazo Cruz.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. MSc. Lucía Romero y al Ing. MSc., Alberto Sediles Jaen, por la oportunidad que nos ofrecieron para realizar este trabajo, por darnos sus conocimientos y por brindarnos confianza en todo el transcurso de la culminación de la tesis.

Al Ing. Marcos Gutiérrez y al personal de INTECFOR Osman Torres, Nicanor y Ernesto por su apoyo en el levantamiento de la información de la etapa de campo.

Al proyecto UNA-INAFOR/FC 2009 por todo el apoyo brindado para la ejecución del presente trabajo de investigación.

A las instituciones INTECFOR y MARENA, por facilitar la información necesaria para la realización del trabajo.

Al INAFOR, por el financiamiento parcial de este trabajo de investigación.

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1. Número de brotes, área y árboles afectados por <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimm. en la Reserva Natural Cerro Tomabú	12
2. Volumen estimado y valor económico por arboles comerciales afectados en la Reserva Natural Cerro Tomabú	13
3. Proyección de crecimiento en volumen y pérdidas potenciales por carbono no capturado en intervalos de cinco años, en la Reserva Natural Cerro Tomabú	16
4. Costos de enriquecimiento del área afectada en la Reserva Natural Cerro Tomabú	17

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Ubicación geográfica del Cerro Tomabú en el departamento de Estelí	4
2. <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimm. a) especie tipo b) morfotipo	11
3. Madera en rollo comercial que permanece en el bosque. Reserva Natural Cerro Tomabú, Estelí, Nicaragua. 2009	14

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la Reserva Natural Cerro Tomabú, municipio de Estelí para evaluar el daño ocasionado por descortezadores sobre el bosque de pino, durante el brote ocurrido entre abril y agosto del 2009. Los propósitos particulares fueron determinar la o las especies causantes, pérdidas económicas y ambientales así como los costos de reposición de la vegetación que tuvo que ser cortada. Se localizaron y contaron los brotes ocurridos, registrando todos los árboles afectados. A los árboles comerciales mayores de 30 cm de diámetro, se le tomó diámetro normal y altura para estimar el volumen de madera afectada y proyectar las pérdidas económicas. Con base en la edad estimada del arbolado no comercial y el incremento medio anual (IMA) que se ha determinado para la especie se hizo una proyección de volumen a treinta años adelante y se estimó el carbono que ya no será fijado junto con el valor económico que ya no se percibiría de poderse comercializar. Se evaluó la regeneración existente por medio de parcelas de 100 m² para estimar los costos de reposición. Se identificó la especie *Dendroctonus frontalis* Zimm., como principal agente de daño, así como un morfotipo de la misma; se localizaron 18 brotes para un área dañada de 10.78 ha; se contabilizaron 2,057 árboles afectados, entre comerciales y no comerciales; se estimó un volumen de 487.8 m³ de madera afectada, que representa un valor de 30,633.84 dólares. En concepto de carbono que no será fijado, con base en el volumen proyectado, se estimó una cantidad de 202.12 ton, para un valor económico de 2,021.20 dólares. Con base en el estado de la regeneración, se determinó que existe la necesidad de enriquecer las áreas dañadas, cuyo costo estimado es de 2,538.9 dólares.

ABSTRACT

The study was carried on Reserva Natural Cerro Tomabú, municipality in Estelí to assess the damage caused by bark beetles on pine forest during the outbreak between April and August of 2009. The particular purposes were to determine the causing species, economic and environmental losses as well as the cost of replacement of vegetation which had to be cut. They were located and told the outbreaks that have occurred, registering all affected trees. Commercial trees over 30 cm in diameter, was taken normal diameter and height to estimate the volume of affected wood and projected economic losses. Based on the estimated age of non-commercial woodland and the annual increasing average identified for *Pinus oocarpa* it was made a projection of volume thirty years later and was estimated carbon to be not already fixed together with economic value would that already not be receive can be sold. Existing regeneration plots of 100 m² was assessed to estimate the cost of replacement. *Dendroctonus frontalis* Zimm. as the main agent of damage, as well as a morphotype of the same species has been identified; located 18 outbreaks to an area damaged 10.78 has; there were 2,057 affected between commercial and non-commercial trees, 487.8 m³ of affected wood, wich represent US\$ 30,633.84. Carbon to be not fixed, based on the projected volume, considered a number of 202.12 ton for an economic value of US \$ 2,021.20. Because the state of regeneration, is a need to enrich the damaged areas whose estimated cost is \$ 2,538.9.

I. INTRODUCCION

Los bosques de pinos desempeñan un papel socioeconómico y ambiental muy importante, ya que albergan gran biodiversidad, suministran insumos a la industria maderera para el consumo doméstico o para exportación y son una importante fuente de divisas para Nicaragua (FAO, 2004, citado por Jiménez y López, 2005). Sin embargo, se han visto afectados por plagas y enfermedades. Existen factores que contribuyen a la aparición de estos organismos, entre ellos tenemos: incendios forestales, periodos de sequía prolongados, el manejo inadecuado del bosque, competencia y susceptibilidad de árboles viejos y enfermos y la falta de aplicación de las prácticas silviculturales planteadas en los planes de manejo (poda, raleo, reforestación, etc.). Uno de los insectos que más se reporta atacando a los pinos es el insecto del orden Coleóptero y familia Scolytidae conocido como el gorgojo descortezador de pino *Dendroctonus frontalis* Zimm (INAFOR, 2002).

