

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE *Pinus tropicalis* Morelet, EN BASE A CRITERIOS DE ECOFISIOLOGÍA DE LA ESPECIE, EN ALTURAS DE PIZARRA, VIÑALES, EN LA PROVINCIA DE PINAR DEL RÍO, CUBA.

ALBA CECILIA FERNANDEZ JARAMILLO

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

RÍOBAMBA – ECUADOR

2009

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación titulado “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE *Pinus tropicalis* Morelet, EN BASE A CRITERIOS DE ECOFISIOLOGÍA DE LA ESPECIE, EN ALTURAS DE PIZARRA, VIÑALES, EN LA PROVINCIA DE PINAR DEL RÍO, CUBA” de responsabilidad de la señorita egresada Alba Cecilia Fernández Jaramillo, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. María Samaniego

Directora

Ing. Amalia Cabezas

Miembro

ESCUELA SUPERÍOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Riobamba, Abril 2009

DEDICATORIA

A la memoria de mí querido padre.

A una mujer maravillosa:

Mi madre.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser la gran fuerza que impulsa mi vida, por guiarme en cada momento de mi existencia y permitirme hoy, cumplir una de mis metas.

A mi madre, por ser mi mayor ejemplo, motivo de mi superación, por su abnegado amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos, Fernando y Amparito quienes siempre me apoyaron y contribuyeron en mi formación personal y profesional, a mi querida Ketty, mi infinito agradecimiento por todo el apoyo, a mis sobrinos ustedes son mi razón de superación diaria.

Mi profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal.

A los miembros del Tribunal de Tesis, Ing. María Samaniego en calidad de directora y a la Ing. Amalia Cabezas en calidad de miembro, por la enorme ayuda aportada en el proceso investigativo.

A mi tutor el Dr. Yudel García Quintana, profesor de la Universidad de Pinar del Río, quien con su profesionalismo supo guiarme en la culminación del presente trabajo.

A mis amigos y compañeros de la Universidad de Pinar del Río, mi gratitud para todos aquellos con quienes tuve la oportunidad de compartir a Hugo, Meyer, Anaxi, Aida, siempre los recordare.

Finalmente un eterno agradecimiento a mis compañeras, Guadalupe, Angelita, Olguita, Soledad, Mariana, gracias por darme la oportunidad de haber compartido con ustedes momentos inolvidables, de diaria lucha por realizar un sueño.

A todos aquellos, quienes de una u otra manera colaboraron en la culminación de formación profesional, mi gratitud eterna.

LISTA DE CONTENIDO

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINA.
	LISTA DE CUADROS	vi
	LISTA DE GRÁFICOS	viii
	LISTA DE FIGURAS	ix
	LISTA DE ANEXOS	x
I.	TÍTULO	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
	Justificación	3
	Objetivos	4
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
VI.	CONCLUSIONES	87
VII.	RECOMENDACIONES	88
VIII.	RESUMEN	89
IX.	SUMMARY	90
X.	BIBLIOGRAFÍA	91
XI.	ANEXOS	99

LISTA DE CUADROS

N°	CONTENIDO	PÁGINA.
Cuadro 1.	Coordenadas geográficas de parcelas de estudio	30
Cuadro 2.	Patrimonio forestal de la EFI Vinales	33
Cuadro 3.	Niveles de producción en la empresa de <i>Pinus tropicalis</i> 2007	34
Cuadro 4.	Tratamientos silvícolas desarrollados en áreas de la especie	34
Cuadro 5.	Superficie cubierta, talas y pérdidas por incendios (ha) 2001/2006	34
Cuadro 6.	Valores medios de la caracterización química del suelo por localidades	52
Cuadro 7.	Valores medios de la caracterización física del suelo por localidades	53
Cuadro 8.	Valores descriptivos de la entrevista realizada a especialistas del sector forestal	60
Cuadro 9.	Evaluación de los criterios definidos para determinar el estado de conservación de las localidades	62
Cuadro 10.	Valores descriptivos del fenotipo en la especie en las diferentes Localidades	65
Cuadro 11.	Comportamiento de la rectitud del fuste en las localidades	66
Cuadro 12.	Comportamiento de la Ramificación por localidad	67
Cuadro 13.	Comportamiento del ángulo de inserción de las ramas	68
Cuadro 14.	Matriz de correlación entre 10 variables relacionadas con el estado de conservación, el fenotipo y rendimiento de las masas	70
Cuadro 15	Índices de diversidad	72
Cuadro 16.	Programa: conservación de la especie.	81
Cuadro 17.	Programa: conservación de la biodiversidad	82
Cuadro 18.	Programa: manejo de poblaciones naturales y comerciales	83
Cuadro 19.	Programa: capacitación y educación ambiental	84
Cuadro 20.	Programa: protección de riberas, lagunas y vertientes	85

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	CONTENIDO	PÁGINA.
Gráfico 1.	Valores de potencial hídrico en <i>Pinus tropicalis</i> Morelet	55
Gráfico 2.	Curva de pérdida de peso por localidades	57
Gráfico 3.	Medias de Transpiración cuticular por localidades	59
Gráfico 4.	Análisis de similitud entre las causas del deterioro y disminución de áreas de la especie.	61
Gráfico 5.	Dendrograma que muestra la similitud entre el fenotipo y rendimiento de la masa por parcelas.	69
Gráfico 6.	Dendrograma que muestra la similitud entre especies florísticas por localidades y parcelas	71

LISTA DE FIGURAS

N°	CONTENIDO	PÁGINA.
Figura 1.	Esquema lógico para el desarrollo del Plan de Manejo y Conservación	73
Figura 2.	Fase de planificación para actividades	76

LISTA DE ANEXOS

Nº CONTENIDO

1. Formulario para entrevista para determinar causas de deterioro de la especie
2. Metodología para determinar propiedades físicas de suelos
3. Metodología para determinar características físicas de suelos
4. Determinación de medidas de potencial hídrico
5. Determinación de medidas de transpiración cuticular
6. Mapa de los diferentes tipos de suelos de Pinar del Río
7. Regeneración natural de la especie
9. Lista de especies de flora localizadas en las parcelas

I. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE *Pinus tropicalis* Morelet, EN BASE A CRITERIOS DE ECOFISIOLOGÍA DE LA ESPECIE, EN ALTURAS DE PIZARRA, VIÑALES, EN LA PROVINCIA DE PINAR DEL RÍO, CUBA.

II. INTRODUCCIÓN.

El mundo posee poco menos de 4 000 millones de ha de bosques, que cubren alrededor del 30% de la superficie terrestre mundial, la deforestación sigue aumentando a una tasa alarmante de alrededor de 13 millones de hectáreas por año, al mismo tiempo, las plantaciones forestales y la expansión natural de los bosques han reducido considerablemente la pérdida neta de superficie forestal.

A nivel mundial, el 36% de los bosques están clasificados como bosques primarios (bosques de especies nativas) donde no se observan indicaciones claramente visibles de actividad humana y los procesos ecológicos no son objeto de trastornos considerables. América Latina y el Caribe junto con África son las dos regiones que están perdiendo sus bosques con las tasas más elevadas, la tasa anual de pérdida entre el 2000 y 2005 fue de 0.51%, superior a la del decenio de 1990 (0.46 %), los países de la región están actualmente en una dura batalla para conservar sus bosques primarios realizando considerables esfuerzos incluyendo un aumento anual de más del 2% en la superficie de bosques destinados para fines de conservación biológica.

Cuba al igual que en otros países en desarrollo, se observan afectaciones a la diversidad biológica debido a la antropización, lo que trae como consecuencia que se hayan modificado muchos hábitats naturales para su uso. Sin embargo, en la actualidad se hacen esfuerzos y toman medidas encaminadas a un desarrollo sostenible, con la conservación de los recursos naturales y la recuperación de los que se han degradado.

La conservación y desarrollo de los bosques ocupan actualmente un lugar importante en la política internacional, en Cuba las especies del género *Pinus* tienen un peso fundamental en el plan de fomento forestal, su preferencia está dada por su rápido crecimiento y los

múltiples usos que presenta su madera, empleándose como aserrada o rolliza para consumo nacional y de exportación, obtención de celulosa y resinas. La conservación de las especies en la tierra hoy en día es uno de los retos impostergables para asegurar la perpetuidad de los seres vivos como tales, lo que no impide que con el transcurso del tiempo se vayan extinguiendo las especies debido a factores tales como el manejo inadecuado de las especies, los incendios forestales, y las prácticas de aprovechamiento forestal.

El manejo forestal también es otro aspecto de relevancia y actualidad. El mismo que esta dirigido al conjunto de técnicas de intervención silvicultural que se realizan en un bosque, con el objetivo de incrementar la productividad referida básicamente a la parte maderable. Este proceso se realiza dentro de un marco definido por: las limitaciones biológicas y técnicas, la rentabilidad financiera, la distribución equitativa de los costos y los beneficios entre interesados, así como las exigencias de la ley.

La especie *Pinus tropicalis* Morelet es una conífera endémica de la región occidental de Pinar del Río, que posee una gran importancia económica, pues ofrece amplias perspectivas para su empleo en la reforestación al ser capaz de prosperar en suelos de muy baja fertilidad, donde otras especies no pueden brindar beneficio económico, además la calidad de su madera, resina y otros productos no madereros que de ella se obtienen, la hacen más atractiva en cuanto al aprovechamiento forestal con respecto a la especie *P caribaea* var. *Caribaea*.

En los últimos años ha existido una mala política en cuanto al manejo y conservación de este endémico, presentando problemas en los planes de forestación y reforestación, ya que se talan considerables volúmenes de madera y no son repoblados con esta especie, también se observan problemas de manejo en el vivero, debido a que presenta dificultad con la germinación de las semillas, tampoco se realizan los tratamientos silviculturales, y además ha existido una consecuente afectación en sus áreas naturales, provocadas fundamentalmente por los incendios forestales, aprovechamientos madereros, y los huracanes que frecuentemente azotan la región de la isla, lo cual ha contribuido a que en la actualidad, la especie *Pinus tropicalis* Morelet, se haya reportado como especie en estado de amenaza, según la Lista Roja de la Flora Vascular Cubana.

A. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de conservar los recursos genéticos ha propiciado el desarrollo de nuevos proyectos y grupos de trabajo que tratan de establecer las metodologías a aplicar en gestión forestal sostenible que favorezca la conservación de los recursos genéticos y que se convierta en un requerimiento más a cubrir en la gestión de los ecosistemas forestales, para ello es fundamental el establecimiento de planes de manejo que apoyen el desarrollo de metodologías adecuadas y que se establecen como el mantenimiento de la estrategia reproductiva y de los niveles de diversidad genética en el rango de existencia de la especie.

Durante más de tres siglos se ha estado talando, de forma selectiva o en tala rasa, el pinar natural que se desarrolla sobre las Alturas de pizarras, lo que ha provocado la pérdida total de su productividad al ser extraídos sistemáticamente los mejores individuos, fragmentando su superficie y llevándola a un estado de declinación que amenaza su supervivencia en el tiempo, siendo *Pinus tropicalis* Morelet la especie más afectada al reducirse su participación en los planes de reforestación, no haberse aplicado ningún plan de manejo a la formación natural así como las plantaciones existentes y no existir estudios sobre la ecología de la especie en su estado natural y plantación, tal que permita su recuperación y manejo.

Ecuador no es la excepción en cuanto a problemas similares ocasionados por mal manejo y falta de planes adecuados destinados a la conservación de especies endémicas, por ello se planteo la realización del presente trabajo de investigación desarrollado en la Universidad de Pinar del Río, por medio del cual aplicamos técnicas destinadas a entender el conocimiento profundo y detallado de las relaciones entre la especie en estudio y el medio, así como la regulación interna, como respuesta a los cambios ambientales, elemento importante a considerar en las acciones de conservación y manejo de los recursos forestales buscando la manera correcta de manejarlos, restaurarlos, protegerlos y conservarlos, y así aplicar metodologías similares en especies nativas en riesgo en nuestro país.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Elaborar un Plan de manejo y conservación de *Pinus tropicalis* Morelet, en base a criterios de ecofisiología de la especie en Alturas de Pizarra, Viñales, en la Provincia de Pinar del Rio, Cuba

2. Objetivos específicos

- a. Evaluar el estado de conservación, los índices de diversidad y las actividades de manejo y conservación en *Pinus tropicalis* Morelet.
- b. Caracterizar atributos ecofisiológicos de la especie en áreas sometidas a actividades de manejo y conservación así como en áreas no manejadas y en áreas naturales.
- c. Elaborar un plan de manejo y conservación para la especie, *Pinus tropicalis* Morelet.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. SITUACION ACTUAL

1. Características generales del territorio cubano

El archipiélago cubano, conformado por la Isla de Cuba y de la Juventud y más de 1.600 cayos, ocupa una superficie de 110.982 Km. y 5.746 Km². de costas, con una población de 11.038,602 habitantes, dividido en 14 provincias y 169 municipios, con una densidad poblacional de 100 hab/Km² (Álvarez, 2002).

El relieve de la isla está condicionado, por su posición en la zona de interacción de las placas de América del Norte y El Caribe, su ubicación en el borde septentrional de la zona de los bosques tropicales periódicamente húmedos y la influencia de las oscilaciones paleoclimáticas del Cuaternario (Del Risco, 1995).

a. Aspectos edafo-climáticos del país.

Los suelos de esta región, son arenosos derivados de cuarcitas, esquistos cuarcíticos y hasta cierto punto por rocas asociadas no cuarcitosas, Alturas de Pizarra cuenta con suelos predominantemente arenosos y poco profundos, debido al constante lavado de las precipitaciones, pareciendo la roca madre al descubierto en extensas zonas y la pésima calidad de estos suelos ha convertido la formación en un refugio de pinos y encinos, cuya tendencia es alejarse de especies competidoras (Betancourt, 1987)

En Cuba, las temperaturas medias anuales en las zonas llanas tienen poca variación, pues mientras que en la región sur-oriental oscilan entre 27°C y 28°C, en la región centro-oriental hasta la central promedian entre 25°C y 26°C y llegan hasta los 24°C y 25°C en la región occidental (Borhidi, 1996)

Las lluvias varían desde menos de 500 mm en la región costera sur oriental entre Maisí y Guantánamo, hasta más de 3 000 mm en la zona montañosa entre Baracoa y Moa. En cuanto a la distribución territorial, hay diferencias marcadas, pues mientras en las zonas llanas orientales las lluvias medias anuales varían entre 700 y 1 300 mm, éstas aumentan hacia el oeste, y en la región occidental la media está entre 1 400 y 1 600 mm (Del Risco, 1995).

El Departamento de Suelos de la Delegación Provincial de Pinar del Río reporta que la mayoría de los suelos montañosos de las Alturas de Pizarra corresponden a suelos esqueléticos, cuestión con la cuál no coinciden algunos autores pues existen marcadas diferencias a lo largo de toda la formación, presentándose como terrenos arenosos y otros arcillosos, con predominio de esquistos los primeros y en los segundos rocas metamórficas con abundancia de cuarzo. (MINAGRI, 1984).

b. Características de la flora cubana.

La flora forestal autóctona está compuesta por 627 especies arbóreas pertenecientes a 243 géneros, a los cuales pueden añadirse otras 18 especies de 13 géneros que se consideran naturalizados en el país, para un total general de 645 especies distribuidas en 256 géneros (CITMA, 1998).

Los bosques naturales cubanos se clasifican en 16 formaciones forestales, y tanto por el área que ocupan, como por la importancia económica de las especies que la constituye, las formaciones fundamentales son los manglares, el pinar y el bosque semicaducifolio. (Herrero, 2006)

c. Flora y vegetación de Pinar del Río.

Pinar del Río, entre las 14 provincias del país es la de mayor superficie boscosa, con un 39,7% y también la de mayor superficie en áreas protegidas, con un 22% (UMA, 2007), que se reparte en 36 enclaves que abarcan la mayor parte de los ecosistemas presentes.

En Cuba, las especies de *Pinus* tienen una importancia fundamental en el plan de fomento forestal para la etapa 1997-2015, estando determinada su preferencia por el rápido crecimiento que presenta y los múltiples usos que tienen sus maderas (MINAGRI, 1996).

Las áreas naturales de los pinares de *Pinus tropicalis* han sido taladas casi todas y la mayoría las han convertido en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Esto ha sido un procedimiento erróneo, pues *Pinus caribaea* no es tan resistente a condiciones tan extremas como *Pinus tropicalis* soporta, y al final su producción y resistencia es menor (Capote y Berazaín, 1984).

En Pinar del Río la especie *Pinus tropicalis* Morelet, es considerada una especie de mucho interés en los planes de reforestación de la provincia, en Pinar del Río existen dos rodales semilleros seleccionados como fuentes productoras de semilla mejorada de la especie, con un total de 150 ha., habiéndose establecido 11 áreas experimentales bajo el control del Instituto de Investigaciones Forestales con esta especie, integradas por un huerto semillero de brinzales de primera generación 1982, (Álvarez, 2000, citado por Bonilla, 2001).

Según datos referentes a la dinámica forestal (Servicio Estatal Forestal, 2007), la provincia de Pinar del Río contaba en el año 2000 con 450.000 ha. de superficie forestal cubierta de bosques, de las cuales 67.773,8 ha, eran de *P. tropicalis* (Bonilla, 2001), lo que significa que con respecto a los datos de 1983 el área cubierta por la especie en esta provincia había aumentado en 33,4 % (Del Risco, 1995).

B. PLAN DE MANEJO

Es una propuesta metodológica guía para la construcción de una visión del futuro; es una herramienta de gestión que incluye registrar, evaluar y planificar. Es un proceso sujeto al análisis y revisión constante de información secundaria, de la línea base dentro de esto esta enmarcado los diferentes rubros como registro, manejo y la administración que deben disponer para cada aplicación. (SEF, 2006)

Comprende tres operaciones básicas: descripción, definición de objetivos y ejecución de las acciones necesarias. La preparación de un plan complejo nunca debe constituir una excusa para la inacción o el retraso. Será de gran utilidad elaborar un resumen ejecutivo muy breve para los responsables de la toma de decisiones, con el objeto de que las decisiones de principio y de asignación de fondos, puedan ser tomadas de manera integral. El plan de manejo en sí mismo debe ser un documento técnico; no jurídico, pese a que puede resultar adecuado que la legislación sienta las bases de principio del plan de manejo. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/fgr>.