El daño producido por este insecto es muy particular, ya que combina la acción directa de alimentarse en la zona del cambium, con un daño producido por un hongo que es introducido por él mismo. El éxito que tiene el descortezador para colonizar sus hospederos, en parte puede ser atribuido a sus relaciones simbióticas con este hongo; esta simbiosis es importante para vencer la resistencia del árbol y para la nutrición de las larvas del insecto (Zúñiga, 2001).

El principal método de prevención de esta plaga es el manejo silvicultural, mediante la aplicación de diversas técnicas que ayudan a prevenir el debilitamiento de los árboles, necesario para el inicio de nuevas infestaciones.

Históricamente, este descortezador ha afectado grandes áreas de bosque en la región norte de Nicaragua; más recientemente entre 1999 y 2001 hubo una fuerte epidemia en los bosques de Nueva Segovia, la cual ocasionó pérdidas millonarias; en general, las áreas que fueron afectadas no estuvieron antes sometidas a manejo silvicultural (Zúñiga, 2001).

A pesar de saberse que las pérdidas ocasionadas por este descortezador han sido millonarias, no ha habido un proceso sistemático de evaluación de daños en todos aquellos momentos en que ha ocurrido.

En el 2006, el departamento de Estelí estuvo a las puertas de un desastre ambiental similar al registrado en años recientes en Nueva Segovia, debido a la presencia del gorgojo descortezador que está terminando con los pinares de la zona (Rugama, 2006). Solo en la reserva natural Tomabú se registraron aproximadamente 2400 árboles de pino dañados por el gorgojo descortezador, presentando focos o brotes que van desde 50 árboles hasta focos de 3 a 5 individuos (Procuraduría General de la República, 2006).

Por esto, ante el reciente brote de descortezadores detectado durante el mes de abril en la reserva natural Cerró Tomabú, municipio de Estelí, se presenta la oportunidad de evaluar sus daños, tanto en lo económico como en lo que se pierde en captura de carbono, analizando factores y proyectando la regeneración como forma de repoblación de las áreas que irremediamente deben ser taladas para el control y tomando en cuenta que se trata de un área protegida, donde ha habido una nula o escasa intervención de manejo.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el daño ocasionado por descortezadores del pino (*Dendroctonus sp*) en el área protegida Cerro Tomabú, Estelí, Nicaragua, en el período abril-agosto 2009.

Objetivos específicos

1. Determinar las especies de gorgojos descortezadores causantes de los brotes.
2. Brindar información cuantitativa referente a los brotes y árboles afectados por los descortezadores.
3. Estimar el valor económico de la madera comercial afectada del bosque de pino y el valor económico-ambiental, en concepto de captura de carbono, según el área afectada de la Reserva Natural Cerro Tomabú.
4. Analizar el nivel actual de la regeneración natural presente como medio de reposición y determinar costos de reposición por plantación o por manejo de la regeneración.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del municipio de Estelí

El municipio de Estelí está ubicado a 148 kilómetros al norte de Managua, posee una extensión territorial de 795.67 km²; está localizado entre las coordenadas 12° 59'54" y 13° 03'34" latitud norte y 86°16'10" y 86°19'20" longitud oeste.

Estelí goza de un clima fresco, de tipo subtropical, pero también cuenta con zonas de clima tropical de sabana, modificado por las cordilleras y montañas que rodean la ciudad; está a una altitud de 843.97 metros sobre el nivel del mar (Olivas, 2002).

Las principales actividades económicas del municipio son: agricultura, ganadería, tabaco y la industria de la madera. El principal recurso explotado por estas actividades es el recurso suelo.

La temperatura media anual es de 21.5°C en una elevación de 815 msnm; se registran temperaturas mínimas bajas, a consecuencia principalmente de la altitud. El comportamiento general de la distribución mensual se caracteriza por ser máximas durante el mes de marzo y mínimas en diciembre. La humedad relativa promedio anual es de 70%, el grado de humedad aumenta hacia el noreste (Miraflor) y sur (Tomabú). (Alcaldía de Estelí, 2008).

3.2. Ubicación y descripción del área de estudio

La Reserva Natural Tomabú fue declarada área protegida a los treinta y un días del mes de octubre de mil novecientos noventa y uno, por la Asamblea Nacional según decreto número 42-91 y publicado el día lunes cuatro de Noviembre de 1991 en el Diario Oficial "La Gaceta" edición No 207 (MARENA, 2009).

La reserva está ubicada en el municipio de Estelí, entre las coordenadas 12°59'54" y 13°03'34" latitud norte y 86°16'10" y 86°19'20" longitud oeste, a la altura del kilómetro 137 de la Carretera Panamericana, sitio de la comunidad Santa Cruz (MARENA, 2009) (figura 1).

Cuenta con una extensión de 809.128 ha en el área protegida y 1,316.351 ha en su zona de amortiguamiento, a una elevación de 1,445 msnm. El área es un reservorio de bosque de coníferas y bosque de transición con rodales de roble encino (MARENA, 2009).

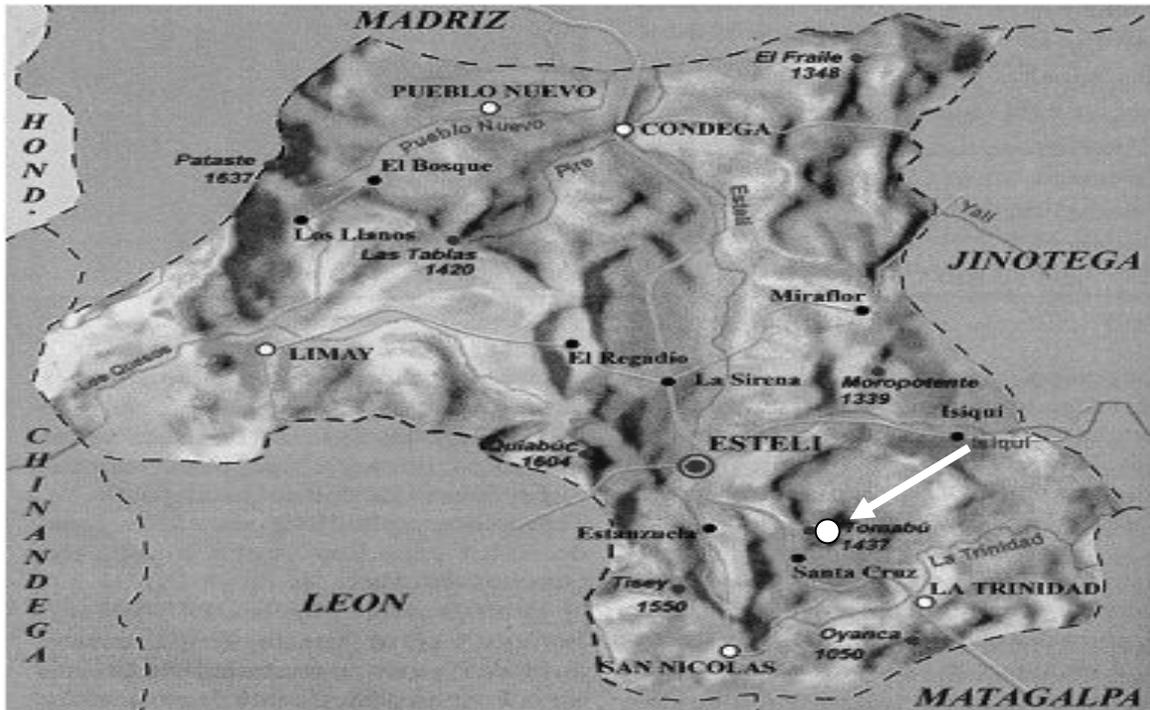


Figura 1. Ubicación geográfica del Cerro Tomabú en el departamento de Estelí.
Fuente foto: Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. S/f

El clima de la Reserva Natural Tomabú se caracteriza por presentar valores bajos de precipitación y humedad relativa, temperaturas cálidas y alto índice de evaporación.

La temperatura durante todo el año es variable oscilando de los 15 a los 33°C, la temperatura media anual es de 21.5°C. Se presentan dos épocas bien marcadas (época seca, y época lluviosa) con una duración de seis meses cada una. Las mayores temperaturas se dan en marzo y las menores en diciembre (MARENA, 2009).

El área comprende un bosque tropical seco y subtropical con precipitaciones de 800 a 1400 mm aproximadamente, el abastecimiento de agua para consumo humano y el de los animales, es de pozos comunales, ojos de agua y algunas quebradas que no se secan en la época seca (MARENA, 2009).

Los suelos en la Reserva Natural Tomabú se clasifican por la influencia del clima, relieve, roca madre, vegetación, organismos vivos y el tiempo. Los órdenes de los suelos encontrados en la reserva son: Entisoles, Vertisoles, Inceptisoles, Molisoles, Alfisoles y Ultisoles (MARENA, 2009).

La topografía es muy irregular, con pendientes entre 20 y 65%. Cabe destacar, que los suelos predominantes de la Reserva tienen una textura franco arcilloso a franco arenoso, con niveles de profundidad y fertilidad muy variados. Según MARENA (2009), en cuanto a su origen estos se agrupan en dos órdenes edáficas:

- a. Inceptisoles, son suelos originados en materiales volcánicos (basaltos, cenizas volcánicas) y rocas básicas que se formaron a partir de los depósitos coluvio – aluviales.
- b. Ultisoles: son suelos ácidos con bajo contenido de bases y materia orgánica.

La vegetación está representada por bosque de coníferas, bosque latifoliado y asociaciones de bosque de coníferas con roble. El bosque de pino se encuentra en las mayores elevaciones de la Reserva, que está comprendido principalmente desde los 1000 msnm, donde existen condiciones de suelo que permiten la existencia de la especie de pino (*Pinus oocarpa*) (Schiede). En las elevaciones más prominentes de la Reserva existen rodales cuyos árboles alcanzan una altura promedio de 17.6 metros (MARENA, 2009).

El bosque de coníferas y la asociación Pino-Roble representan una importancia biológica y económica a nivel local. Esta composición florística está estructurada por la especie Pino (*Pinus oocarpa* Schiede), Roble (*Quercus sp*) y roble encino (*Quercus sp*), que se encuentran entre los 800 y 1000 msnm, formando un anillo alrededor del pinar, llegando casi al límite exterior de la Reserva Natural y estableciendo una zona de transición entre el bosque de pino y el bosque latifoliado (MARENA, 2009).