También debería designarse una autoridad responsable de la aplicación del plan de manejo. Esto puede resultar especialmente pertinente en los sitios de gran extensión, donde es preciso tener en cuenta todos los intereses, usos y presiones relacionados. Aunque las condiciones varían, estos lineamientos pueden ser aplicados en todo el mundo. Hay que recalcar que los lineamientos distan mucho de constituir un plan de manejo, el cual será un documento mucho más detallado.

Las áreas generales de trabajo requeridas para alcanzar los objetivos operativos se desglosan en unidades de trabajo claramente definidas, que se pueden denominar "proyectos". Cada descripción de proyecto contendrá, o hará referencia a la suficiente información para que las personas responsables del proyecto puedan realizar su trabajo. Se incluirán datos sobre: el personal responsable del trabajo, cuando debería hacerse el trabajo, cuanto tiempo llevará, y el coste. A cada proyecto se le asigna una prioridad y temporalidad el año (o años) en que estará en vigencia. (SEF, 2004)

1. Programas de trabajo

Las revisiones se efectuarán siguiendo los mismos rubros de los proyectos, detallando el trabajo realizado y los resultados del monitoreo y estudios. Esta información proporciona la base para las revisiones a corto plazo, normalmente anuales, y aquellas a más largo plazo o de mayor alcance. El objetivo de las revisiones a corto plazo es simplemente el de confirmar que un sitio está siendo manejado cumpliendo con los requisitos del plan.

Las revisiones de mayor alcance se realizan para cerciorarse de que los objetivos operativos se estén cumpliendo y de que sigan siendo pertinentes. La frecuencia de estas revisiones sustantivas dependerá de una serie de factores, en particular la dinámica y vulnerabilidad del sitio. Raramente será inferior a un año y no deberá exceder los 10 años (SEF, 2004)

2. Fundamentos del manejo sostenible de los Recursos Naturales

La calidad del suelo es un concepto basado en la premisa de que su manejo puede deteriorar, estabilizar o mejorar las funciones del ecosistema. El reciente interés en mantener la calidad del suelo ha sido estimulado por un conocimiento renovado de la importancia de la condición del suelo para la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola y la calidad ambiental.

Las desventajas como la compactación del suelo, la contaminación del agua por pesticidas, el decrecimiento de la biodiversidad y el incremento de la erosión son consecuencias de este tipo de manejo, resultan cada vez más evidentes, por lo que se debe mantener y mejorar la calidad del suelo en sistemas forestales. Las propiedades físicas del suelo son factores dominantes que determinan la disponibilidad de oxígeno y movimiento de agua en el mismo, condicionando las prácticas agrícolas a utilizarse y la producción del cultivo. Sin embargo, estas propiedades no escapan de los efectos producidos por los distintos tipos de labranza originándose cambios en el ambiente físico del suelo, con importantes repercusiones en su calidad bioquímica y su fertilidad. (SEF, 2006)

3. Manejo Integrado de los Recursos Naturales

Es un proceso iterativo de decisiones sobre los usos y modificaciones a los recursos naturales dentro de una zona. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos, que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el corto, mediano y largo plazo, para la sustentabilidad de los recursos.

Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos naturales y humanos de un lugar. De ahí que este proceso requiere la aplicación de las ciencias sociales, políticas, económicas y naturales.

Así mismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto el concepto integral implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación. Los planes de manejo integral es el conducir al desarrollo de la cuenca a partir de un uso sustentable de los recursos naturales. Disponible en http://www.un.org/esa/forests/pdf/national_reports/unff5/venezuela.pdf.

4. Programas de conservación y/o restauración

A cada proyecto productivo le corresponde un programa de conservación y/o restauración del ambiente. De esta manera, el proyecto productivo tiene un fuerte componente de conservación y restauración. Son fundamentales para que los usuarios vayan profundizando su conocimiento del ambiente y del funcionamiento de los ecosistemas, de lo que la degradación de los mismos produce y del trabajo que se requiere para recuperarlos. (SEF, 2006)

C. LA CONSERVACIÓN, MANEJO, AUTOECOLOGÍA Y ECOFISIOLOGÍA DE LOS RECURSOS FORESTALES

1. La conservación

La diversidad biológica es la base de la vida en la tierra, el hombre percibe de la biodiversidad múltiples beneficios, siendo el más importante la variedad de plantas de las que obtiene alimentos, medicinas y materiales para la construcción de viviendas. A pesar de la gran magnitud, la diversidad biológica es finita y se está reduciendo debido a la sobreexplotación a la que la especie está siendo sometida. Esto ha causado el deterioro y destrucción de muchos hábitats y la desaparición de especies, limitando así la disponibilidad de los recursos poniendo en peligro la subsistencia de generaciones futuras. (Baena *et al*, 2003)

En la actualidad la existencia y cuidado de los bosques no obedece a simples razones de producción, por importantes que estas sean, sino a la necesidad de contar con abundantes y bien distribuidas superficies forestales, ya que representan un papel esencial en el equilibrio biológico y social de su territorio. (Betancourt y Villalba ,2004)

Cuba al igual que en otros países en desarrollo, se observan afectaciones a la diversidad biológica debido a la antropización, lo que trae como consecuencia que se hayan modificado muchos hábitats naturales para su uso (Bosch,2000)

Los impactos más importantes provocados por las actividades desarrolladas por el hombre sobre los ecosistemas son: la destrucción y fragmentación de hábitat, los cambios climáticos, la contaminación, las especies introducidas y la sobreexplotación (Leal, 2000).

Como consecuencia del uso incontrolado de la vegetación y la consiguiente transformación del paisaje natural, actualmente, en el ámbito nacional e internacional, existen serios problemas derivados de la importante disminución de las masas vegetales naturales, lo que guarda relación con la extinción de especies, la erosión incontrolada, la desertificación, el embancamiento de causes, así como con las inundaciones y el aumento de la contaminación (Leal, 2000).

La conservación es una disciplina dedicada a la preservación, rescate, mantención, estudio y utilización del patrimonio que representa la biodiversidad. La conservación debe planificarse de tal modo que se integre con los planes de desarrollo sustentable y de utilización sostenible de los recursos naturales de las diversas regiones. Esta integración sería la única garantía que permita mantener los objetivos de conservar la biodiversidad en el tiempo (Pearce, 2001).

En Cuba la conservación se aborda en cuatro dimensiones con las especies arbóreas forestales, ecosistemas y en menor escala las poblaciones, procedencias, e individuos. Con respecto a los ecosistemas son conservados mediante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cuya administración está compartida actualmente por el Ministerio de la

Agricultura y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (Álvarez ,1998)

El establecimiento de planes de manejo y conservación basada en aspectos de caracterización de variabilidad de las especies existentes en cada población tanto a nivel morfológico como genético así como en aspectos de autoecología de la especie permiten identificar categorías de conservación como resultado de los estudios de genofondo para garantizar la preservación del mismo, las estrategias integradas en el plan de manejo conceden importancia tanto a la conservación *in situ* como *ex situ*, teniendo en cuenta la situación particular del taxón, promoviendo la utilización de las bondades de cada una y teniendo como meta la recuperación de la especie como población y no como individuos aislados de la especie (Urquiola, 2007).

En Cuba los mayores índices de endemismo y biodiversidad terrestres se localizan en los ecosistemas forestales, se agrupan en 16 formaciones vegetales representadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas propuesto para Cuba, este cuenta con 263 que cubren el 17,6 % del territorio nacional (Herrero *et al.*, 2004).

La conservación y utilización racional de los recursos forestales constituye un importante desafío de carácter global, por cuanto conseguir un adecuado equilibrio entre la utilización y conservación de estos recursos representa un aspecto crucial para el desarrollo (Quédraogo, 1997), citado por (García, 2006).

La importancia que la sociedad concede a la diversidad biológica se ha visto incrementada en la última década, en parte debido a la firma de la Convención de la Diversidad Biológica en 1993 y a la demanda social de espacios naturales de recreo y ocio. Hay una creciente preocupación por la pérdida de especies y hábitat, la erosión de la diversidad bajo un impacto humano cada vez mayor y la modificación de los procesos que la modelan. Al mismo tiempo, existe un desafío marcado por la complejidad de los ecosistemas y por la ignorancia de los mecanismos que sustentan la diversidad biológica. Disponible en www.portalagrario.gob.pe/rn forest.shtml.

2. Manejo de Recursos Forestales

La sostenibilidad de manejo del bosque se ha vuelto un objetivo prominente en la última década, debido a las preocupaciones de sobre explotación de los recursos, así como los posibles efectos de cambio climático (Watson *et al.*, 1995 y Schwalm y Ek, 2001).

El concepto de manejo forestal sostenible ha venido cambiando a través del tiempo , para incorporar nuevos aspectos ecológicos y sociales, por ejemplo las directrices de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT,1999), considerando aspectos sociales y económicos , pero con énfasis en la producción de madera y aspectos ecológicos, manejo sostenible de manera que la administración del bosque y tierras de vocación forestal sea en forma e intensidad tales que se mantenga la diversidad biológica, la productividad, la capacidad de regeneración, la vitalidad y su potencial para cumplir , ahora y en el futuro, las funciones ecológicas económicas y sociales relevantes a nivel local y global y sin causar daños a otros ecosistemas (Orozco ,2004).

El manejo humano de la biosfera se debe dar de tal forma, que pueda producir los mayores beneficios sostenibles para las generaciones presentes, en tanto se mantiene su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Significa reducir la presión de los recursos e implica un manejo prudente y planificado de los recursos y no meramente la protección y prevención exclusiva de cualquier uso. Es importante destacar que aunque existe una estrategia nacional para la diversidad biológica que aborda objetivos comunes enfocados al principio de sostenibilidad es necesario encaminar estrategias para aquellas especies forestales que presenten problemas con su conservación. Disponible en <http://www.mma.esconservat/acciones/meora/genet/serranillo/enderucimiento.ph1.pdf>

3. La autoecología

La autoecología es la rama de la Ecología que estudia las relaciones de una sola especie con el medio ambiente. Esto comprende estudios de esa especie en relación con el hábitat que ocupa, con respecto a su adaptabilidad y de selección, se basa en las tablas vitales y la biología de la especie. Mucho de la etología y la fenología individual son aportes a la

autoecología desde un punto de vista fisiológico (Biblioteca virtual del banco de la República, 2005).

Los procesos fisiológicos normales se desarrollan bajo condiciones ambientales ideales. Sin embargo las plantas raramente viven bajo tales condiciones y, usualmente falta algo, a veces varios factores se apartan de las mismas. A causa de la competencia, las plantas muchas veces viven al límite de su capacidad para sobrevivir y superar una o más condiciones adversas. Esto crea un considerable *stress* en el organismo. El cual reacciona poniendo en juego diversos mecanismos bioquímicos y fisiológicos para vencer, evitar o neutralizar aquel. El conocimiento de dichos mecanismos resulta de gran utilidad con vistas a la mejora genética y, de forma especial, en la introducción de especies en lugares de condiciones ecológicas muchas veces extremas (Medina, 2006).

Dentro de los aspectos que se deben tener en cuenta para el estudio autoecológico de una especie está la fenología, definida como la ciencia que relaciona los factores climáticos con el ritmo periódico de las plantas. La vida de un organismo cualquiera, animal o vegetal está caracterizado por diferentes períodos o estados, en los cuales se producirán cambios de tamaños, volumen, y composición, es decir, evolucionan durante su ciclo vital; en un vegetal, se observa la germinación, brotación de las hojas, floración, fructificación y caída de las hojas (Linneo, 1759, citado por León, 2002).

Los estudios de autoecología de las especies forestales es de vital importancia para la planificación y gestión en los espacios forestales, a través del conocimiento cuantificado de los intervalos que definen los hábitats óptimos y marginales de cada especie estudiada, así como mediante el manejo de modelos predictivos de la calidad de estación correspondiente, estos estudios se centran en definiciones y clasificaciones de hábitats de especies en sus áreas de distribución, laboración de modelos que estimen la calidad de la estación para la especie en su área de distribución, pretendiendo con ello tipificar paramétricamente la aptitud de una estación para sustentar una determinada especie forestal a través de la elaboración y el análisis de una serie de parámetros ecológicos de naturaleza fisiográfica, climática, edáfica y edafoclimática, así también manifiesta que, la ecofisiología forestal es de vital importancia por cuanto el estudio de los procesos

metabólicos que controlan el crecimiento y desarrollo de los árboles, los que de acuerdo a su potencial genético, les permiten su supervivencia y reproducción como especies en ambientes específicos, a través del tiempo, en el caso de la silvicultura, la investigación ecofisiológica tiene un objetivo común que es la optimización de la producción.(López,2006)

Los estudios de autoecología de la especie, se deben entender como los mecanismos fisiológicos de la reproducción frente a condiciones limitantes variables, así como entender los mecanismos de adaptación al estrés de cualquier naturaleza, menciona además que es de importancia conocer la plasticidad de los mecanismos de adecuación frente a una biosfera cambiante (García ,2006)

En estudios sobre autoecología de la especie *Pinus tropicalis*, plantea que la salida del sol estimula la apertura de los estomas en la planta, lo cual indica las pérdidas por transpiración y provoca el descenso del potencial, por su parte (Oliet, 2001), manifiesta que la mayor parte de los procesos fisiológicos que va a realizar la planta están relacionados con el estado hídrico de la misma al alba, además esta medida, estima muy bien la humedad en términos de potencial o energía, ya que de madrugada y después de muchas horas con los estomas cerrados las plantas se convierten en manómetros del potencial hídrico del suelo. (García ,2006)

4. La ecofisiología

Los procesos fisiológicos normales se desarrollan bajo condiciones ambientales ideales. Sin embargo las plantas raramente viven bajo tales condiciones y, usualmente falta algo, a veces varios factores se apartan de las mismas. A causa de la competencia, las plantas muchas veces viven al límite de su capacidad para sobrevivir y superar una o más condiciones adversas. Esto crea un considerable *stress* en el organismo. El cual reacciona poniendo en juego diversos mecanismos bioquímicos y fisiológicos para vencer, evitar o neutralizar aquel. El conocimiento de dichos mecanismos resulta de gran utilidad con vistas a la mejora genética y, de forma especial, en la introducción de especies en lugares de condiciones ecológicas muchas veces extremas (Medina, 2006).

La ecofisiología, estudia los fenómenos fisiológicos fuera del laboratorio, en su medio ambiente natural, el cual está sujeto a cambios y alteraciones, como resultado de fenómenos naturales o producto de la actividad humana (Hernández, 2005).

Los estudios modernos de ecofisiología tienen el objetivo de explicar los procesos de ecología de las plantas como rendimiento, supervivencia y distribución en términos fisiológicos orientados fundamentalmente a entender mecanismos de adaptación al estrés de cualquier naturaleza y conocer la plasticidad de los mecanismos de adaptación frente a una biosfera cambiante, los cuales son de gran importancia para el manejo adecuado y la conservación de las especies. Esta disciplina ha surgido como una disciplina frontera entre la fisiología y la ecología en las que se contestan preguntas sobre adecuación de las plantas a su medio (Orellana y Escamilla, 1991).

Un aspecto relevante en el desarrollo de la ecofisiología se obtuvo de la importancia de la fisiología para la agricultura. Incluso hoy en día, la productividad agrícola en países industrializados está limitada al 25% de su potencial, por condiciones de sequía, suelos infértiles y otros factores ambientales indeseables. Uno de los objetivos principales de las investigaciones agrícolas, ha sido el desarrollar cultivos tolerantes a estados ambientales estresantes, de tal manera que soporten condiciones climáticas adversas o que se puedan cultivar en hábitat desfavorables. Así se han desarrollado variedades de plantas tolerantes a la salinidad o que soporten el estrés hídrico (Hernández, 2005).

Los estudios modernos de ecofisiología tienen el objetivo de explicar los procesos de ecología de las plantas como rendimiento, supervivencia y distribución en términos fisiológicos orientados fundamentalmente a entender mecanismos de adaptación al estrés de cualquier naturaleza y conocer la plasticidad de los mecanismos de adaptación frente a una biosfera cambiante, los cuales son de gran importancia para el manejo adecuado y la conservación de las especies, (Orellana y Escamilla, 1991).

La evaluación ecofisiológica proporciona un medio de evaluar los riesgos asociados con la selección basada exclusivamente en la tasa de crecimiento. Los genotipos superiores pueden evaluarse con varias herramientas fisiológicas para examinar su susceptibilidad al

estrés. Las respuestas se pueden evaluar bajo una mayor gama de condiciones ambientales que a las que se verán expuestas en cualquier sitio durante cualquier período particular de tiempo, (Orellana y Escamilla, 1991)

Dentro de los estudios de autoecología y ecofisiología es de mucha importancia los estudios de transpiración cuticular o residual. El agua es vital en la producción de cultivos ya que el crecimiento de las células vegetales se produce por acción del agua. La falta de este elemento provoca una menor área foliar, menor fotosíntesis y como consecuencia una menor producción, en la transpiración cuticular juega un rol importante el grosor de la cutícula, así como otros atributos morfológicos que la planta desarrolla bajo diferentes condiciones hídricas y así, la producción de hojas más cortas y robustas, con menos superficie transpirante, está relacionada con la inducción de un cierto estrés hídrico favoreciendo la tolerancia a la sequía. (Medina, 2006).