Por otra parte, la asociación existente de bosque de coníferas junto con el Roble, representan una gran relevancia para el ecosistema ya que brindan protección y alimento a numerosas especies de aves migratorias, que se reabastecen de energía en estos ecosistemas en su ruta migratoria hacia el sur del continente americano (MARENA, 2009).

En el área de la Reserva Natural, según sus propietarios, gran parte de terrenos son quebrados (60.31%), seguido de los terrenos ondulados (30.31%) y el restante corresponde a terrenos planos (9.38%). Las áreas onduladas se destinan principalmente para pastos naturales y mejorados. Las áreas quebradas se destinan principalmente para bosques de pino; en algunos casos también se utilizan para pastos naturales (MARENA, 2009).

Los principales ingresos que se perciben, es en concepto de trabajo asalariado y remesas, lo que representa el 40% de los ingresos totales de las familias; con un porcentaje casi similar se encuentran los ingresos agrícolas que genera el 39.98% del total. Otros ingresos importantes son los pecuarios, sin embargo, representan una proporción muy baja, el 19.71%. Los ingresos por productos forestales representan menos del 1% del total (MARENA, 2009).

Los bajos niveles de ingresos por productos forestales se debe a lo siguiente: no hay en la zona una fuerte actividad forestal como en otras áreas protegidas; los pocos productores que se dedican a la extracción de leña con fines comerciales tienden a esconder este tipo de ingresos por temor a represalias como el decomiso del producto (MARENA, 2009).

La principal problemática de la zona radica en la extracción de leña y madera de las partes más altas, los incendios forestales causados por los pobladores o personas que destruyen los bosques (MARENA, 2009).

La afectación ocasionada por el gorgojo descortezador *Dendroctonus frontalis* Zimm. Se detectó desde el mes de marzo del año 2009, desde entonces las instituciones involucradas (INTECFOR, INAFOR y MARENA) del departamento de Estelí han venido trabajando en su control y saneamiento, pero irremediablemente, la afectación se fue propagando dando lugar a nuevas infestaciones y la reinfestación de áreas anteriormente saneadas.

3.3. Proceso metodológico

3.3.1. Etapa preparatoria. Enlace con las instituciones y reconocimiento del sitio

Para realizar este estudio se establecieron enlaces con las instituciones MARENA, INTECFOR e INAFOR del departamento de Estelí, las cuales fueron responsables de las actividades de control y saneamiento de la plaga.

Posteriormente, con apoyo de técnicos de INAFOR e INTECFOR se recorrieron los sitios para identificar las áreas afectadas por el descortezador, contabilizando los brotes.

3.3.2. Etapa de recopilación de información

Con base en lo que cada institución hizo, se recopiló la información derivada de las actividades que éstas realizaron. En el caso de MARENA, solo se obtuvo información de área afectada y número de brotes. En el caso de INAFOR, se utilizaron los datos dasométricos (diámetro normal y altura total) que sus técnicos levantaron. En el caso de INTECFOR, se formó parte de los equipos de trabajo y se participó directamente en las siguientes actividades:

a) Recolección e identificación de insectos

En cada uno de los brotes detectados, se colectaron insectos de los árboles afectados tumbados, sin un método de muestreo en particular. Estos insectos se enviaron al Dr. Brian Sullivan, taxónomo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, quien realizó el trabajo de identificación de los mismos.

b) Toma de datos y tala de árboles afectados

Cada institución, de común acuerdo, se ubicó en diferentes brotes y procedió a realizar lo siguiente:

1. Georeferenciación y medición de áreas afectadas
2. Conteo de brotes en las áreas afectadas
3. Conteo y tala de todos los árboles afectados
4. Medición de diámetro normal y altura total de árboles comerciales afectados (diámetro > 30 cm)
5. Contabilización de árboles no comerciales afectados (diámetro < 30 cm).

Los árboles fueron clasificados como comerciales y no comerciales de acuerdo a criterio de los técnicos del INAFOR-Estelí.

Cabe mencionar que MARENA, sin saberse sus razones, solamente realizó el conteo de brotes y determinación de las áreas afectadas que le correspondieron.

c) Evaluación de la cantidad y calidad de la regeneración

Simultáneamente con la toma de datos, en el área afectada que le correspondió a INTECFOR se establecieron parcelas circulares de 100 m² dentro de cada brote. Este tamaño de parcelas ha sido utilizado para estudios de regeneración en bosques de pino (MARENA, 2006).

Dependiendo del tamaño del brote, se delimitaron entre 3 y 4 parcelas, para un total de 27, en donde se contabilizaron todos los árboles menores de 10 cm de diámetro para evaluar cuantitativamente la regeneración natural existente.

También se hizo una evaluación cualitativa de la regeneración, tomando en cuenta el criterio de INAFOR (2002), que establece la siguiente clasificación:

Plantas buenas: Con un tallo recto y sin daños.

Plantas regulares: Con curvatura en su tallo o daños mecánicos.

Plantas malas: Tallo completamente dañado o muertas.

Paralelamente, se hizo una observación visual de los sitios afectados para determinar posibles factores asociados a la propagación de los brotes.

3.3.3. Etapa de gabinete

Con la información que se obtuvo de INAFOR y con la que se levantó en el bosque con INTECFOR, se hicieron las siguientes estimaciones:

a) Volumen y valor económico de madera comercial afectada

Con los datos de diámetro normal y altura total de los árboles comerciales afectados, que se registraron con INTECFOR se calculó el volumen de madera comercial, utilizando la fórmula:

$$V = AB \cdot h \cdot cf$$

V: volumen (m³) AB: área basal (m²) h: Altura Total (m)
cf: coeficiente de forma (0.43) (MARENA, 2006)

Los datos de volumen de INAFOR fueron calculados por sus técnicos, los cuales fueron facilitados para la realización de esta estimación.