En estudios realizados en *Pinus caribaea* enuncia que las mayores tasas de fotosíntesis se han registrado en las horas solares de la mañana a partir de las 10:00 AM, y precisamente a esta hora las plantas tienen abierto sus estomas; a partir de este punto disminuye la fotosíntesis, hasta las 2:00 PM este valor supera al de las 10:00 AM, el autor plantea que este comportamiento desde las 10:00 AM hasta las 2:00 PM, pudiera deberse a factores como la exposición del sol, las condiciones del ambiente y la arquitectura de las plantas, pues el movimiento del sol al parecer en estas horas del día permite que en determinados momentos la arquitectura de la planta provoque cierto sombreado y disminuya la intensidad luminosa hacia el interior del rodal y a partir de las 4:00 PM se observan valores negativos, lo que indica que a esta hora los mecanismos de respiración de las plantas son mayores que la asimilación de CO₂, debido a un descenso en la fotosíntesis por la incidencia de la luz que favorece el cierre de los estomas. (García, 2006)

La posibilidad de mantener un balance positivo en cuanto a la fijación de carbono aún en presencia de un déficit hídrico depende de un conjunto de respuestas que tienen lugar a diferentes niveles de organización biológica. Una serie de cambios en los tejidos, en las hojas y en la planta entera se combinan para asegurar la supervivencia y en ocasiones para retardar el crecimiento durante los períodos de escasez de agua. Estas respuestas se dan en

un lapso de un minuto, horas o días, y entre ellas podemos mencionar la respuesta de los estomas a los destellos de luz, el ajuste de las tasas fotosintéticas y de conductividad, el cambio en el ángulo de las hojas (con respecto a la vertical) y finalmente, el marchitamiento o el desarrollo de las hojas que toleren la carencia de agua (Guariguata y Kattan 2006).

a. Orientaciones de los estudios de ecofisiología

- Entender los mecanismos fisiológicos de apropiación y utilización de recursos ambientales como energía, agua, nutrimento minerales, y gases en condiciones de concentración y temperaturas variables.
- Entender los mecanismos fisiológicos de la reproducción frente a condiciones limitantes variables.
- Entender los mecanismos de adaptación al estrés de cualquier naturaleza.
- Conocer la plasticidad de los mecanismos de adecuación frente a una biósfera cambiante.

b. Relación de la ecofisiología con los planes de conservación

Tiene en cuenta los mecanismos fisiológicos en relación con los organismos y el medio. Es una herramienta primordial en la conservación tanto por el aporte al diseño de estrategias de conservación como por el aporte básico de poder entender y conocer las limitantes ambientales a los mecanismos fisiológicos y como se conoce existen especies forestales que son más vulnerables a los cambios del medio y que presenten restringidos requerimientos lumínicos, térmicos, hídricos y por tanto una variación en su hábitat puede perturbar las tasas reproductivas y niveles de productividad en el ecosistema. Permite tener una respuesta fisiológica que posibilite de manera eficiente y eficaz la adaptabilidad de la especie ante el medio (García, 2006)

c. Relación de la ecofisiología con el manejo forestal

El conocimiento y aplicación de esta herramienta permite determinar niveles de adaptabilidad de una especie ante un determinado ecótopo, lo cual propicia sentar las bases para un manejo prudente y planificado del recurso forestal en aras de obtener mayores niveles de supervivencia y productividad en el ecosistema. Ayuda a entender las causas de supervivencia de las plantas en su medio natural siendo de importancia para lograr el manejo adecuado. (García, 2006)

5. Aspectos de Potencial hídrico y transpiración

a. Potencial hídrico

La cantidad de agua en la planta suele evaluarse por medio del potencial hídrico, el cual es un indicador del estado hídrico. El mismo varía con las condiciones ambientales y con la época estacional del año. El potencial hídrico de la planta está determinado por dos factores importantes que son: la humedad del suelo, que controla el suministro de agua y la transpiración que gobierna la pérdida de agua. Estos factores ejercen su acción a través de la conductancia estomática, que depende tanto del contenido de agua del suelo como de la humedad relativa del aire (Oliet ,2001).

El potencial hídrico evalúa la cantidad de agua en la planta y no es más que la fuerza con que un cuerpo es capaz de absorber agua del ambiente. Este se puede entender como el agua que se mueve desde el suelo a la superficie de la raíz y entra a los vasos xilemáticos hasta llegar a las células del mesófilo y luego pasar a la atmósfera, gracias al gradiente de potencial que existe en el sistema suelo-planta-atmósfera (Villar *et al*, 1982).

El movimiento neto del agua, siempre se produce en dirección de la disminución del potencial hídrico, es decir más alto en el suelo, más bajo en las células próximas a la epidermis de la hoja, debido a la evaporación del agua hacia la atmósfera vía transpiración. La ascensión se produce por un fenómeno de transpiración-cohesión-tensión (Medina, 2006)

Las plantas necesitan agua no solo porque este elemento forma parte de las células, sino porque actúa como disolvente, siendo necesario en la mayoría de las reacciones químicas, incluida la fotosíntesis. Además, es el vehículo de entrada de los nutrientes minerales desde la solución del suelo, a través de los pelos radicales, vía xilema, y hasta las hojas. Casi toda el agua es absorbida por las raíces. En la mayoría de las plantas el sistema radical es una red muy ramificada que penetra en un gran volumen de suelo. El agua se absorbe por diferencia de potencial hídrico, moviéndose desde las regiones de alto potencial en el suelo a las regiones de bajo potencial en las raíces (Medina ,2006)

1) Metodología de Oliet para determinación del potencial hídrico.

El principio del método de determinación del potencial hídrico de las plantas, donde plantea que el funcionamiento se basa en el hecho de que al estar el agua sometida a tensión (succión) en el interior de los tejidos, si se somete a dicho órgano, una hoja o una ramita a una presión que es igual a su potencial hídrico (tensión con la que está retenida el agua), se producirá la liberación del agua del mismo.

Las medidas de potencial hídrico de una planta reflejan el balance entre la captación de agua por las raíces y la pérdida de agua por las hojas. La cámara o bomba de presión estima en forma rápida el potencial en laboratorio o en campo. Los tallos u hojas de las plántulas o árbol se cortan y se introducen con el corte expuesto hacia el exterior de la cámara.

La presión se aplica lentamente hasta que el agua aparece en la superficie del corte, en este punto la presión en la cámara se considera en equilibrio con la tensión negativa dentro del xilema, mientras más negativa sea la tensión más negativo es el potencial y más elevado el estrés hídrico de la planta.

Durante la noche, en la oscuridad, los estomas se cierran, la transpiración cesa y los árboles se rehidratan. Antes del amanecer, el potencial hídrico de las plantas se equilibra con el del suelo, así las medidas de potencial en este momento proporcionan una medida del estrés hídrico mínimo a que se expone el árbol. Durante el día, la transpiración aumenta y su

velocidad depende de las características genéticas de la planta, la sequedad del aire y la humedad del suelo, conforme transcurre el día el potencial hídrico de la planta disminuye. Estas medidas pueden ser útiles para interpretar las mediciones de intercambio gaseoso (Oliet ,2001).

b. Transpiración cuticular

La transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas de las hojas principalmente, debido al proceso de evaporación, la transpiración cuticular es la que se produce a través de las paredes celulares exteriores una vez que los estomas se han cerrado. En las plantas de ambientes xéricos tienden a presentar tasas de transpiración cuticular inferiores a las de ambientes más húmedos, además manifiesta que cada especie necesita una cantidad mínima de energía para desarrollar su ciclo vegetativo, así como la acumulación de cierta cantidad de energía para iniciar su actividad tras un periodo de reposo. (Oliet, 2001)

D. LA ESPECIE *Pinus tropicalis* MORELET

1. Características generales de la especie

Pinus tropicalis Morelet, de la familia de las pináceas, endémica de la provincia de Pinar del Río, conocida vulgarmente como pino hembra y pino blanco, logra alcanzar hasta 25 m de altura y 50 cm de diámetro, no obstante puede alcanzar tamaños más grandes, pertenece al subgénero *Pinus*, y constituye conjuntamente con el *Pinus resinosa* los únicos representantes de este grupo en el Nuevo Mundo (Pearce, 1998).

Considerada como una especie muy antigua, *Pinus tropicalis* Morelet presenta un área de distribución prácticamente continua, se desarrolla en los suelos derivados de las areniscas o cuarcitas de la formación San Cayetano, ocupando los suelos menos profundos y más secos en las crestas de las montañas y en las cimas de las laderas soleadas. También se puede encontrar en los suelos arenosos de las sabanas ,esta especie está confinada a los sitios ecológicamente extremos, y en lugares donde los suelos son más pobres y secos, forma

rodales puros o casi puros, pero en otros más fértiles al pie de las laderas está asociado a *Pinus caribaea* Morelet variedad *caribaea* (Samek, 1967).

Pinus tropicalis Morelet es la más heliófila de los pinos cubanos, por lo tanto requiere una gran cantidad de luz para su germinación y desarrollo, lo que indica que su regeneración natural solo es posible en lugares soleados, el hecho de que la especie viva en los suelos más pobres, es según, por la poca agresividad que posee y no existe razón alguna para que ocupe los lugares más fértiles. (Samek, 1989).

Las características anotadas anteriormente unido al bajo poder germinativo de sus semillas, probablemente debido a la manipulación incorrecta de las mismas, y su lento crecimiento en los años iniciales después de la plantación, han traído por resultado que los productores no la seleccionen para sus planes de reforestación (Espinosa, 2000)

La especie se asocia con ectomicorrizas, las cuales ayudan a suministrar nutrientes minerales, al aumentar el área de absorción de la planta y el poder de asimilación de los pocos nutrientes en esos suelos tan pobres, además presenta un conjunto de modificaciones anatómicas y fisiológicas que le permiten desarrollarse en áreas muy secas (sequía edáfica), como son: cutícula gruesa, estomas hundidos y área foliar reducida, que impide el exceso de transpiración. También presenta un sistema bien desarrollado de producción de resina, que hace a estos pinos muy resistentes a las infecciones y a los daños físicos (León y Suárez, 1998).

2. Características botánicas de la especie

Las características botánicas de una especie son de gran importancia para los estudios de autoecología, manejo y conservación de un recurso forestal, Betancourt (1999) hace referencia a las características botánicas de la especie y las describe a continuación.

a. Taxonomía

Pinus tropicalis Morelet, pertenece a familia *Pinaceae*, tiene como sinónimo, *P. cubensis* Griseb var. *terthrocarpa* Wr.(León, 1946, Little y Dorman, 1954, Little y Critchfield,

1969) citado por Betancourt (1987) lo ubican en la sección *Pinus*, subsección *Sylvestris*, mientras que Price (1998) lo agrupa en la subsección *Pinus*, Subgénero *Pinus* y es el único representante de los pinos cubanos en dicha subsección y subgénero.

b. Hojas

Sus hojas son acículas rígidas de 20 a 30 cm de largo y de 1.5 a 2 mm de ancho de color verde claro amarillento, rígido en fascículos de dos acículas que se agrupan en los extremos de las ramas sus ramas son regulares, sobre todo en los individuos jóvenes, las ramas son finas verticales bastante regulares.

c. Flores

Son plantas monoicas, con inflorescencia masculina amentiforme terminales. Conos femeninos subterminales erguidos, algo más pequeños que los del *Pinus caribaea*, el cono consta de un eje central donde se insertan las escamas, el eje del cono es leñoso y lleva en el centro una médula la cual está rodeada de una cubierta cortical recorrida por canales resiníferos, son plantas monoicas con inflorescencias masculinas amentiformes y terminales, florece de febrero a marzo los conos maduran de junio a julio del año siguiente y liberan las semillas en corto tiempo después de la maduración.

d. Frutos

Presenta conos femeninos subterminales erguidos, presentan forma ovoide, ligeramente asimétricos, pueden medir hasta 10 cm de largo y 3 de diámetro, con escamas más anchas y con una separación entre ellas mayor que en el *Pinus caribaea*, aunque generalmente son más pequeños que estos.

e. Semillas

Pinus tropicalis Morelet tiene sus semillas de color gris pardusco claro, aladas más grandes que las de *Pinus caribaea*, además del embrión, contiene una almendra con reservas amiláceas, aceitosas que en algunas especies dado su volumen y sabor lo hacen apetecible.

Las semillas de esta especie salen pronto después de madurar y cada cono puede producir de 20 a 30 semillas fértiles. Las semillas constituyen un material altamente delicado, susceptible a las influencias de múltiples fenómenos y que por tanto pueden mermar su calidad si no se da especial cuidado en su manejo, para lo cual deben tenerse en cuenta los aspectos señalados (Samek, 1983)

f. Propagación

Requiere una gran cantidad de luz para su germinación y desarrollo, lo que indica que su regeneración natural sólo es posible en lugares soleados.

La plantación se realiza con posturas obtenidas en vivero por el sistema de bolsas, que deben permanecer en el mismo de seis a siete meses. (Bonilla, 2002)

g. Madera y sus usos

En el estudio anatómico del xilema se observa, en el corte transversal, un cambio brusco entre la madera de primavera y la madera de otoño. El ancho de los anillos de crecimiento varía bastante. Algunas veces la parte de madera de otoño es más gruesa que la parte de madera de primavera. El tipo de célula fundamental es fibrotraqueida. La relación del diámetro promedio de estas células entre la madera de otoño y la madera de primavera es de 1:1,3. Los radios se encuentran distribuidos sin ordenación: son heterocelulares; están formados por traqueidas y células radiales de parénquima. (Urquiola, 1997)

Las traqueidas se encuentran entre grupos de parénquima y ambos lados del radio. Están en grupos de 1 hasta 5 pisos de series entre las células parenquimatosas y en un piso, por lo general, a los lados. Las paredes de las traqueidas presentan interiormente engrosamiento en forma de dientes bien ramificados (X o Y) o espirales. Los grupos de células están en piso de series de 1 hasta 10. Hay radios con canales de resina y células epiteliales en su centro. (Álvarez, 2002)

La madera es menos resinosa y pesada que la de *Pinus caribaea*, la albura no se diferencia del duramen, siendo este más pesado, resinoso y durable, mientras que la albura es muy susceptible al ataque de termites. Se emplea en toda clase de construcciones y tratada con creosota y otro preservativo dura muchos años en contacto con la humedad del suelo. Se prefiere esta especie por su elasticidad para la construcción de bocaminas, tiene los usos comunes de las otras especies de pino: tablas para forros y divisiones de casa, tablones, encofrado y construcciones en general, casas de tabaco y construcciones rurales. (Bonilla, 2001)

h. Otros usos de la madera

La resina de esta especie presenta un 18% de trementina y 65% de colofonia, superior a *Pinus caribaea*, empleándose la misma en la obtención de ceras de coníferas con una amplia demanda en la industria farmacéutica (Betancourt, 2005).

Del follaje se puede obtener harinas vitamínicas para la alimentación de aves, con presencia de lípidos entre un 3,32- 5,05% (Díaz, 1998)

i. Regeneración natural

La regeneración natural expresada en posturas por hectáreas de *Pinus tropicalis*, es directamente proporcional a la cobertura del suelo, tanto por la vegetación como por la acumulación de acículas. Cuando se producen alteraciones naturales o artificiales en el suelo (fuegos, actividades extractivas y otras) la regeneración es explosiva, al igual que en claros de bosque y orillas de caminos, la densidad del rodal ejerce una influencia menos marcada, no obstante la sobrevivencia de esas posturas en el tiempo sí se relaciona con la calidad del arbolado. (Bonilla, 2001)

La regeneración natural en la especie se ve favorecida por una disminución del sotobosque y por la densidad del arbolado (menor del 50%). Es por ello que en las laderas y cimas se produce un aumento en el número de individuos y hacia la base generalmente, disminuye y se produce un aumento en las latifolias, que le ofrecen una mayor competencia lo que

indica que la regeneración natural es favorecida fundamentalmente por una adecuada luminosidad y la presencia de un suelo desnudo (Espinosa, 2000).

3. Ciclo fenológico de la especie *Pinus tropicalis* Morelet

a. Época de floración y maduración de frutos

El pino hembra florece de enero a febrero, aunque puede extenderse a marzo y sus frutos maduran en julio del siguiente año. Según Álvarez *et al.*, (2000) en la localidad de Viñales, después de cinco años de observaciones fenológicas, determinaron que la floración apareció entre enero y mayo, aunque la mayor parte se observó a fines de marzo y principios de abril, mientras que la maduración se produjo entre julio y agosto del siguiente año. (Betancourt, 1987)

b. Recolección de semillas

Con relación a la especie *Pinus tropicalis* se plantea por que la fecha de recolección es en la segunda quincena de julio; a partir de esta fecha la humedad atmosférica disminuye facilitando la dispersión de las semillas. Pérez *et al.*, (1989),

c. Germinación

La germinación comienza entre los 8 días y los 10 días. En los viveros el suelo debe mantener cierto grado de humedad, pero no estar demasiado húmedo y recibir bastante radiación solar. Se ha observado que el porcentaje de germinación se incrementa después de los 25 días a 30 días de sembradas hasta, aproximadamente los 45 días, resultando después muy errática. (Varona, 1982)

4. Condiciones de habitad de la especie

Se desarrolla sobre suelos pobres y secos, lo que no quiere decir que necesite este tipo de suelo, sino que en suelos más ricos y húmedos, la competencia por la luminosidad no

permite su desarrollo. Es una especie endémica que se encuentra exclusivamente en la parte occidental de Pinar del Río y en la zona norte de la Isla de la Juventud; crece en las zonas más pobres de las formaciones de pizarras y de las sabanas arenosas (Samek y Del Risco, 1989).

En los lugares donde los suelos son más pobres, *Pinus tropicalis* forma rodales puros o casi puros, pero en otros está asociado a *Pinus caribaea*, esta última especie habita en suelos relativamente más fértiles, al pie de las laderas, mientras que *Pinus tropicalis* está confinado a sitios ecológicos más extremos (Samek y Del Risco, 1998).

Desde hace varias décadas, se ha detectado en esta especie, la existencia de problemas de baja capacidad germinativa, lo que ha provocado una tendencia a sustituir esta especie en áreas naturales taladas, plantándose en su lugar *P. caribaea* var. *caribaea*. Al mismo tiempo, este hecho ha traído consigo riesgos de erosión de los recursos genéticos de esta prometedora conífera tropical; disminuyendo sus poblaciones, constituyendo esto una amenaza para su existencia futura. (Álvarez *et al.*, 1980, Álvarez y Suárez, 2000).