Con la suma de los volúmenes calculados por INTECFOR e INAFOR se estimó el valor económico de la madera comercial, tomando en cuenta el valor local de la madera en rollo, el cual es de 62.8 dólares/m³ (INAFOR, 2002).

Al no obtener datos cuantitativos sobre los árboles afectados de parte del MARENA, los valores de volumen y valor económico de la madera comercial, a nivel de toda el área afectada, fue subestimada.

b) Pérdida de beneficios ambientales en concepto de carbono no capturado

Con base en la edad promedio de los árboles no comerciales afectados, estimada en 10 años y con base en el Incremento Medio Anual (IMA) de la especie, 2.5 m³/ha/año, en condiciones de sitio medio (Cordero y Boshier, 2003), se hizo la proyección del volumen 30 años adelante, en intervalos de cinco años, en el supuesto de que estos árboles no se hubiesen cortado. Al cortar estos árboles en crecimiento se deja de capturar carbono; por ello, al proyectar el volumen que estos no van a generar, también se estima el carbono que ya no se va a fijar.

Con base en el volumen proyectado y la densidad básica de la especie se calcula la cantidad de biomasa en kilogramos, mediante la aplicación de la fórmula:

$$D = P/V \quad \longrightarrow \quad P = D * V$$

Donde: P = Peso de biomasa (kg) V = Volumen (m³)

D = densidad básica madera de *Pinus oocarpa* (0.50 g/cm³) (Herrera y Lanuza, 1996).

Según Slijepsevic (2001), citado por Gayoso y Guerra, (S/F) la cantidad de carbono fijado corresponde al 50% del total de la biomasa calculada.

En el mercado internacional, una tonelada de carbono puede pagarse, en promedio, a 10 dólares (Gayoso y Schlegel, 2001). Con base en ese precio y la conversión de kilogramos a toneladas, se calculó el valor perdido por carbono que no se fijará.

c) Costos de reposición

Con base en las áreas afectadas, se estimó el costo de repoblación tomando como referencia el costo de reforestar una hectárea. Según INAFOR, (2002) reforestar una hectárea de pino tiene un costo promedio de 450 dólares, desde su producción hasta el establecimiento.

Dado que no se tendrá que reforestar, sino enriquecer con la misma especie y tomando en cuenta la pendiente, se definió que bajo un sistema de tres bolillos, se tendrían que establecer un total de 1, 416 plantas/ha (Calero, 2010, comunicación personal). A este total se les restó la cantidad de plantas encontradas en las parcelas, para obtener el dato del número real de plantas a establecer con el enriquecimiento.

d) Cálculo del porcentaje de daño en la Reserva Natural Cerro Tomabú

Para calcular el porcentaje de daño, se aplicó una regla de tres tomando en cuenta el área total de la Reserva Natural y el área afectada por el descortezador en el bosque de pino.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Determinación de agentes de daño

De las muestras de insectos recolectados se determinó la presencia inicial de dos tipos de insectos morfológicamente similares a *Dendroctonus frontalis* pero que diferían básicamente en el tamaño.

Ambos tipos de insectos, de acuerdo al Dr. Brian Sullivan, taxónomo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, correspondieron a *D. frontalis*.

El tipo más pequeño, de aproximadamente 3.5 mm de largo, correspondió a la especie típica y muy difundida de *D. frontalis*; el tipo más grande, de aproximadamente 5 mm, correspondió a lo que el Dr. Sullivan considera un morfotipo de *D. frontalis*, pero que otros investigadores han considerado como una nueva especie llamada *Dendroctonus woodi* (Figura 2).

En todos los brotes estudiados se determinó que la especie colonizadora de los árboles fue *Dendroctonus frontalis* Zimm. Otras especies de descortezadores como *Ips* fueron muy poco evidentes, aún en trozas tumbadas durante el proceso de control de la plaga principal.

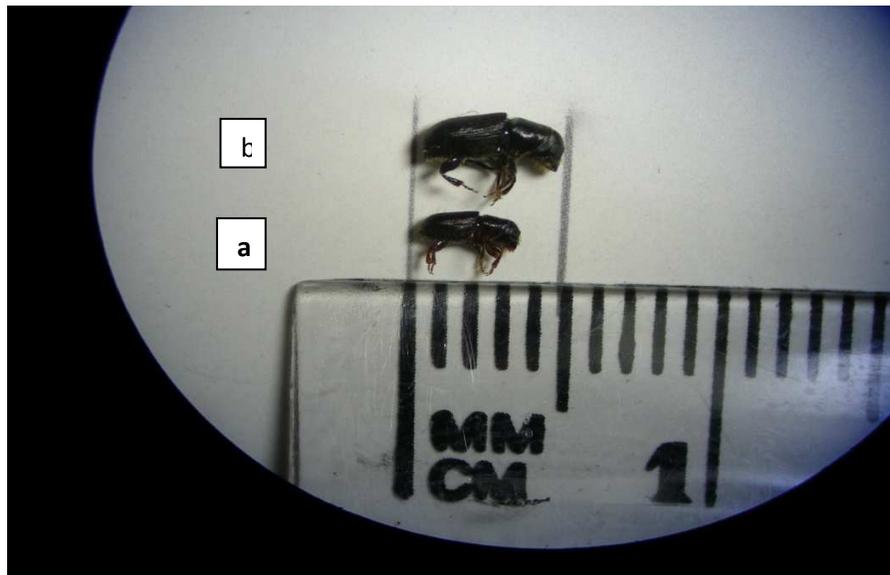


Figura 2. *Dendroctonus frontalis* a) especie tipo b) morfotipo.
Identificador: Dr. Brian Sullivan. Taxónomo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.2009
Fuente foto. Ing. Alberto Sediles.