Una vez ocupada un área por *Pinus caribaea*, no puede ocurrir la regeneración del *Pinus tropicalis* por falta de luz, contrariamente debajo de *Pinus tropicalis* (si las condiciones edáficas lo permiten) se regenera bien el *Pinus caribaea* y llega a sustituirlo en la fase más avanzada (Samek y Del Risco, 1989).

5. Distribución geográfica de la especie

Ocupan la parte sur de la provincia de Pinar del Río esta región se puede dividir en dos subregiones con condiciones naturales diferentes: parte occidental (Remat Sábalo) y parte oriental (aproximadamente hasta Los Palacios), crece en las formaciones de pizarra y las sabanas arenosas en los suelos secos y extremadamente pobres las condiciones edáficas favorecen el desarrollo de *Pinus tropicalis*, mientras que en las áreas de mejores condiciones edáficas el pino macho lo desplaza, por poseer mayor poder competitivo. Este poder competitivo se basa en la capacidad de soportar más la sombra que *Pinus tropicalis* (Samek y Del Risco, 1998)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Aspectos generales

El presente documento presenta los resultados de la investigación realizada en la Provincia de Pinar del Río, en el Municipio de Viñales en la zona correspondiente a Alturas de Pizarra, sobre un plan de manejo y conservación para la especie *Pinus tropicalis* Morelet en base a criterios de ecofisiología de la especie ,para determinar las causas del deterioro de la especie y establecer alternativas de manejo y conservación, el cual contiene resultados en cuanto a su situación actual, índices de diversidad, situación de stress en base a estudios de ecofisiología en plantaciones comerciales y parcelas naturales en las tres localidades de estudio y el plan de manejo diseñado para la Empresa Forestal Integral Viñales lugar de la investigación.

2. Localización

El presente trabajo se realizó, en la Provincia de Pinar del Río, Cuba, en tres áreas del municipio de Viñales pertenecientes a la Empresa Forestal Integral Viñales (EFI), específicamente en las localidades de Ceja del Negro, Cayos de San Felipe y Tibisí, en áreas con actividad de manejo forestal, sin manejo de ningún tipo y áreas naturales.

En el **mapa N°1**, se observa la ubicación geográfica de cada una de las áreas de muestreo, localizadas en la provincia de Pinar del Río, para la realización del mismo se utilizó el software mapinfo versión 7.0.

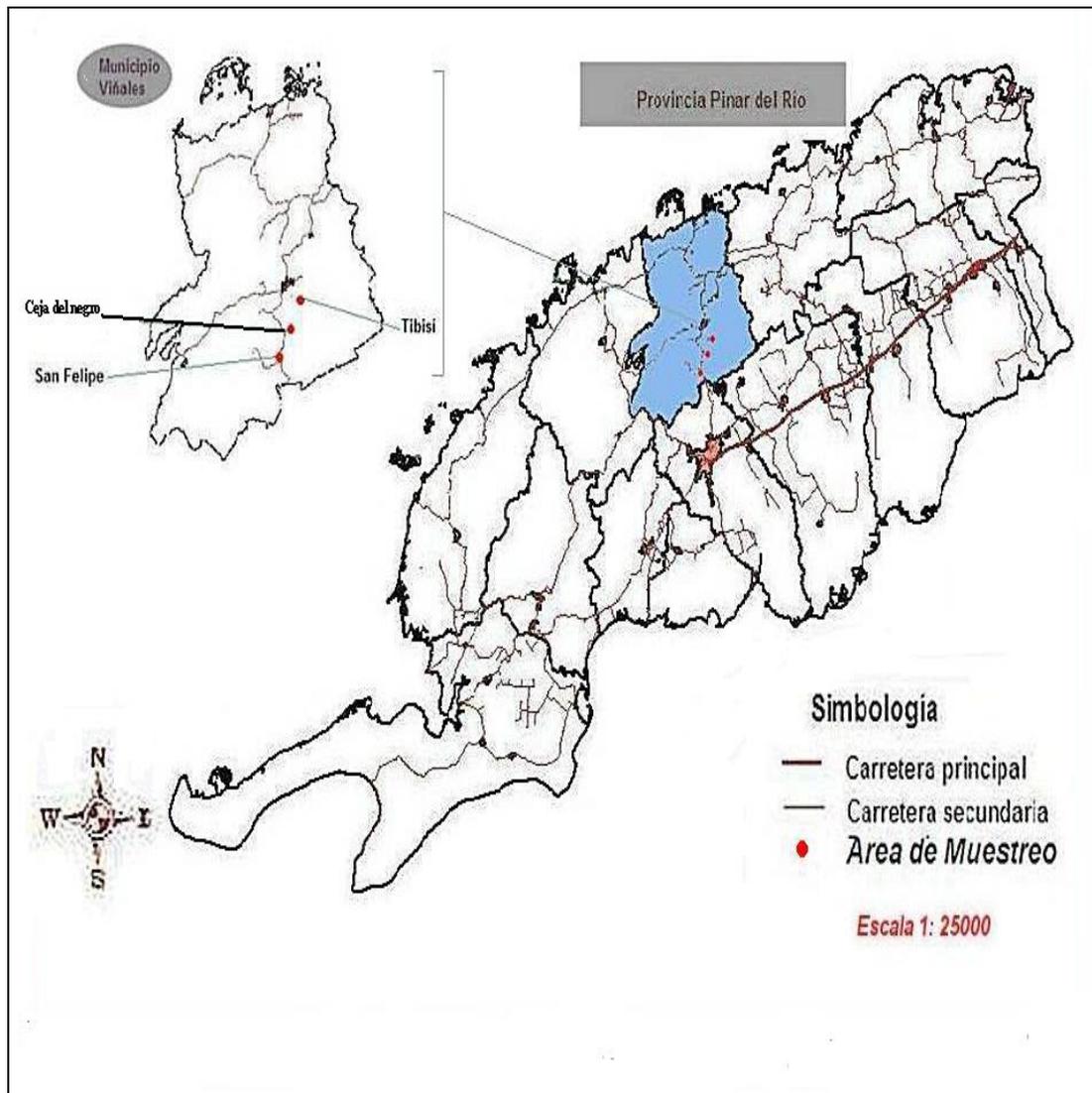


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo.

2. Localización geográfica:

En el **cuadro 1**, se observan las coordenadas geográficas para cada una de las tres localidades de estudio, las mismas que se encuentran localizadas en la parte central de la Provincia de Pinar del Río.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de parcelas de estudio

Localidades	Parcela	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud (msnm)
Ceja dl Negro	CNCM	223° 37'	310° 29'	146
Ceja dl Negro	CNSM	224° 24'	310° 37'	146
Ceja dl Negro	CNN	222°25'	308° 21'	146
San Felipe	SFCM	220° 16'	304° 22'	200
San Felipe	SFSM	220° 26'	305° 25'	200
San Felipe	SFN	220° 30'	305° 38'	200
Tibisí	TCM	223°32'	310°07'	180
Tibisí	TSM	224° 21'	310° 32'	180
Tibisí	TN	224° 40'	310° 19'	180

Fuente: Servicio Estatal Forestal Pinar del Río.

Leyenda: CNCM (Ceja del Negro parcela con manejo), CNSM (Ceja del Negro parcela sin manejo), CNAN (Ceja del Negro bosque natural), SFCM (San Felipe parcela con manejo), SFSM (San Felipe parcela sin manejo), SFAN (San Felipe bosque natural), TCM (Tibisí parcela con manejo), TSM (Tibisí parcela sin manejo) TAN (Tibisí parcela bosque natural)

3. Características climáticas¹

Temperatura: 23,7 - 25°C

Precipitación: 1800 – 2000mm

4. Clasificación ecológica²

La zona se ubica en el tipo bioclimático thermoxerochimenico, al presentar un clima cálido con invierno seco, el cuál presenta períodos poco lluviosos de no más de 4 meses.

¹ Fuente: MINAGRI 2008

² Gaussen 1954

B. MATERIALES

1. Materiales para campo

Libreta para campo

Cuerda

Cinta aislante

Cinta métrica

Papel aluminio

Bolsas de plástico inerte

Rotulador permanente

Calculadora

Cartas topográficas

Forcípula

Estiletes o bisturí

Rollo de plástico para embalaje

Papel aluminio

Tijera de Podar

Termo para transportar muestras de acículas.

2. Equipos

GPS

Cámara digital

Computadora

Cámara de Scholanter

Picnómetro

Estufa

Balanza técnica Sartorius BI

C. METODOLOGÍA

1. Para cumplir con el primer objetivo:

Para dar cumplimiento a la evaluación del estado de conservación, los índices de diversidad y las actividades de manejo y conservación de *Pinus tropicalis* Morelet, fue necesario caracterizar el patrimonio forestal de la Empresa Forestal integral Viñales, así como la dinámica forestal actual de la misma, para lo cual se recopiló información de los registros de ordenación forestal de la empresa, así como también de los planes de silvicultura del año 2007 - 2008.

Posteriormente se procedió a tomar datos detallados con que cuenta la Empresa Forestal Integral Viñales sobre el patrimonio natural de la especie (Viñales y Pinar del Río), debido a que en la dinámica del Servicio Estatal Forestal, los bosques naturales se registran por formación de pinares y no a nivel de especie.

El objetivo de caracterizar las poblaciones es para determinar el estado en que se encuentran y definir el tamaño conveniente para mantenerlas en equilibrio, para lo cual se debe determinar cómo se distribuyen las poblaciones dentro del ecosistema, que especies contienen y como se reproducen. Para saber si las poblaciones están concentradas o dispersas se hizo visitas exploratorias al ecosistema y se complemento con la información ya existente.

Como parte de la investigación se obtuvo información sobre el patrimonio genético de la especie a través de la estación experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río visitando los bancos clónales y los semilleros que recién se comenzaron a fomentar a inicios del 2008

Para la evaluación del estado de conservación de la especie *Pinus tropicalis* Morelet se siguió la siguiente metodología:

a. Evaluación del Patrimonio Forestal de la Empresa Forestal I Viñales y dinámica de la especie

Se recopiló datos sobre la situación actual de la superficie forestal, los niveles de producción, tratamientos silvícolas, superficie cubierta, de talas y pérdidas por incendios dentro de los predios de la Empresa Forestal Viñales.

Los datos que se muestran a continuación resumen la dinámica de producción de la EFI Viñales y en particular de la especie *Pinus tropicalis* Morelet (**Tablas 2, 3, 4 y 5**).

Cuadro 2. Patrimonio forestal de la EFI Vinales

Superficie patrimonio forestal	2007(ha)
Superficie	41540.6
Superficie cubierta	40148.3
Superficie cubierta%	96.6
Bosques naturales	26405.8
Pinares	7767.7
Plantaciones	12394.9
Pino Macho	10362.9
Pino hembra	1477.2
Total Pinares	11840.1
Superficie Deforestada	700.0
Superficie inforestal	692.3
Superficie de tala total	320.0
Coníferas	302.1
Plantaciones Jóvenes	1347.6
Plantaciones por categorías	
Bosque Productor	1042.0
Pino hembra	7.0
Bosque protector de fauna	
Pino hembra	1.5
Bosque protector agua y suelo	
Pino hembra	105.5

Fuente: Empresa Forestal Integral Viñales.

Cuadro3. Niveles de producción en la empresa de *Pinus tropicalis* en el 2007

Producción de madera(Tn)	11462.24
Trozas	4525.28
Rolliza	3090.16
Cuje	6.1
Leña	3840.7

Fuente: Empresa Forestal Integral Viñales.

Cuadro 4. Tratamientos silvícolas desarrollados en áreas de la especie

Ceja del Negro	San Felipe	Tibisí
Raleo I y II	Mantenimiento	Raleo III
	Limpia	
	Raleo III	

Fuente: Empresa Forestal Integral Viñales.

Cuadro5. Superficie cubierta, talas y pérdidas por incendios (ha) en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet durante el período 2001/2006

EFI		2002	2003	2004	2005	2006
Viñales	Existencia	784	784	784	784	777
	Plan de tala	0	0	0	0	0
	Pérdidas	0	0	0	0	0
	Incendios	0	0	0	7	0
P. del Río	Existencia	68.6	68.6	68.6	68.6	68.7
	Plan de tala	0	0	0	0	0
	Pérdidas	0	0	0	0	0
	Incendios	0	0	0	0	0

Fuente: Empresa Forestal Integral Viñales.

b. Causas del deterioro de la especie

Para cumplir con la variable de determinación de causas del deterioro de la especie se realizaron encuestas a 9 especialistas forestales de la Empresa Forestal Integral Viñales, así como al director regional de la Empresa Forestal Viñales, para establecer las principales causas que han incidido en el deterioro y disminución de las áreas de la especie *Pinus tropicalis* Morelet en la zona de Viñales. Para ello se determinó el tamaño de la muestra a través del método propuesto por Calero (1976), como se muestra a continuación, con un error experimental de 0,10 y un nivel de confiabilidad del 95%, conociendo que la población es de 46 especialistas. (**Anexo 1**)

$$n = \frac{\left(\frac{Z_{1 - \frac{\alpha}{2}}}{d} \right)^2 p (1 - p)}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z_{1 - \frac{\alpha}{2}}}{d} \right)^2 p (1 - p) - \frac{1}{N}}$$

Leyenda.

n: tamaño de muestra.

d: error máximo permisible (0.10)

p: probabilidad de éxito (0.5).

N: tamaño de la población.

c. Evaluación del estado de conservación

Se procedió a levantar 3 parcelas cuadradas de 10x10m en base al método del área mínima en cada una de las áreas de estudio (Ceja del Negro, San Felipe y Tibisí), considerando los siguientes criterios:

- Áreas sometidas a alguna actividad de manejo
- Áreas sin manejo
- Áreas naturales.

d. Descripción de la masa boscosa

Se procedió a realizar descripciones de la masa boscosa en cada una de estas parcelas, para determinar las diferencias entre sectores y parcelas ya que los criterios que se tomaron en cuenta para levantar las parcelas incide directamente en el estado de conservación de la especie, es así que en la descripción se establecieron los siguientes criterios:

1. Grado antropogénico (nivel de afectación causado por factores externos)
2. Estructura de la vegetación
3. Presencia de talas, incendios forestales, regeneración natural
4. Estado sanitario.

Para la evaluación del grado antropogénico se estableció criterios de:

1. Baja antropización
2. Moderada antropización
3. Alta antropización

Considerando baja antropización aquellas áreas que resultaron con poca o casi ninguna alteración en su formación (menos del 5 %), como moderada antropización, los que presentan cerca de un 50% de afectaciones producidas tanto por el hombre como por el medio y de alta antropización, aquellos lugares en los que se aprecia una gran influencia antrópica, tanto por efectos del hombre como por causas de fenómenos naturales (más del 80 %).

En la evaluación de la estructura de la vegetación, se tomo en consideración:

1. Las clases diamétricas,
2. Los niveles del vuelo arbóreo
3. composición de la vegetación

Para ello fue necesario tomar datos de DAP, estructura y composición de la copa, diámetro de la misma, así como la inventariación de la vegetación del lugar, lo que nos permitirá establecer el estado actual tanto de la especie como de la diversidad en estas parcelas. Esto según la metodología descrita por Lamprecht, (1990) y Louman *et al.*, (2001)

La composición de la vegetación se describió identificando en cada área las especies dominantes. Los niveles del vuelo arbóreo fueron estimados a partir de la clasificación de estructura vertical del vuelo seguida por Leibundgut (1958), citado por Lamprecht (1990), donde propone que el piso superior presenta una altura mayor de 2/3 de la altura superior del vuelo, el piso medio, a una altura mayor que 2/3 y menor que 1/3 y el piso inferior, una altura menor de 1/3 de la altura superior del vuelo.

Las clases diamétricas fueron establecidas con un intervalo de 2, que incluye diámetros en un rango de (8 - 10), (10 - 12), (12 - 14), (14- 16), (>16 cm)

Se evaluaron la incidencia de talas, incendios forestales y la regeneración natural, identificando regeneración tanto en estado de brinzal y latizal, según lo descrito por (Sáenz, 2000).

El estado sanitario se evaluó asignando valores de:

1. Bueno
2. Regular
3. Malo

Considerando bueno, aquellos rodales que presentan menos del 5% de la masa boscosa con afectación o daños visibles causados por plagas y enfermedades; regular, cuando se observen de ligeras a moderadas afectaciones en el arbolado y malo cuando gran parte de la masa forestal se encuentre afectada. Cada uno de estos criterios cualitativos observados en las parcelas fueron evaluadas asignándoles valores arbitrarios en una escala de (0) a (5), considerando el máximo valor como el criterio favorable en cada variable, como lo establece la metodología planteada por García (2006)

Las demás categorías fueron consideradas respectivamente, teniendo en cuenta los criterios planteados según el daño que ocasionan, definiendo la categoría riesgo reducido, en aquellos sitios que muestren buen grado antropogénico, buena estructura de la vegetación, que no se observen talas, buena regeneración natural, buen estado sanitario y cuando sus individuos estén conservados en más de una categoría.

e. Evaluación del fenotipo

Para la evaluación del fenotipo se realizó recorridos a las zonas de plantación así como las áreas naturales y áreas sin manejo de la especie donde se valoraron tres parámetros cuantitativos:

1. Rectitud del fuste
2. Ramificación
3. Ángulo de inserción de las ramas

Considerando como buen fenotipo, los árboles con buena rectitud, ramas finas, cortas y delgadas y un ángulo de inserción de las ramas cercano a los 45° , utilizando la metodología establecida por Eldrige (1973), que contempla una escala arbitraria en valores que oscilan desde 1 hasta 5, indicando el máximo valor árboles de buen fenotipo y el menor, árboles de mala apariencia.

Para determinar el tamaño de la muestra se tuvo en cuenta los criterios aportados por Machado (2002), donde se plantea que para el cálculo del número de muestra requerida se debe considerar el coeficiente de variación o la varianza y el error de muestreo deseado para la probabilidad dada. En este caso, debido a la inexistencia de informaciones previas sobre los parámetros de la población objeto de estudio fue necesario realizar un muestreo piloto, con el objetivo de obtener estimaciones básicas para el cálculo de la intensidad de muestreo del inventario y además se tuvo en cuenta que de esta forma se garantizara la mayor variabilidad posible.