4.2. Número de brotes, áreas y árboles afectados

Los resultados obtenidos de las visitas y datos recolectados demuestran que la mayor cantidad de brotes fue registrada por INTECFOR con un total de 8, en un área de 5.116 ha, seguido por INAFOR con un total de 7, en un área de 4.02 ha y la menor cantidad fue registrada por MARENA con un total de 3, en un área de 1.64 ha.

Los árboles de pino afectados reportados fueron 585 comerciales y 1,899 no comerciales para un total de 2,484, los cuales fueron tumbados para el saneamiento del área. Cabe recordar que no se contó con los datos de los árboles que le correspondieron a MARENA (cuadro 1).

Cuadro 1. Número de brotes, área y árboles afectados por *Dendroctonus frontalis* Zimm. En la Reserva Natural Cerro Tomabú

Institución	No. brotes	Área afectada (ha)	Arboles comerciales	Arboles no comerciales
INTECFOR	8	5.116	467	747
INAFOR	7	4.02	118	1152
MARENA	3	1.64	NR	NR
Total parcial	18	10.78	585	1899
Área afectada = 10.78 ha = 1.33% del área total de la reserva (809.128 ha)				

NR: no reportó

El cuadro 1 nos indica que la afectación ocasionada por el descortezador de pino *Dendroctonus frontalis* Zimm fue de bajo impacto esto con relación al área total de la Reserva Natural (809.128 ha) y al área total afectada (10.78 ha), pero de mucha importancia ya que nos representa pérdidas económicas y ambientales en concepto de la madera comercial afectada que no fue extraída por el acceso del terreno y la falta de recursos económicos por otra parte la disminución de captura de carbono debido a la corta de arboles no comerciales afectados.

4.3. Valor económico de la madera comercial afectada

El cálculo del valor económico se obtuvo partiendo del volumen de madera comercial afectada.

Algunos dueños de las fincas donde ocurrieron los brotes pudieron extraer la madera y obtuvieron ganancias, pero otros no la pudieron extraer por problemas de acceso y la falta de recursos económicos para invertir en la extracción, resultando en este caso en pérdidas económicas.

El total de madera comercial fue de 487.8 m³, el cual, con el valor local de la madera en rollo de 62.8 dólares/m³ equivale a 30,633.84 dólares.

Al no contar con los datos de los árboles que le correspondieron a MARENA, los cálculos realizados en este estudio sobre volumen, valor comercial y valor ambiental se hicieron solamente con los datos provenientes del INTECFOR e INAFOR, pero se consideran suficientes como indicador ya representan el 85 % de la información de todo el área afectada (cuadro 2).

Cuadro 2. Volumen estimado y valor económico por árboles comerciales afectados en la Reserva Natural Cerro Tomabú

	No. árboles comerciales	Volumen estimado (m ³)	Valor económico US\$
INTECFOR	467	360.36	22,630.61
INAFOR	118	127.44	8,003.23
MARENA	NR		
TOTAL	585	487.8	30,633.84

NR: no reportó

Aun cuando la madera comercial tenga un valor favorable, no se puede decir que es valor ganado, porque en algunas fincas la madera aun no había sido extraída por problemas de acceso y de recursos, la cual, con el paso del tiempo, se deteriora con la consecuente reducción de su valor (figura 3).



Figura 3. Madera en rollo comercial que permanece en el bosque. Reserva Natural Cerro Tomabú, Estelí, Nicaragua. 2009

4.4. Pérdidas de beneficios ambientales, por carbono no capturado, producto de la afectación

Los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) atmosférico a través del proceso de fotosíntesis para convertirlo en madera. La cantidad de CO₂ que el árbol captura anualmente durante su desarrollo puede verse en el pequeño incremento anual que se presenta en su biomasa (De la Vega, J. s.f).

Para calcular la cantidad de CO₂ que se captura en un bosque, es necesario conocer el período en el cual el bosque alcanzará su madurez y considerar que los índices de captura de CO₂ varían de acuerdo al tipo de árboles, suelos, topografía y prácticas de manejo en el bosque. (De la Vega, J. s.f).

Al haber proyectado el volumen hacia 30 años adelante, en intervalos de cinco años, con base en la edad de los mismo y con el dato del IMA (2.5 m³/ha/año) propuesto por Cordero y Boshier (2003), se obtuvo un volumen proyectado final de 75 m³/ha, el cual, al ser multiplicado por el área afectada (10.78 ha), da un volumen total final de 808.5 m³ de madera que no se producirá (cuadro 3).

Con la densidad básica de la especie y el volumen proyectado se obtuvo un peso proyectado de 404,250 kg de biomasa.

$$P = D * V \quad D = (0.5 \text{ g/cm}^3) (1 \text{ kg}/1000 \text{ g}) (1,000,000 \text{ cm}^3/1 \text{ m}^3) = 500 \text{ kg/m}^3.$$
$$P = 500 \text{ kg/m}^3 \times 808.5 \text{ m}^3 = 404,250 \text{ kg}$$

Con base en la proporción de carbono contenido en la biomasa (50 %) se obtuvo:

$$404,250 \text{ kg de biomasa} \times 0.5 (50\% \text{ biomasa}) = 202,125 \text{ kg de carbono}/1 \text{ t}/1000 \text{ kg} = 202.125 \text{ t carbono.}$$

Si a la cantidad de carbono se le aplica el valor de 10 dólares, que es el que en promedio, se negocia por el servicio ambiental de captura, representa 2,021,25 dólares (cuadro 3).

Tomando en cuenta que es un área protegida y no se pueden realizar actividades de aprovechamiento, el pago por el servicio ambiental de captura de carbono podría ser una alternativa de ingresos para los pobladores aledaños a la reserva, de ahí la importancia de determinar esta pérdida.

Cuadro 3. Proyección de crecimiento en volumen y pérdidas potenciales por carbono no capturado en intervalos de cinco años, en la Reserva Natural Cerró Tomabú

Año	IMA	V (m ³ /ha)	Área	V(m ³)	Densidad pino Kg/m ³	Kg de biomasa	C 50% biomasa Kg	t C	1 t C US\$10
0	2.5 m ³ /ha/año	0	10.78 ha	0					
5		12.5		134.75	500	67,375	33,687.5	33.68	336.8
10		25.00		269.5	500	131,250	65,625	65.62	656.20
15		37.5		404.25	500	202,125	101,062.50	101.06	1,010.60
20		50.00		539.0	500	269,500	134,750	134.75	1,347.50
25		62.5		673.75	500	318,875	159,437.50	159.43	1,594.30
30		75.00		808.5	500	404,250	202,125	202.12	2,021.20

4.5. Estado actual de la regeneración natural

El total de individuos encontrados en las 27 parcelas de 100 m² fue de 182, lo cual se extrapoló a hectáreas obteniendo una densidad promedio de 680 individuos/ha. De acuerdo a criterios de INTECFOR/IRENA (1993), citado por INAFOR (2009), esto indica que existe una baja densidad de individuos, que determina que cuando hay una existencia entre 500-900 plantas/ha, es necesario replantar o enriquecer.

Por otra parte, el estado de la regeneración natural se encontraba entre regular y malo, ya que las plantas presentaban curvaturas en sus tallos, tallos completamente dañados, ocasionado por la maquinaria, caída o tumba de los árboles.

Tomando en cuenta la cantidad de individuos y la calidad de los mismos, se puede decir que la regeneración natural no es suficiente ni óptima para la recuperación del área, por lo cual es necesario su enriquecimiento.

4.6. Costos de enriquecimiento por plantación

El manejo forestal enfocado en la regeneración del bosque natural, se prescribe dentro de la planificación como plan de repoblación de los bosques de coníferas. Hay dos alternativas para establecer la regeneración del bosque pinar, regeneración natural y plantaciones, enfatizando que la regeneración es el método más idóneo y de bajo costo (INAFOR, 2006).

Sin embargo, como la regeneración del área de estudio es escasa y de baja calidad, se hace necesario el enriquecimiento del área a través del establecimiento de plantaciones.

Estableciendo el sistema de tres bolillos con 1,416 plantas/ha y restándole la densidad actual de 680 plantas /ha, se obtiene un total de 736 plantas/ha que se tendrían que plantar.

Con el costo de reforestación de US\$ 450 dividido entre 1,416 plantas /ha se obtiene un precio de US\$ 0.32 por cada planta, desde su producción hasta la siembra.

Por lo tanto para establecer 736 plantas/ha se necesita una inversión de 235.52 dólares/ha.

Tomando en cuenta que el área afectada es de 10.78 ha y el costo de enriquecimiento de 235.52 dólares/ha, el enriquecimiento tendría un costo económico total de 2,538.9 dólares (cuadro 4).

Cuadro 4. Costos de enriquecimiento del área afectada en la Reserva Natural Cerro Tomabú

	Área afectada(ha)	Costo de enriquecimiento US\$/ha	Costo de enriquecimiento US\$
INTECFOR	5.116	235.52	1,204.9203
INAFOR	4.02		946.7904
MARENA	1.64		386.3
TOTAL	10.78		2538.9

4.7. Factores ambientales incidentes en la propagación del gorgojo descortezador *Dendroctonus frontalis* Zimm.

Los pinos son afectados por plagas y enfermedades, pero la mayor importancia en Nicaragua radica en los insectos. El gorgojo descortezador de pino *Dendroctonus frontalis* es la plaga más destructiva y perjudicial en los bosques de pinos en Nicaragua (Jiménez y López, 2005).

Las condiciones climáticas pueden afectar directamente el crecimiento poblacional, supervivencia, ovoposición, cópula y dispersión; además de la resistencia del hospedero. La temperatura y la humedad relativa tienen un efecto directo en el ciclo de vida del insecto. La baja temperatura y alta humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga, siendo la temperatura óptima de 20-25 °C y 50-60% de humedad respectiva (Jiménez y López, 2005).