Las informaciones fueron tomadas en un intervalos de 16 a 20 unidades de muestreo, distribuidas aleatoriamente en cada una de las regiones de estudio con dimensiones de 100 m² y de forma cuadrada.

Se tomo la rectitud del fuste, como una variable para calcular el tamaño de la muestra, donde fueron empleadas informaciones de las nueve unidades de muestreo. A partir de los criterios del evaluador en cuanto al fenotipo del arbolados cuantifico que porcentaje representa cada localidad de arboles evaluados en las categorías 5, 4, 3,2.

f. Estudio de la diversidad de especies

El estudio de diversidad se realizó con el objetivo de determinar los niveles de abundancia y dominancia de las especies asociadas y de este endémico, la mayor importancia de este estudio recae sobre las áreas naturales que es donde el mayor componente de diversidad se registra y dentro de plantaciones comerciales como es el caso de San Felipe un área con mucha regeneración natural ,se procedió a contar el número de individuos así como a la respectiva identificación de cada una de las especies que se localizaron en las parcelas objeto de estudio, con el objetivo de determinar los siguientes índices de biodiversidad:

1. Abundancia
2. Equitatividad
3. Dominancia

Los cuales fueron procesados utilizando el paquete BioDiversity profesional (1997).

1) **Determinación de la abundancia por el índice de Shannon-Weaver**

Se realizó los cálculos a través de la siguiente fórmula:

El mismo se expresa de la siguiente manera:

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

$$P_i = N_i/N$$

Donde:

P_i = No. de individuo de cada especie -1

N_i = Número de individuos de la especie i .

N = Número total de individuos de la muestra.

2) **Determinación de la uniformidad o equitatividad por el índice J (Shannon-Weaver, 1949)**

Mediante este índice medimos la proporción de la diversidad con relación a la máxima diversidad esperada, se realizaron los respectivos cálculos a través de la siguiente fórmula

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

H' = Índice de Shannon Weaver.

S = Número de especies de la muestra.

3) **Determinación de la dominancia a través del Índice de Simpson**

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de equitatividad y toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie.

2. Para cumplir con el segundo objetivo:

Para caracterizar los atributos ecofisiológicos de la especie en áreas sometidas a actividades de manejo y conservación, en áreas no manejadas y áreas naturales fue necesario realizar la caracterización edafoclimática del lugar de estudio, para lo cual se realizaron calicatas de 0,50cm de profundidad, se tomo muestras de suelo de cada una de las parcelas así como los respectivos análisis y cálculos para determinar las propiedades tanto físicas y químicas del suelo, además se realizaron medidas de potencial hídrico, transpiración cuticular, y pérdida de peso en muestras de acículas como lo describimos a continuación:

a. **Caracterización climática**

Se recopiló información sobre la precipitación media anual y temperatura media anual del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Pinar del Río.

Temperatura media anual (°C) 24.7

Precipitación media anual (mm) 1 600

b. **Cálculo de propiedades físicas y químicas del suelo**

La caracterización química se efectuó en el Laboratorio de Suelos perteneciente al Ministerio de la Agricultura, Pinar del Río, utilizando la metodología según MINAGRI, (1981), (**Anexo 2**)

La caracterización física de las muestras de suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Pinar del Río, a través de los siguientes métodos (MINAGRI, 1981): (**Anexo 3**)

1) Determinación de la densidad real

La determinación de la densidad real se realizó a través del método del picnómetro

El valor de la densidad de la fase sólida se calculó por la fórmula descrita por Fraguela *et al.* (1986):

$$D = \frac{A}{(B + A) - C}$$

Donde:

A: peso de la muestra de suelo seco en g.

B: masa del picnómetro con agua en g.

C: masa del picnómetro con agua y suelo en g.

$$A = \frac{a * 100}{100 + W}$$

Donde:

a: muestra de suelo (g).

W: humedad higroscópica.

2) Determinación de la densidad aparente

Para la determinación de la densidad aparente se procedió a realizar los debidos cálculos siguiendo la metodología descrita por Fraguela *et al.* (1986) mediante la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{m}{v}$$

Donde:

M: masa de suelo seco en g.

V= volumen de cilindro en cm³

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

$$\pi = 3.14$$

r= radio del cilindro.

h= altura del cilindro

Con los resultados obtenidos del cálculo de ambas densidades se procedió a calcular la porosidad total:

$$P_{Total} = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100$$

Donde:

da: densidad del suelo

dr: densidad de la fase sólida.

Además se determinó el índice de grosor, por la fórmula de Richards *et al.* (1986), citado por Ansorena (1994), como se expresa a continuación:

$$lg = \frac{\sum particula < 1mm * 100}{Muestra}$$

3) Determinación de la textura del suelo

Para la determinación de la textura del suelo ,se tomó una muestra de 500 g de suelo, la misma que fue colocada en un juego de tamices, los mismo que fueron organizados de mayor a menor según la medida correspondiente así, (5; 4; 3.15; 2; 1; 0.5; 0.4; 0.3; 0.2; 0.1 y 0.09 mm), y situados en un sarán electrónico ,por un tiempo de aproximadamente de 5 minutos, posteriormente se procedió a pesar cada una de las partículas que fueron quedando retenidas en cada uno de los tamices.

4) Clasificación genética de los suelos

Se conformó la clasificación genética del suelo, a través del mapa de suelos (1983), así como de las hojas cartográficas 3484-II, a escala 1: 25 000, utilizando la última clasificación genética de los suelos de Cuba, (Hernández *et al.*, 2002), del Instituto de Suelos, del Ministerio de la Agricultura, de Pinar del Río, donde se correlacionó la clasificación anterior con la actual.

A continuación se muestra la clasificación de los diferentes tipos de suelo, para cada una de las localidades de estudio, así como también la respectiva fórmula que nos indica a que clase textural de suelo corresponde cada uno de ellos.

Localidad de Ceja del Negro.

$$\text{Ceja del Negro} = \text{VIA10}_1 \frac{P^2 h^4 e^3}{g} 8Ot_3 m4$$

Tipo: Ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado

Subtipo: Antrópico.

Género: Esquistos o pizarras.

Saturación: Fuertemente desaturado.

Especie: Poco profundo.

Humificación: Poco humificado.

Erosión: Fuerte.

Variedad: Loam arcilloso arenoso.

Profundidad efectiva: Muy poco profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.

Localidad de San Felipe

$$SanFelipe = XXVIII V 10_1 \frac{P^4 h^4 e^2}{g} 15 t_7 m_4$$

Tipo: Esquelético**Subtipo:** Antrópico**Género:** Esquistos o pizarras.**Saturación:** Fuertemente desaturado.**Especie:** Poco profundo**Humificación:** poco humificado.**Erosión:** Fuerte.**Variedad:** Loam arcilloso arenoso**Pendiente:** Alomada.**Altitud:** Poco montañoso.**Localidad de Tibisí.**

$$Tibisi = XXVIII V 10_1 \frac{P^4 h^4 e^2}{h} 17 t_5 m_4$$

Tipo: Esquelético**Subtipo:** Antrópico.**Género:** Esquistos o pizarras**Saturación:** Medianamente desaturado.**Especie:** Poco profundo.**Humificación:** Poco humificado.**Variedad:** Loam arenoso.**Erosión:** Fuerte**Pendiente:** Predominante ondulado.**Altitud:** Poco montañoso.

Una vez determinadas las propiedades físicas y químicas del suelo, las mismas fueron evaluadas con la ayuda del manual de interpretación de índices físicos-químicos y morfológicos de los suelos cubanos MINAGRI, (1984). Se elaboró un mapa de suelos del municipio Viñales, utilizando para ello el software mapinfo versión 7.0 a escala 1:2500.

c. Medidas de Potencial hídrico

Se realizaron medidas del potencial hídrico, utilizando la cámara de Scholander o cámara de presión el proceso consistió en hacer mediciones en horas del alba y al mediodía, adaptando la metodología descrita por (Oliet, 2001).

Para ello se tomó una muestra de 7 plantas al azar por cada localidad, las cuales fueron cortadas con una tijera en horas de la mañana, luego se etiquetaron, se empacaron en bolsas de polietileno, posteriormente se colocaron en un termo para conservarlas durante el viaje y se transportaron al laboratorio de la Universidad de Pinar del Río. Posteriormente se procedió a colocar el material vegetal en el interior del cilindro de la cámara de Scholander, la misma que tiene la función de una cámara de presión, se les aplicó presión, cuyo efecto hace que brotara una pequeña gota de agua en la superficie del tallo, marcando así el manómetro de la cámara, el potencial hídrico de la mañana (de base o al alba) y de igual forma se procedió para determinar el potencial hídrico del mediodía. Los datos obtenidos se registraron para ser posteriormente analizados y procesados mediante el paquete estadístico SPS V.12, Fue necesario realizar dos medidas tanto en la mañana como al medio día. **(Anexo 4)**

d. Medidas de transpiración cuticular

Para determinar la transpiración cuticular se procedió según la metodología descrita por (García, 2006) de la siguiente manera: se tomaron 7 muestras al azar de cada una de las localidades de estudio, las muestras tomadas fueron debidamente etiquetadas, empacadas en bolsas de polietileno y transportada en un termo al laboratorio de la Universidad de Pinar del Río.

Las muestras tomadas fueron saturadas la noche anterior para lo cuál fue necesario dejarlas con cierta cantidad de agua que no cubría su totalidad pero que permitía que se mantengan con humedad necesaria. En la mañana siguiente las muestras fueron pesadas con intervalos de una hora hasta lograr obtener el peso constante de las mismas para ello se utilizó una balanza técnica digital Sartorius BL 1500, la que detecta un error de 0.1 g.

Posteriormente fueron colocadas en bolsas de polietileno y puestas en la oscuridad y se hicieron pesadas cada una hora, durante 8 horas, hasta lograr el peso constante de las en la estufa a una temperatura de 100^o C durante 4 horas aproximadamente hasta lograr que perdieran toda la humedad contenida y de esta forma se obtuvo el peso seco de las mismas. (**Anexo 5**)

Finalmente se calculó la transpiración cuticular, siguiendo la metodología descrita por Oliet (2001), la que se expresada a continuación:

$$Tc = \frac{Pi - Pf}{Ps}$$

Donde:

Tc = transpiración cuticular,

Pi = peso inicial (g)

Pf = peso final (g)

Ps = peso seco (g)

Con los valores de pesadas se realizaron curvas de pérdidas de peso, con la ayuda del procesador electrónico Microsoft Excel.

e. Procesamiento estadístico

Para el análisis de los casos se utilizó el paquete estadístico SPSS v 12.0.

Con los datos obtenidos de la caracterización química y física de suelo se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

Las medidas de potencial hídrico y transpiración cuticular fueron procesadas mediante un análisis de varianza simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

Los criterios aportados por los especialistas para determinar las causas de mayor incidencia en el deterioro y disminución de las áreas de la especie *Pinus tropicalis* fueron procesados estadísticamente, donde se construyó un análisis de clúster para determinar agrupaciones entre las causas, lo cual fue posible a partir de los valores de la moda, utilizando el método de distancia euclidiana y el índice de ligamiento entre grupos.

Las evaluaciones del fenotipo y rendimiento fueron analizadas a través de un análisis descriptivo, donde se determinó la varianza, coeficiente de variación, desviación estándar y el error experimental y además se construyó un dendrograma para determinar los niveles de similitud entre las localidades de estudio, lo cual fue posible a partir de los valores de la moda en el caso del fenotipo y la media para las variables cuantitativas relacionadas con el rendimiento de la masa, donde se utilizó el método de distancia euclidiana y el índice de ligamiento entre grupos.

Se realizó un análisis de componentes principales, utilizando la correlación de Pearson, en 9 variables relacionadas con el estado de conservación, el fenotipo y rendimiento de las masas. Las variables utilizadas fueron: grado antropogénico, estructura de la vegetación, presencia de talas, incendios forestales, regeneración natural, estado sanitario, rectitud del fuste, ramificación y ángulo de inserción de las ramas.

3. Para cumplir con el tercer objetivo:

Se caracterizo cada una de las etapas del Plan de manejo para la especie, donde se realizo el diagnostico, tomando en cuenta las causas de deterioro de la especie, las practicas de aprovechamiento inadecuadas, la baja capacidad germinativa de la especie se analizó el marco legal en cuanto a temas de manejo y conservación.

Se recopilo información sobre la estructura y dinámica del bosque así como sobre aspectos de autoecología y se lo relaciono con características edáficas así como criterios de conservación, mejoramiento genético, pruebas de procedencia y tratamientos silvícolas que justifiquen el desarrollo de programas de manejo y conservación.

La evaluación la planificación se basó en métodos de conservación in situ a través de aspectos de regeneración natural, actividades de manejo, donde se plantearon actividades de manejo y las debidas propuestas los objetivos y líneas de acción a ejecutarse.

A continuación se describen los lineamientos generales que se incluyeron en el diseño del plan de manejo para la especie en estudio:

1. Se recopiló información suficiente sobre manejo, ordenación y conservación como lo describimos en temas tratados anteriormente en la caracterización del patrimonio forestal de la empresa, lo cual nos permitió establecer prioridades dentro del planeamiento.
2. Se estableció un banco de datos donde se registro la información sobre la especie, documentación que forma parte de la EFI Viñales y que a partir de la presente investigación constituye parte del banco de datos de la escuela de Forestal de la Universidad Pinar del Río, para estudios posteriores.
3. Se identificó las necesidades o prioridades específicas de conservación, esto en base a los datos obtenidos de los estudios realizados tanto de autoecología como de ecofisiología que fue tema de investigación del presente trabajo.
4. Se evaluó el estado de conservación de la especie y se describió la línea base para la conservación de la misma. (características del medio, biodiversidad)
5. Con la estrategia planteada se propuso tres interrogantes: que, como, y donde, para en base a los resultados obtenidos establecer el plan de manejo.
6. El análisis del marco legal del sector forestal en relación con la conservación de los recursos forestales fue necesario como mecanismo de ejecución viable del plan de manejo.

7. Selección de las posibles áreas de conservación para trabajos de investigación en aras de continuar con los programas de conservación de la especie.

8. Se establecieron programas con acciones y metas trazadas a cumplirse para ejecutar la propuesta.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. **Caracterización edáfica de las localidades de *Pinus tropicalis* Morelet**

1. Caracterización química y física del suelo por localidades

Discusión.

El **cuadro 6**, muestra los valores medios que se obtuvieron a partir del análisis estadístico de la caracterización química del suelo para cada una de las localidades de estudio de la especie *Pinus tropicalis* Morelet. En la misma se aprecia diferencias significativas solamente entre, pH y fósforo, oscilando el pH entre 3,63 a 3,86 y el fósforo de 0,88 hasta 1,49 correspondiendo los valores más bajos obtenidos a la localidad de San Felipe. Estos resultados indican que son suelos ácidos, pobres en contenido de fósforo, potasio y deficientes en bases intercambiables y además presenta baja capacidad de intercambio catiónico (T).

Los reportes de Cairo y Fundora (2002), afirman que la T está dada por la suma de cationes cambiabiles existentes en el complejo absorbente del suelo y a medida que el suelo se acidifica pierde bases y gana en H^+ y Al^+ , por lo que no es conveniente que el porcentaje de saturación de bases sea bajo.

De manera general se evidencia una homogenización entre los contenidos de las propiedades químicas del suelo en estas localidades, manifestando que la especie *Pinus tropicalis* Morelet, no es exigente en cuanto a condiciones edáficas, viviendo en condiciones extremas de suelos, corroborando lo planteado por (Samek y Del Risco ,1989) y (Álvarez ,2002).

A su vez se manifiestan que los suelos de Viñales son pobres, deficientes en bases intercambiables, y que se ajustan más a los requerimientos de *Pinus tropicalis* que a los de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. (García ,2006)

Cuadro 6. Valores medios de la caracterización química del suelo por localidades.

Localidad	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO%	Ca ₂₊	Mg ₂₊	Na+	K+	S	T	TS
Ceja del Negro	3.86 b	1.49 b	4.37 a	1.26 a	2.86 a	0.62 a	3.00 E-02	8.66 E-02	3.61 a	6.02 a	2.41 a
San Felipe	3.63 a	0.88 a	4.29 a	1.18 a	2.43 a	0.53 a	4.66 E-02	0.11 a	3.15 a	5.47 a	2.41 a
Tibisí	3.77 ab	0.88 a	2.74 a	1.35 a	2.94 a	0.62 a	6.00 E-02	4.33 a	3.66 a	5.62 a	2.27 a
Std. Desv.	0.16	0.40	1.15	0.40	0.76	0.12	2.07	4.21 E-02	0.87	0.91	0.16
Std. Error	5.47	0.13	0.38	0.13	0.25	4.08 E-02	6.8 E-03	1.40 E-02	0.29	0.30	5.49 E-02

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una $P < 0.05$

Fuente: Autor

En el **cuadro 6**, se muestran las diferencias significativas de la caracterización física del suelo, apreciando algunos niveles de significación.

La textura de un suelo está determinada por la proporción relativa de diferentes diámetros de partículas de la parte mineral, estos contenidos de partículas se pueden determinar por dos vías, mediante el análisis de composición mecánica en el laboratorio y por estimación de las clases texturales durante la descripción del perfil en el campo.

La importancia de su determinación o estimación en el campo está dada por la influencia que la textura y sus variaciones en el perfil ejercen sobre el comportamiento físico e hidrofísico de un suelo. A la textura se la considera como una de las características morfológicas más importantes, por cuanto, en función de las variaciones texturales en un

perfil se puede predecir la profundidad efectiva, la infiltración, erosión, fertilidad y productividad del suelo.

En el **cuadro 7** se muestran las diferencias significativas de la caracterización física del suelo, obteniéndose diferentes niveles de significación.