A través de la observación de las áreas afectadas, se pudo comprobar que el arbolado era muy denso, ya que los árboles estaban muy aglomerados en el área y en su mayoría se encontraban en estado de desarrollo, además de que, según los pobladores aledaños, la reserva se ve afectada por incendios forestales. Analizando todos estos factores, se puede pensar que la arboleda estaba propensa a la afectación producto de la falta de manejo.

También es probable que la dispersión de la plaga haya sido influida por factores climáticos como el viento, ya que este sopla del noreste y se percibió como los insectos eran transportados por este factor, al momento en que se tomaban los datos.

V. CONCLUSIONES

- ▶ El área afectada en la reserva equivale al 1.33% de su área total, la cual aunque parezca mínimo, debe dársele importancia, ya que es un área protegida.
- ▶ Se reporta a la especie *Dendroctonus frontalis* Zimm. como causante del daño en el bosque de *Pinus oocarpa* en la Reserva Natural Cerro Tomabú, así como el hallazgo de un morfotipo de la misma, atacando de manera conjunta.
- ▶ El valor económico que representa la madera comercial afectada es de US\$ 30,633.84.
- ▶ Las pérdidas de beneficios ambientales equivalen a US\$ 2,021.25 en concepto de carbono que ya no será fijado.
- ▶ La cantidad de individuos y la calidad de los mismos en la regeneración natural no es suficiente ni óptima para la recuperación del área, por lo cual es necesario hacer un enriquecimiento para la reposición de las áreas afectadas.

VI. RECOMENDACIONES

- ▶ Enriquecer y dar mantenimiento a las áreas afectadas para su recuperación.
- ▶ Realizar un manejo adecuado del área, que incluya tratamientos silviculturales (raleo, podas, quemas prescritas, corta de saneamiento) para prevenir nuevas infestaciones.
- ▶ Efectuar monitoreo permanente para la detección y atención temprana de nuevas infestaciones.
- ▶ Considerar en el plan de manejo del área protegida la inclusión de la venta de servicios ambientales.

VII. LITERATURA CITADA

Alcaldía de Estelí. 2008. Caracterización municipal de Estelí. Estelí, Nicaragua. (En línea) Consultado 20 Sep. 2009, Disponible en <http://www.alcaldiadeesteli.gob.ni./documentos.shtm/#medio%20Ambiente>.

Cordero, J., Boshier, D. 2003. Árboles de Centro América. Un manual para extensionistas. 1077 p.

De la Vega, J. s.f. Captura de carbono CO₂. Energía Renovable-Agricultura Sustentable. Planeación y Desarrollo de Proyectos (en línea) México. Consultado 15 de nov. 2009. Disponible en <http://www.J.delavegal.googleparges.com/carbono>.

Gayoso, J., Guerra, J. S/F. Contenido de carbono en la biomasa aérea en bosques nativos de Chile. Bosques Vol. 26 No 2. Consultado 17 de febrero 2010. Disponible en <http://www.scielo.c/scielo.php?pid=SO717>.

Gayoso, J., Schlegel, B. 2001. Una tarea pendiente: proyecto forestal para mitigación de gases de efecto invernadero. Instituto de Manejo Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Consultado 17 de febrero 2010. Disponible en http://www.medioambienteonline.com/forestry_project.html.

Herrera, Z., Lanuza, B., 1996. Especies para reforestación en Nicaragua. MARENA. Managua, Nicaragua. 185 p.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2002. Acciones realizadas y efectos causados por el gorgojo descortezador (*Dendroctonus frontalis* Zimm.) en las áreas boscosas de coníferas del departamento de Nueva Segovia. 2^{da} version. Managua, Nicaragua. 4 p.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2006. Establecimiento y manejo de regeneración natural de pino y/o plantaciones. Managua, Nicaragua.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2009. Resultados estudio de la regeneración natural en áreas afectadas por el gorgojo descortezador del pino. Consultado el 5 de Nov. 2009. Disponible en fomentoforestalinafor@alfanumeric.com.ni.

Jiménez, E. López, B. 2005. Protección Forestal. Identificación y fluctuación poblacional de depredadores de (*Dendroctonus frontalis* Zimm) y otros descortezadores de pino en Nueva Segovia. La Calera. Consultado 28 Julio 2009. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/calera/calera/La%20Calera%205%20Vol%206/tema3.pdf>.

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2006. Manejo del bosque de pino en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 65 pág.

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2009. Reserva Natural Tomabú. Managua, Nicaragua. Consultado 17/09/09. Disponible en <http://www.marena.gob.ni/index.php?>

Olivas, A. 2002. Estelí la metrópoli económica del norte de Nicaragua. La Prensa. Consultado 20 Sep. 2009. Disponible en <http://www.laprensa.com.ni/archivo/2002/diciembre/08/regionales>.

Procuraduría General de la República. 2006. Situación de la población del gorgojo barrenador y estado de afectación del bosque de transición coníferas-latifoliadas en la Reserva Natural Cerro Tomabú, Estelí. Managua, NI. 12 pág.

Rugama, M. 2006. Gorgojo carcomiendo pinares. Descortezador hace de las suyas en Estelí. Disponible en nuevodiario.com.ni. Managua, Nicaragua.

Zúñiga, Z. 2001. Notas sobre los gorgojos descortezadores *Dendroctonus* e *Ips*. Instituto Nacional Forestal. Nicaragua. 10 p. (Mimeografiado).