Cuadro 7. Valores medios de la caracterización física del suelo por localidades

Localidad	d= g/cm ³		Porosidad total (%)	Ig %	Variedad del suelo
	Da	Dr			
Ceja del Negro	1,51a	2,20b	23,71 ^a	25,05 ^a	Loam arcilloso arenoso
San Felipe	1,54a	2,10ab	22,95 ^a	24,54 ^a	Loam arcilloso arenoso
Tibisí	1,61b	1,96a	30,97b	28,30b	Loam arenoso
Std. Desv.	6,52 E-02	0,20 E-02	5,48 E-02	2,57 E-02	
Std. Error	1,54 E-02	4,75 E-02	1,29 E-02	0,61 E-02	

Fuente: Autor

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una P< 0.05.

Discusión.

Según los valores de la tabla anterior, se muestra que la densidad aparente varía desde alta hasta muy alta, mostrando los suelos variedades loam arcilloso-arenosos valores altos y los suelos de variedad arenosos valores muy altos, como es el caso de la localidad de Tibisí, corroborando lo planteado por Cairo y Fundora (2002), donde manifiesta que los suelos de partículas más finas poseen densidades aparentes más bajas que aquellos de partículas mayores.

La densidad real se evalúa de baja a mediana, variando en este estudio desde valores muy bajos a bajos, perteneciendo la localidad Ceja del Negro a esta última categoría. El contenido de aire en el suelo evaluado en la porosidad total se clasifica de muy bajo en valores que oscilan entre 23.71 hasta 30.97%, situándose los menores valores en la localidad de San Felipe, Ansorena (1994), reporta valores de porosidad en un amplio intervalo, desde un 30% hasta cifras del orden del 95%.

En el **cuadro 7**, se observó que los mayores porcentajes están representados en el grupo de significación **b (28,38%)**, perteneciendo este a la localidad de Tibisí donde los suelos se clasifican en variedad loam arenoso. García et al. (2007), reportan un 74.26% de índice de grosor en la localidad de Viñales.

En el (**Anexo 6**), se observan los tipos de suelo que representan al municipio de Viñales, mostrando una diversidad en cuanto a tipos de suelos en el ambiente de Viñales; en particular las 3 localidades de estudio, se clasifican en ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado, esquelético en transición a ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado, esquelético y ferralítico rojo lixiviado perteneciente a las localidades de Ceja del Negro, San Felipe y Tibisí, respectivamente.

2. Valores de Potencial hídrico

Esta variable es de gran importancia dentro de los planes de manejo y conservación, ya que estos estudios permiten evaluar los niveles de plasticidad de la especie, que en los resultados que se obtuvieron es muy plástica y que en sitios de mejor desarrollo presenta buen incremento, y si el objetivo de un área es la producción en la medida en que se tenga en cuenta en los planes de manejo los sitios más adecuados para su desarrollo influirá en los resultados y en el desarrollo de su masa seca, que es lo que se desea incrementar su producción.

En el **gráfico N°1**, se pueden apreciar diferencias significativas entre las medidas de potenciales hídricos al alba y al mediodía para cada una de las localidades estudiadas, observándose que alcanza los máximos valores al alba y los mínimos (más negativos) al

mediodía, esto se debe a que la salida del sol estimula la apertura de los estomas en la planta, lo cual indica las pérdidas de humedad por transpiración por lo tanto provoca el descenso del potencial hídrico, coincidiendo con lo planteado por Oliet (2001), quien manifiesta que la mayor parte de los procesos fisiológicos que va a realizar la planta están relacionados con el estado hídrico de la misma al alba, además esta medida, estima muy bien la humedad en términos de potencial o energía, ya que de madrugada y después de muchas horas con los estomas cerrados las plantas se convierten en manómetros del potencial hídrico del suelo.

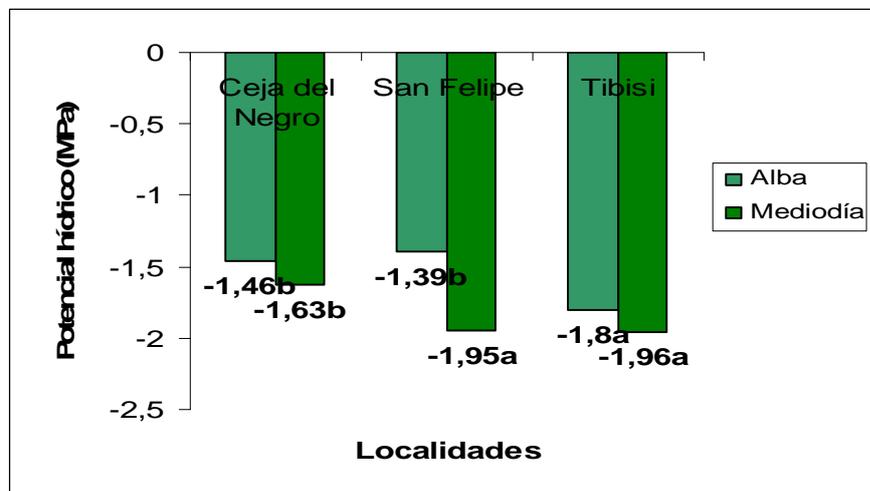


Grafico N°1. Valores de potencial hídrico en la especie *Pinus tropicalis* Morelet

En las barras letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $P < 0.05$ Alba: Desv Std. 0,25 y Error Std.. $0,05 \times 10^{-2}$ y Mediodía: Desv Std. 0,19 y Error Std. $0,04 \times 10^{-2}$

Fuente: Autor

Discusión.

En el **gráfico N°1**, se observa que la localidad de Tibisi es la que presenta menos diferencia entre los potenciales hídricos del alba y el mediodía ($-0,16\text{MPa}$), esto puede deberse, entre otras causas, a las características edáficas, pues se trata de un suelo de variedad loam arenoso, el cual retiene menos el contenido de agua pues se pierde por gravedad, y también pudiera estar dado al ambiente y a las características morfológicas,

teniendo como criterio lo reportado por García *et al* (2007), pues en esta localidad se pierde poca agua al mediodía y al parecer las plantas crean mecanismos ecofisiológicos, sufriendo modificaciones fisiológicas y morfológicas para adaptarse más fácilmente a ese medio, aun así los valores de potencial hídrico indican estrés hídrico en la planta, pues se encuentran con valores por debajo de 0,4 MPa, considerado según los criterios aportados por (Escarré *et al.*, 1997), donde los valores menores a 0,4 Mpa entre una y otra medida indican que existe una situación de estrés hídrico para la planta y aunque se trata de una especie como *Pinus tropicalis* Morelet, que no exige condiciones edáficas y se adapta a condiciones extremas de suelo es notable que la economía hídrica de la planta manifiesta una respuesta más favorable en aquellos ambientes donde la retención de agua es mayor.

Guariguata y Kattan (2003), manifiestan que al haber mayor disponibilidad de agua, el potencial se vuelve más negativo, las plantas reaccionan al stress hídrico regulando la transpiración por medio del cierre de sus estomas como mecanismo de protección en estas circunstancias se detiene la transpiración, pero también la fotosíntesis, la respiración y la producción total.

Estos resultados, se relacionan con el índice de grosor obtenido para esta localidad, representado en la **Tabla N°7** y responde a los mayores índices, también se puede decir que en la localidad donde predomina este tipo de suelo (Tibisí) se obtienen valores de potenciales más negativos indicando situaciones de mayor carencia de recursos hídricos que los menos negativos, incluidos dentro de los menos negativos, la localidad de Ceja del Negro, donde predominan suelos loam arcillosos arenosos, los cuales presentan niveles de significancia muy similar en medidas al alba y a medio día, coincidiendo con lo expresado por (León, 2002).

García *et al.* (2008), reportan valores de potencial hídrico de -0.89 MPa al alba y -2.63 MPa al mediodía para la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, en suelos muy similares a los estudiados para la presente investigación.

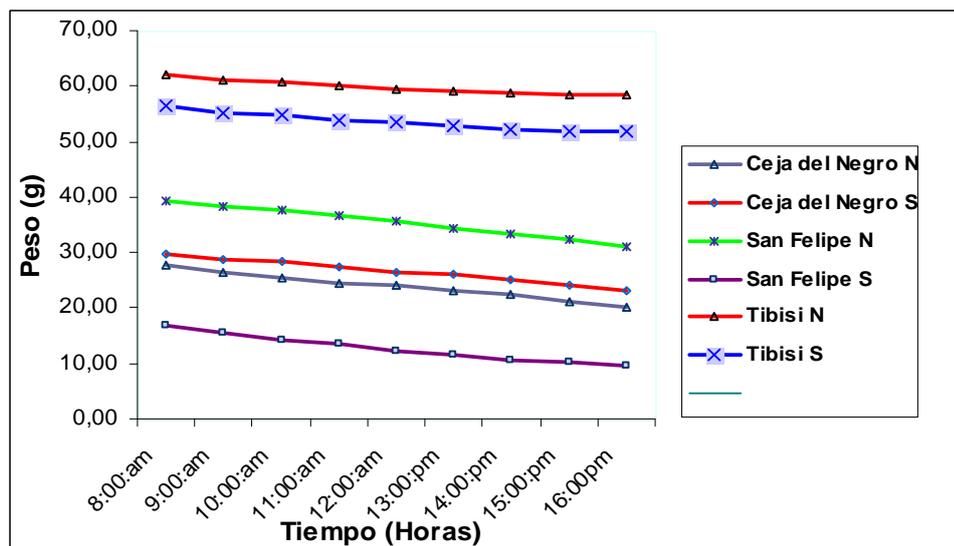
3. Valores de transpiración cuticular

a. Curvas de pérdidas de peso.

En el **gráfico N° 2**, se muestran las curvas de pérdidas de peso para cada una de las tres localidades teniendo en cuenta la exposición norte y sur.

Discusión.

Se observa que las curvas de pérdida de peso presenta muy pocas variaciones, manteniéndose casi constante en la localidad de Tibisí donde predominan suelos loam arenosos, en las localidades Ceja del Negro y San Felipe, donde predominan suelos loam arcillosos arenosos se aprecian las mayores pérdidas, corroborando lo expresado por García (2006), quien manifiesta que en los lugares donde carece de agua el suelo (suelo arenoso) las especies desarrollan cutículas más gruesas para retener el agua, en cambio en los suelos arcillosos, existe disponibilidad del recurso agua, las cutículas son más finas y pierden más agua.



Fuente: Autor

Gráfico N°2. Curva de pérdida de peso por localidades.

b. Valores de Transpiración cuticular

Discusión.

En el **gráfico N°3**, se muestra los resultados en el atributo fisiológico de la transpiración cuticular para la especie *Pinus tropicalis*, teniendo en cuenta la exposición norte y sur, apreciando grandes diferencias significativas entre cada una de las localidades de estudio, obteniendo las mayores tasas de transpiración en la exposición sur, lo cual pudiera estar dado, entre otros factores, a la radiación solar, debido a que la exposición sur es más caliente y por tanto existe un reflejo de mayor irradiación en las muestras tomadas del sur a diferencia de las del norte.

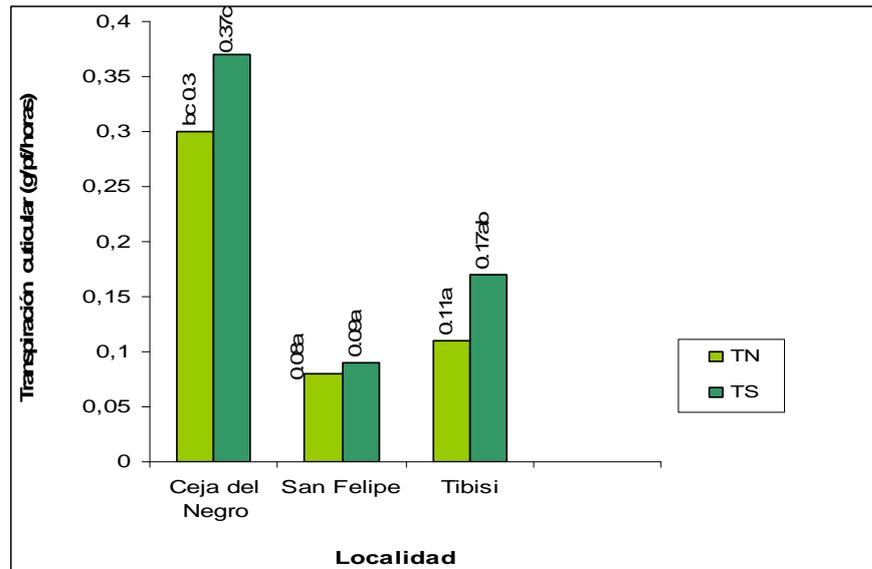
Las localidades con mayores tasas de transpiración cuticular en la exposición sur resultaron ser Ceja del Negro y Tibisí, y en el norte, San Felipe y Tibisí, evidenciándose que en la medida que haya una mejor retención de agua las tasas de transpiración son mayores corroborando lo planteado por Castillo, (2006)

Los valores menores pertenecen a la localidad de Tibisí le sigue en orden descendente San Felipe registrando el valor más bajo de transpiración, siendo esta área la de menor capacidad de retención hídrica, por lo que se puede decir que uno de los factores que afecta la transpiración es el contenido de agua en el suelo asociado a las características morfológicas que desarrollan las mismas.

León (2002), en un estudio similar en la localidad de San Ubaldo, reportó tasas de transpiración de evolución diaria para *Pinus tropicalis* y *Pinus caribaea* var. *caribaea*, del orden de 6.44, 5.91, 9.07 y 9.72 mmol de H₂O x m²/hoja/seg. respectivamente, para la primera especie y de 3.49, 2.75, 3.38 y 2.59 mmol de H₂O x m²/hoja/seg. para la segunda.

Investigaciones realizadas por Abot y Sandi (1983), en *Pinus caribaea* a raíz desnuda, demostraron que aunque la apertura estomática depende de las circunstancias ambientales actuales, ciertos factores intrínsecos gobiernan las pérdidas globales por transpiración y dichos factores están a su vez dominados por las circunstancias ocurridas durante la

formación de la hoja, agregan que en la transpiración cuticular juega un rol muy importante el grosor de la cutícula, así como otros atributos morfológicos que la planta desarrolla bajo diferentes condiciones hídricas y así, la producción de hojas más cortas y robustas, con menos superficie transpirante, está relacionado con la inducción de un cierto estrés hídrico favoreciendo la tolerancia a procesos negativos como eventuales sequias.



Fuente: Autor

Gráfico N°3. Medias de Transpiración cuticular por localidades (g/pf/horas)

En las barras letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $P < 0.05$. Desv Std. 0.16y Error Std.. $0,02 \times 10^{-2}$.

4. Evaluación del estado actual de conservación

a. Diagnóstico de las causas de deterioro de la especie

La encuesta realizada a especialistas de la EFI Viñales refleja los siguientes resultados. (Anexo 1)

Son diversas las causas que provocan la pérdida y deterioro de las masas naturales La entrevista realizada a especialistas del sector nos reveló los siguientes resultados **(cuadro8)**

Cuadro 8. Valores descriptivos de la entrevista realizada a especialistas del sector forestal

Causas	Moda	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Huracanes	3	0,32	11,07
Plagas y enfermedades	3	0,23	7,82
Baja capacidad germinativa	1	0,39	32,77
Incendios forestales	2	0,41	22,91
Mal aprovechamiento forestal	1	0,36	31,3
Cambio de uso de suelos	2	0,43	24,57
Tala	3	0,33	22,34

Fuente: Autor

Los resultados observados en el cuadro anterior manifiestan que gran parte del personal encuestado aportaron con criterios muy similares respecto a las causas que han condicionado a la pérdida de la especie en los sitios de estudio.

Discusión.

En el **gráfico N°4**, se observa los grupos de similitud entre las causas que han incidido en el deterioro y disminución de la especie, a partir de los criterios aportados por los especialistas de la EFI Viñales, donde se muestra la formación de dos grupos, el primero compuesto por los huracanes, las plagas y enfermedades, cambios de usos de suelo y los incendios forestales y un segundo grupo integrado por las prácticas de aprovechamiento forestal y la baja capacidad germinativa de la especie, fundamentalmente relacionado con su inclusión en los planes de vivero, siendo esta asociación las causas de mayor incidencia en el deterioro y disminución de áreas de la especie, evidenciándose históricamente que la especie ha sido talada y en su lugar se reforesta con *Pinus caribaea* var. *caribaea* y el otro factor que incide negativamente es su capacidad germinativa que ha incidido en que esta especie se fomente en el vivero y a la vez repercute en el término de plantar una especie por otra, aunque es importante resaltar que se están tomando medidas al respecto y el endémico se comenzó a incluir en los viveros a partir de este año.

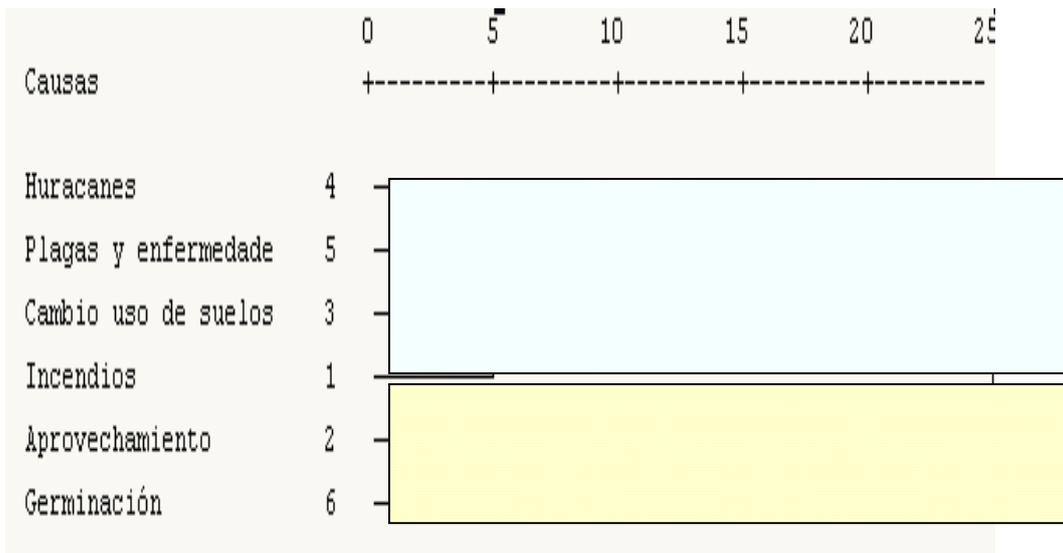


Gráfico N°4. Análisis de similitud entre las causas del deterioro y disminución de áreas de la especie.

Fuente: Autor

b. Procesamiento estadístico

La información obtenida mediante encuestas fue procesada utilizando el paquete estadístico SPSS ver. 10.0, con los datos de la entrevista realizada a especialistas del sector, se determinaron medidas descriptivas (moda, desviación estándar y el coeficiente de variación).

Se realizó un dendrograma en base a los criterios aportados por la encuesta, con el objetivo de formar grupos de similitud y determinar las principales causas que han provocado la pérdida de las áreas naturales de la especie *Pinus tropicalis* Morelet, utilizando el índice de afinidad de distancia euclidiana y el ligamiento de promedios de grupos como método de aglomeración.

c. Estado actual de Conservación

Reportes brindados por González (1983) y Betancourt (1987), reflejan la existencia de la especie de forma natural en una gran diversidad de ambientes cubriendo prácticamente

toda la extensión de la Provincia de Pinar del Río y actualmente esta población se ha reducido y en otros sitios se encuentra casi desaparecida en su totalidad.

Cuadro 9. Evaluación de los criterios definidos para determinar el estado de conservación de las localidades

Localidad	Parcela	G.A	Estructura Vegetación				Tala.	Reg.	Estado sanitario	
			CD	Sup	N.V	C.V				
				Med.	Inf.					
Ceja del negro	CNCM	B	12-14	Pt	Pt, Bv	Eh	PT,PC	X	X	B
	CNSM	B	12-14	Pt	MI.Ci	Po	PT,PC	B
San Felipe	CNAN	R	8-10	Pt	Bv,Pc	Cf, Bv	PT,PC	X	X	R
	SFCM	B	10-12	Pt	Bv,Bc	Cx, Bc	PT,PC	...	X	B
	SFSM	B	14-16	Pt	Cr, Ci	Bv,Ow	PT,PC	...	X	B
	SFAN	R	12-14	Pt	Bv,MI	Qo, Eh	PT,PC	X	X	B
	TCM	B	14-16	Pt	Pc,Ma	Dr,Bv	PT,PC	X	X	B
Tibisí	TSM	R	8-10	Pt	Po, Cp	Cx,Av	PT,PC	B
	TAN	R	8-10	Pt	Pc,Bc	Po,Cx	PT,PC		X	R

Fuente: Autor

Leyenda: CNCM (Ceja del Negro con Manejo), CNSM (Ceja del negro sin manejo), CNAN (Ceja del Negro área natural), SFCM (San Felipe con manejo), SFSM (San Felipe sin manejo), SFAN (San Felipe área natural), TCM (Tibisí con manejo), TSM (Tibisí sin manejo), TAN (Tibisí área natural) GA (Grado antropogénico), B (Bueno), R (Regular), M (Mal); CD (Clase diamétricas), N.V (Niveles del vuelo arbóreo), PS (piso superior), PM (piso medio), PI (piso inferior), CV Composición de la vegetación; Pc Pinus caribaea, Po Pithecellobium obovalis, MI Miconia leavigata, Cx Conostegia xalapensis, Ow Odonosoria wrightiana, Dr Davilla rugosa, Bv Baurreria virgata, Av Andropogon virginicus, Cp Calophyllum pinetorum, Bc Byrsonima coriacea, N Nephrolepis sp., Cf Cassytha filiformis, Ma Matayba apetala, Ci Chrysobalanus icaco, Cr Clusia rosea, Ow Odonosoria wrightiana, Qo Quercus oleoides, Eh Euphorbia helenae, Pc, Pinus caribaea, Pt, Pinus tropicales.); T (Talas), X (presencia de talas); R.N (Regeneración natural), X (Presencia de regeneración natural); ES (Estado sanitario), B (Bueno), R (Regular), M (Mal).

Los resultados obtenidos en la tabla anterior proporcionan criterios que permiten caracterizar el estado de conservación de cada una de las localidades de estudio, reflejando la existencia de áreas alteradas, con algún grado de antropización, algunas afectaciones por plagas y enfermedades, aunque no se detectó la presencia de incendios forestales.

Se aprecia en el caso del criterio tala que existen parcelas donde se han realizado talas furtivas en mayor y menor grado, siendo superiores las afectaciones en la localidad de Ceja del Negro y menores en San Felipe, otro aspecto importante a destacar en cuanto al estado de conservación es la regeneración natural donde se observó poca presencia en las localidades de Ceja de Negro y Tibisí, no obstante en San Felipe específicamente en la parcela 2 que corresponde a un área con manejo y donde se aprecia un claro en el bosque, la regeneración natural fue muy buena

Se reporto un total de 44 plantas en un área comprendida por 100 m², lo que evidencia que la especie posee buena regeneración natural en lugares donde haya una fuerte intensidad luminosa, siendo esto un elemento totalmente exigente para la especie, lo cual es importante por los problemas que presenta la misma en cuanto a su regeneración natural, por lo que esta parcela puede ser considerada como un área importante para la gestión de los programas de conservación y manejo de la especie. (**Anexo 7**)

El comportamiento general de todos los criterios para evaluar el estado de conservación indican que la localidad más conservada resultó ser San Felipe, donde se presenta buen estado sanitario, la estructura de la vegetación es buena, con clases diamétricas de calificación 4 y 3 (14 a 16 cm) (), posee muy buena regeneración natural, considerando este último criterio como uno de los más importantes que contribuye al mantenimiento de los bosques naturales, coincidiendo con lo expresado por la FAO (1995), donde manifiestan que la regeneración natural es la estrategia claramente definida para la conservación *in situ*. Tibisí resulto ser localidad más antropizada, donde se observa la presencia de plagas y enfermedades, talas furtivas, clases diamétricas muy bajas que oscilan de 8 a 10cm.

d. Variabilidad fenotípica en poblaciones naturales de *Pinus tropicalis* Morelet

Discusión.

El **cuadro 10**, representa los valores estadísticos descriptivos para cada una de las variables del fenotipo, lo cual permite identificar para cada carácter las localidades que mostraron una mejor apariencia.

En la evaluación del fenotipo el coeficiente de variación mostró valores superiores en el carácter ramificación (33,21%), lo cual indica que existe una mayor diversidad de criterios de evaluación en cuanto a este parámetro, aunque de forma general los valores no son extremos y se puede clasificar como aceptable la estructura fenotípica. (Paredes, 2006), señala que algunos individuos de *Pinus tropicalis* presentan 2 ó 3 m de fuste libre de ramas, lo cual resulta muy conveniente y valioso desde el punto de vista económico por producir fustes sin nudos.

Así mismo en las áreas donde se ha realizado actividades de manejo hay una mayor tendencia a presentarse incrementos en los parámetros de diámetro y altura obteniendo los mayores valores de la moda para el fenotipo, predominando el criterio 4, lo cual indica una mejor apariencia en estas áreas, corroborando lo planteado por (Silva *et al.*, 2006), donde reconocen que los tratamientos silvícolas contribuyen a mejorar los aspectos ecológicos en los bosques así como su apariencia y aumentar las tasas de rendimiento en árboles aprovechables.

En las áreas naturales de *Pinus tropicalis* es factible llevar a cabo diferentes tratamientos, a partir del estado de los rodales. Según Martínez (1984) en un área de 663 árboles /hectárea y con un diámetro medio de 10,41cm a una edad de 31 años llega a obtener el arbolado normal, mientras que una parcela subarbolada y no tratable (378 árboles /hectáreas y un diámetro de 10,25cm) demoraría mucho tiempo y no llegaría al diámetro requerido, siendo más conveniente en este caso talar y plantar de nuevo.

Cuadro 10. Valores descriptivos del fenotipo en la especie en las diferentes localidades

Parcela	Rectitud		Ramificación		Ángulo ramas		Diámetro (cm)	Altura (cm)
	Moda	CV%	Moda	CV%	Moda	CV%		
CNCM	4	17.41	4	22.14	4	21.57	15.43	16.23
CNSM	4	16.23	3	26.87	3	13.55	13.22	14.64
CNAN	3	19.41	4	27.54	3	10.14	10.11	16.24
SFC	4	22.65	4	25.61	4	23.15	11.43	17.32
SFSM	3	20.62	4	20.22	4	20.53	22.16	15.42
SFAN	3	22.43	3	18.43	3	16.06	20.16	17.11
TCM	3	20.44	3	23.55	4	24.12	22.14	10.14
TSM	3	19.33	4	21.56	4	23.13	10.08	19.08
TAN	3	20.16	3	25.09	3	14.14	10.12	10.21
Std.	0.59		0.86		0.89			
Desv.								
Std.	0.13		0.14		0.16			
Error								

En los cuadros 11 ,12 y 13, se muestran los porcentajes de la evaluación de las variables de fenotipo como rectitud del fuste, ramificación y ángulo de inserción de las ramas, para distinguir las procedencias de buena, media y malas características en cuanto a estos parámetros.

La rectitud del fuste, permite distinguir los árboles más rectos, de fuste limpio y buenas características. Los resultados que se presentan en la Tabla 7, indican que la mayor parte de la población se encuentra en las categorías 3 y 4, pudiendo considerarse buenos genotipos para la conservación de la especie.

Paredes (2006), señala que algunos individuos de *Pinus tropicalis* presentan 2 ó 3 m de fuste libre de ramas, lo cual resulta muy conveniente y valioso desde el punto de vista económico por producir fustes sin nudos.

Cuadro 11. Comportamiento de la rectitud del fuste en las localidades

Procedencia	N(5)	%	N(4)	%	N(3)	%	N(1Y2)	%
CNCM	1	7,14	5	35,7	7	50	1	7,14
CNSM	0	0	8	57,14	6	42,8	0	0
CNC	0	0	9	75	7	58,3	1	8,33
SFCM	1	6,25	8	50	3	18,8	0	0
SFSM	1	6,66	9	60	6	40	1	6,66
SFC	1	8,33	8	66,66	8	66,7	0	0
TCM	0	0	6	60	3	30	1	10
TSM	0	0	0	0	3	37,5	4	50
TC	0	0	0	0	5	55,5	4	44,4

Fuente: Autor

Discusión.

El parámetro de ramificación evaluado presenta individuos muy buenos, con características que se destacan por presentar ramas finas, cortas y delgadas pero que no cumplen en un 100 % el parámetro ideal, la tabla 8 muestra que la mayor población de individuos se encuentra en las categorías 3 y 4.

Este carácter está representado en todas las categorías evaluadas, lo cual indica una gran diversidad de las poblaciones en cuanto a forma de las ramas, encontrando la calificación más alta con el valor de 4 que corresponde a árboles de muy buena apariencia, y que está localizado en las parcelas de San Felipe en áreas con manejo y conservadas, el valor que se registra con más frecuencia es el correspondiente a la categoría 3 (árboles de buena apariencia), predominando en mayor cuantía en 5 de las parcelas, 3 en las parcelas de Ceja del Negro en las áreas con manejo, sin manejo y conservada, una en la localidad de San Felipe en áreas sin manejo y una en la localidad de Tibisí, en la parcela conservada.

En la categoría 2, que corresponde a árboles con características de mala apariencia, están representadas las localidades pertenecientes a Tibisí en áreas sin manejo y conservadas, esto significa que parte de esta población está caracterizada por este defecto, lo cual

influye en el espaciamiento, en la cantidad de árboles por ha y en consecuencia, en el rendimiento por ha y además en la calidad de la madera ya que el grosor de las ramas es una variable asociada a la calidad de la madera.

Cuadro12. Comportamiento de la Ramificación por localidad

Procedencia	N(5)	%	N(4)	%	N(3)	%	N(1Y2)	%
CNCM	1	7,14	2	14,28	9	64,28	2	14,28
CNSM	1	7,14	8	57,14	5	35,71	0	0
CNC	0	0	5	41,66	4	33,33	3	25
SFCM	1	6,25	7	43,75	6	37,5	2	12,5
SFSM	1	6,66	6	40	8	53,33	0	0
SFC	1	8,33	5	41,66	4	33,33	2	16,6
TBCM	0	0	3	30	6	60	1	10
TBSM	0	0	0	0	3	37,5	4	50
TBC	0	0	0	0	4	44,44	5	55,55

Fuente: Autor

Discusión.

El ángulo de inserción de las ramas, también presenta una singular importancia. En el cuadro 10, se muestra que el máximo porcentaje de árboles con buenas características (4), en cuanto a esta variable, está representado por las procedencias Ceja del Negro con manejo y sin este, San Felipe con manejo y sin manejo y en Tibisí en áreas con manejo, el mayor porcentaje con características de calidad regular, o sea con valoración (3) pertenece a las procedencias Ceja del Negro, San Felipe y Tibisí en áreas conservadas, y con características de mala calidad o sea con defecto (2) se encontró Tibisí sin manejo.

En un estudio similar en *Pinus caribaea* var. *caribaea* realizado por García, (2006), reporta el mayor porcentaje de árboles en las categorías de mejor apariencia fenotípica.

Cuadro13. Comportamiento del ángulo de inserción de las ramas en las localidades

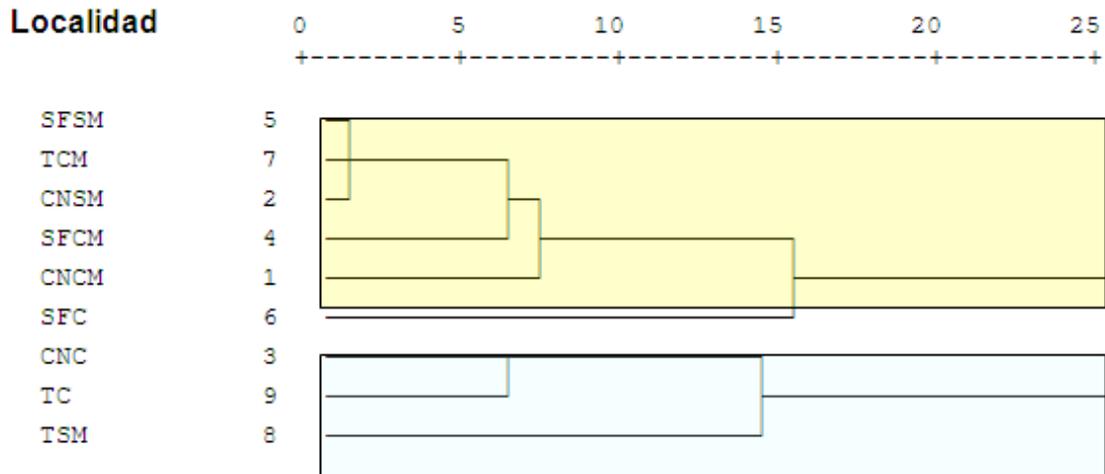
Procedencia	N(5)	%	N(4)	%	N(3)	%	N(1Y2)	%
CNCM	0	0	6	42,86	6	42,86	2	14,29
CNSM	0	0	10	71,43	4	28,57	0	0
CNC	0	0	4	33,33	6	50	2	16,67
SFCM	2	12,5	8	66,67	6	37,3	0	0
SFSM	1	6,67	10	6,67	3	20	1	6,66
SFC	2	16,67	3	25	7	58,3	0	0
TBCM	0	0	6	60	4	40	0	0
TBSM	0	0	0	0	3	37,5	5	62,5
TBC	0	0	0	0	6	66,67	3	33,33

Fuente: Autor

El **gráfico N° 5**, muestra el dendrograma realizado a partir de las evaluaciones del fenotipo y el comportamiento de las variables dasométricas (altura y diámetro) en *Pinus tropicalis*, donde se observa la formación de dos grupos, el primero compuesto por (SFSM, TCM, CNCN, SFCM, CNCM, SFC), y el segundo por (CNC, TC, TSM), evidenciándose que en la primera agrupación se concentran todas las parcelas donde se ha realizado alguna actividad de manejo y además las variables relacionadas con el rendimiento de la masa y el fenotipo presentan un mejor comportamiento, lo cual indica que el manejo es necesario para mejorar la estructura de la vegetación.

En las asociaciones de los grupos se observa la localidad de San Felipe con una distancia significativamente superior a las restantes, manifestando esta localidad condiciones más favorables para obtener altos rendimientos en la especie.

Álvarez (1995), plantea que la distancia euclidiana por su parte mide la proximidad entre casos o grupos de casos y sus valores crecen en función de la distancia.



Fuente: Autor

Gráfico N°5. Dendrograma que muestra la similitud entre el fenotipo y rendimiento de la masa por parcelas

1) Matriz de correlación entre variables de fenotipo, rendimiento y conservación.

Discusión.

En el siguiente cuadro, se muestra una matriz de correlación a partir de los criterios que definen el estado de conservación, el fenotipo y rendimiento de las masas de cada una de las localidades de estudio, donde se observan algunas variables que están fuertemente correlacionadas fundamentalmente las que tienen que ver con el fenotipo y la estructura de la vegetación, aunque de manera general se puede decir que el fenotipo y las variables relacionadas con el rendimiento pueden estar afectadas por el estado de conservación.

Cuadro 14. Matriz de correlación entre 10 variables relacionadas con el estado de conservación, el fenotipo y rendimiento de las masas

	R. N	Tala	E. Sant.	Antrp.	Estrc.	Altura	D	Ramas	Rectitud	Angulo
Regeneración	1	-0,188	0,53	-0,71	0,36	0,44	0,35	0	0,25	0,37
Tala		1	0,35	0,55	0,33	0,03	0,12	0,63	0,38	0,57
Sanidad			1	0,22	0,34	0,17	0,19	0,35	0,35	0,57
Antropización				1	-0,33	-0,51	-0,4	0,32	0,16	-0,10
Estructura					1	0,90	0,96	0,43	0,67	0,73
Altura						1	0,93	0,24	0,38	0,46
Diámetro							1	0,40	0,62	0,59
Ramificación								1	0,50	0,49
Rectitud									1	0,89
Angulo										1

Fuente: Autor

d. Diversidad de especies

En el **gráfico N°5**, se observa que las especies florísticas asociadas a *Pinus tropicalis* en cada una de las localidades y parcelas de estudio se agrupan según su abundancia en dos grupos, donde se aprecia claramente que en el segundo grupo predominan las parcelas con criterios de conservación, indicando que en estas áreas existe mayor abundancia de especies, reportándose en mayor proporción el *Bourreria virgata* (cafetillo), *Euphorbia helenae* (jazmín del pinar), *Nephrolepis sp.* (helecho) y regeneración natural del endémico en estudio *Pinus tropicalis* y en el caso del segundo grupo generalmente existe similitud entre las localidades con parcelas sometidas a actividades de manejo.

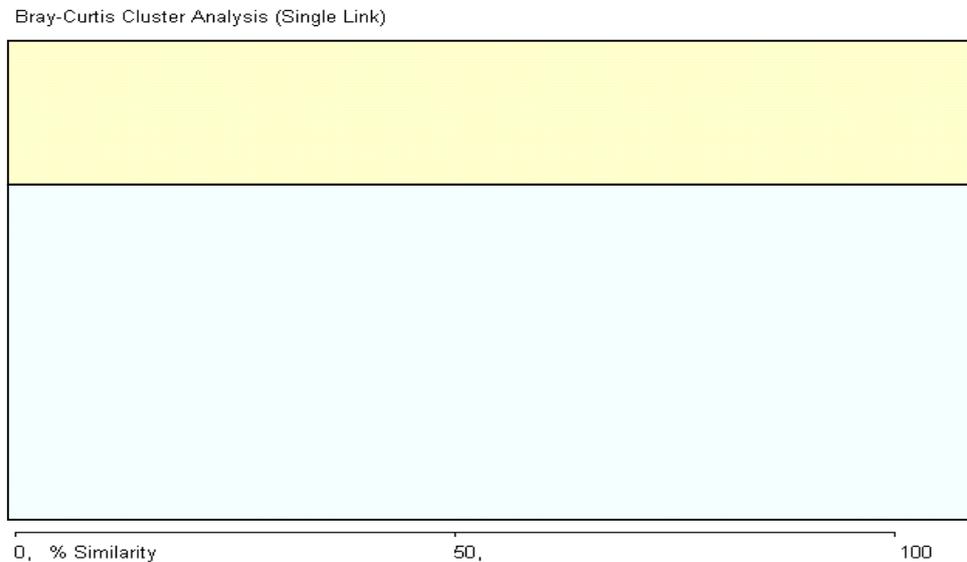


Gráfico N°6. Dendrograma que muestra la similitud entre especies florísticas por localidades y parcelas

Fuente: Autor

Las interacciones entre los elementos de los ecosistemas específicamente de las especies forestales pueden verse reflejadas por el uso de los índices de biodiversidad que permiten comparar sistemas o estimar el efecto de determinados procesos a partir de la composición previa resultante. Los índices de abundancia proporcional han sido los métodos frecuentemente utilizados para describir los patrones de la estructura de los ecosistemas (Ota, 1987, citado por Bonett, 2002)

Discusión.

En el **cuadro15**, se muestran los valores correspondientes a los índices de biodiversidad, determinando la abundancia, equitatividad y dominancia de especies para cada una de las parcelas del muestreo, donde se aprecia en sentido general una mayor abundancia en las parcelas 3 que corresponden a áreas de conservación, con menor equitatividad y mayor dominancia, con excepción de la localidad de San Felipe que en la parcela 2 manifiesta los mayores valores de abundancia, lo cual está dado fundamentalmente a la presencia de una alta cantidad de individuos de regeneración natural de la especie.

La equitatividad, por su parte mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, teniendo mayores valores las parcelas conservadas y sin actividad de manejo, lo cual indica que en las áreas donde no ha existido intervención antrópica existe un mayor componente de diversidad biológica, sin embargo es importante considerar que la intensidad del manejo y el tiempo en que este se haya realizado en cada una de las áreas es un factor que determina en los niveles de diversidad. Estos resultados indican que el mantenimiento de los elementos de la diversidad juega un papel fundamental en el ecosistema y al parecer los manejos ejecutados no tuvieron en cuenta estos aspectos. (**Anexo 8**)

La necesidad de realizar manejos teniendo en cuenta la preservación de la diversidad, de hábitat y especies es con el fin de garantizar el mantenimiento y perpetuación de las especies según los criterios de Rush y Sarasola (1999),

Cuadro15. Índices de diversidad

Índice	Shannon H'	Shannon J'	Simpsons	Simpsons
	Log B. 10		Diversity (D)	Diversity (1/D)
	Dominancia (d)	Dominancia (1/d)		
CNCM	0.91	0.91	0.13	7.78
CNSM	0.94	0.87	0.14	7.12
CNC	0.95	0.83	0.14	6.95
SFCM	0.72	0.69	0.29	3.49
SFSM	0.98	0.94	0.10	10.15
SFC	0.80	0.72	0.26	3.92
TCM	0.76	0.90	0.19	5.21
TSM	0.98	0.83	0.14	7.30
TC	0.98	0.88	0.11	8.91

Fuente: Autor

5. Plan para manejo y conservación de *Pinus tropicalis* Morelet

El propósito del plan de manejo y conservación para la especie *Pinus tropicalis* Morelet es ofrecer un marco de gestión para la conservación y mantenimiento de sus poblaciones en plantaciones con manejo, sin acciones de manejo y áreas naturales, conjugando los avances y experiencias obtenidas en la especie a diferentes niveles en base a estudios anteriores. Con el desarrollo del mismo se pretende fundamentar áreas apropiadas para obtener material de reproducción, como vía para garantizar la conservación de su genofondo y cuenta con tres etapas, una de diagnóstico, otra de evaluación y una de planificación.

A continuación se presenta el esquema lógico diseñado para el desarrollo del plan de manejo y conservación para la especie *Pinus tropicalis* para las localidades de Viñales.

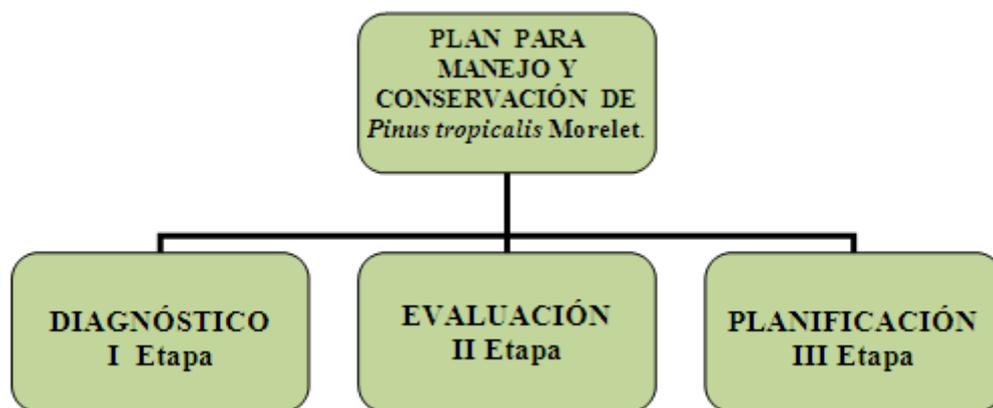


Figura 1. Esquema lógico para el desarrollo del Plan de Manejo y Conservación

a. **Caracterización de las etapas del Plan de Manejo.**

1) **Diagnóstico**

Esta etapa contempla el reconocimiento, identificación y exploración de cada una de las áreas de estudio, así como el diagnóstico de las causas del deterioro de la especie, así como la comprobación de las áreas que han sido sometidas a alguna actividad de manejo, y el análisis de los aspectos legales. Como se menciono anteriormente las causas fundamentales del deterioro de la especie resultaron ser:

Prácticas de aprovechamiento forestal inadecuadas, existiendo una tendencia a sustituir esta especie en las áreas naturales taladas, unido a ello lo relacionado con la deficiente capacidad germinativa de las semillas de esta especie y los problemas que ocasiona en los viveros forestales, excluida de los planes de fomento forestal.

Otro aspecto a incluir en este tema es el análisis del marco legal, que permita garantizar la conservación y desarrollo del patrimonio forestal sobre las más amplias y modernas concepciones de la sostenibilidad, lo cual es un reto de la humanidad.

En el caso particular de Cuba, en materia forestal, están vigentes tres instrumentos jurídicos: la Ley No. 85. Ley Forestal, aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular, el Reglamento de la Ley y el Decreto 268, Contravenciones de las Regulaciones forestales.

2) Evaluación

El marco legislativo en correspondencia con la conservación de los recursos forestales es una necesidad vital, pues en la mayoría de los casos las dificultades en cuanto a la conservación versan en la carencia de políticas adecuadas, falta de control y gestión para garantizar el desarrollo exitoso de los mismos, contar con un componente legal que permita garantizar la conservación y desarrollo del patrimonio forestal sobre las más amplias y modernas concepciones de la sostenibilidad, es un reto que la humanidad debe imponerse.

Se evaluó la estructura, dinámica del bosque y autoecología de la especie fundamentalmente lo relacionado con sus características edáficas (pH, P, K, Cl, Ca, Mg, Na, K) así como aspectos de economía hídrica de la planta, sus preferencias a suelos secos, las exigencias lumínicas y tasa de transpiración, así como los criterios del estado de conservación, características del fenotipo de la masa (rectitud, ramificación y ángulo de inserción de las ramas), el comportamiento de las variables dasométricas (altura, diámetro), la regeneración natural y las informaciones sobre aspectos del mejoramiento genético (específicamente las pruebas de procedencias de Bartola, Galalón y Viñales).

En particular los ensayos de procedencias establecidos para la especie y los tratamientos silvícolas aplicados permitieron desarrollar esta segunda fase de la estrategia donde se evalúa de muy buena la localidad de San Felipe, constituyendo un punto de partida importante para justificar el desarrollo de programas de gestión para el manejo y conservación de la especie en el ambiente de Viñales en Alturas de Pizarras y a la vez se justifica el desarrollo de la estrategia de conservación que en ocasiones suele ser un poco embarazosa. La localidad de Tibisí pertenece a uno de los lugares más carentes de recursos donde la mayoría de las especies forestales pudieran verse fuertemente afectadas, sin embargo ella se adapta bien a este medio por las características ecológicas que la caracterización realizada arrojó como resultados, si embargo los resultados de rendimiento son inferiores, por lo que esta área se puede evaluar de regular.

3) Planificación

El propósito del Plan de Manejo y Conservación para la especie *Pinus tropicalis* Morelet, es ofrecer un marco de gestión para la conservación y mantenimiento de sus áreas, y además garantizar material vegetal en los viveros forestales como una iniciativa que permita rescatar plantaciones forestales de la especie objeto de estudio, conjugando los avances y experiencias obtenidas en la especie a los diferentes niveles de estudio, tomando como antecedentes los resultados obtenidos por Bonilla (2001), Geada (2002)

En la etapa de planificación, se proponen dos aspectos fundamentales, uno encaminado a definir las unidades de conservación, unidades de manejo y unidades significativas de evolución. Se estudiaron áreas donde se realizan actividades operativas de mejora genética como son las pruebas de procedencia, progenie, bancos clonales y huertos semilleros, que cumplen con los requerimientos de la conservación *ex situ* de genotipos superiores y que en ellas se concentra gran parte de la variabilidad genética de la especie.

Otro aspecto de la planificación dirigir la propuesta de realizar talas uniformes en todos los rodales donde la empresa ha planificado talas que en caso de esta especie son talas dirigidas y planificadas y que se dan a poca escala, con el objeto de propiciar la

regeneración natural ya que como se ha dicho anteriormente la especie es muy heliófila, esto como una vía factible para garantizar la conservación *in situ*.

En la etapa de planificación (Gráfico N°8), se proponen tres aspectos fundamentales qué, cómo y dónde.

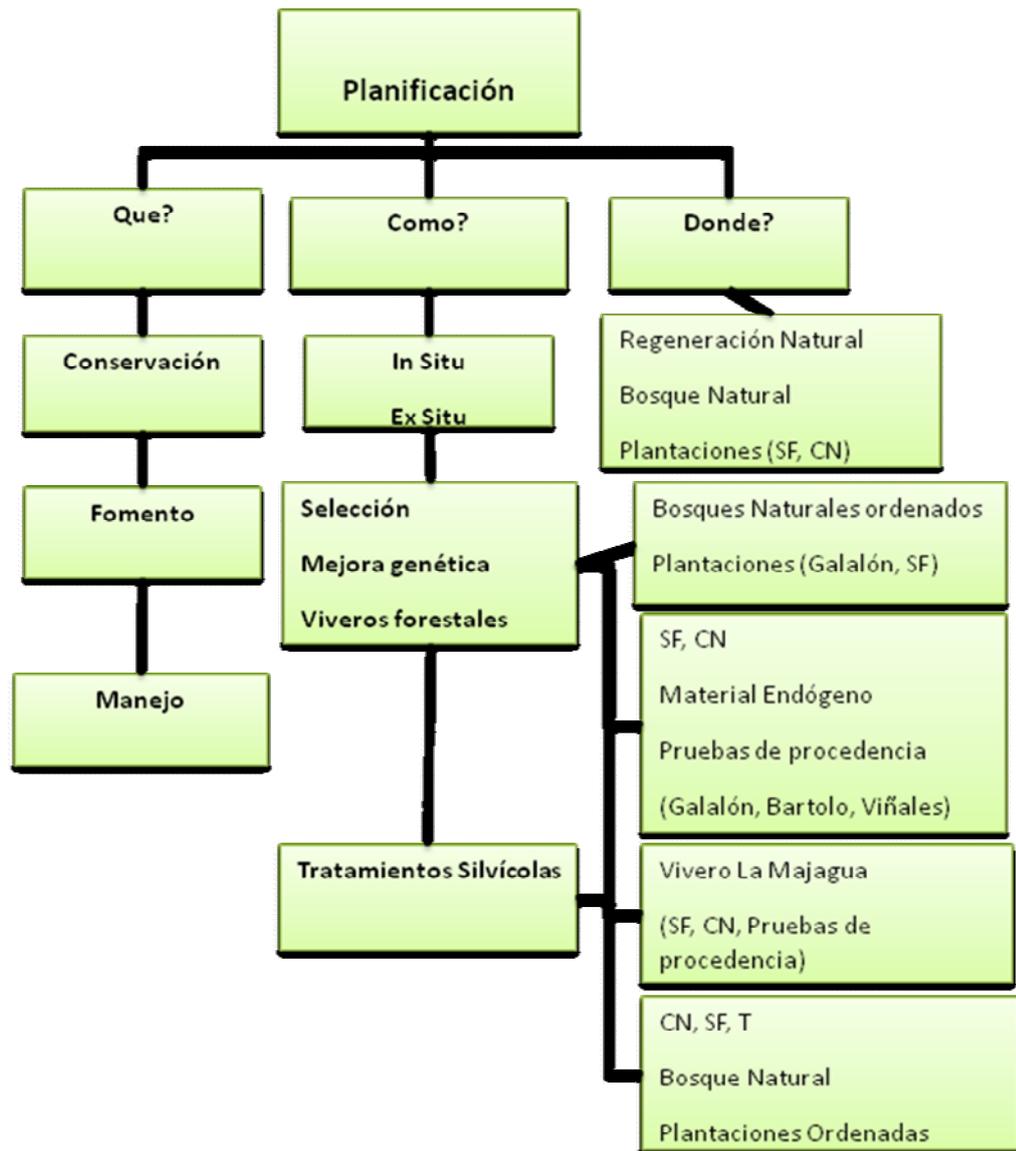


Figura 2. Fase de planificación para actividades en la especie *Pinus tropicalis* Morelet

b. Propuesta de manejo.

El crecimiento y rendimiento dependen tanto de la productividad potencial, dada por la calidad del sitio, como por el grado que se aproveche dicha potencialidad, para pensar en un manejo sostenible de la formación una de las primeras condiciones es limitar las talas rasas en bosques naturales de pinares, de hecho esta enmienda se inicio desde el año 2002.

Una segunda acción dentro de la propuesta de plan de manejo seria el mejoramiento genético, con la particularidad de ser local y a corto plazo, con la selección de árboles plus y el establecimiento de huertos clonales y semilleros.

Los bosques manejados para la producción de madera también pueden conservar la diversidad biológica, esto puede lograrse minimizando las pérdidas de la biodiversidad mediante la aplicación adecuada de regímenes de ordenación e integrando los principios de conservación la planificación formulación y ejecución de los planes de manejos forestal, pero si de conservar la biodiversidad se trata no deberá confundirse el ecosistema del bosque con una masa arbolada.

c. Enfoques de Manejo

El manejo y aprovechamiento de los recursos naturales puede considerarse como una forma de manipular el proceso natural que siguen los recursos en la naturaleza, las intervenciones que se realizan por parte del hombre deben asegurar que los productos y beneficios que se obtengan, permitan la regeneración natural con lo cual podemos hablar de un manejo sustentable de los recursos naturales.

En este sentido, los planes de manejo tienen la finalidad de permitir a los habitantes el uso de los recursos naturales, su capacidad de cumplir funciones que son valoradas; producción y protección, para conseguir estas funciones es necesario que se practiquen principios como son:

- a) no sacar más de lo que el recurso produce o regenera (capacidad de Producción)
- b) planificar en función de las exigencias de la comunidad, desarrollando un modelo adaptativo, en este caso en función de la necesidades de la empresa forestal.

Para cumplir con estos principios el plan de manejo deberá enfocarse en el enfoque ambiental, para llegar al equilibrio de los procesos que ocurren en los ecosistemas o medio natural, se debe incidir en el manejo y conservación de los recursos (biodiversidad), por ello los estudios de diversidad de especies adquieren gran importancia enlazando los conocimientos locales con los científicos, para generar iniciativas y acciones comunitarias, que deberán enfocarse en el plan de manejo y proteger su entorno garantizando una buena administración dentro de los planes de manejo y a su vez aprovechamiento en la empresa forestal, el cual se podrá concretar únicamente llegando a acuerdos drásticos de manejo de los recursos naturales.

A su vez los estudios de Potencial hídrico así como de transpiración cuticular son variables de gran importancia ya que la disponibilidad del recurso hídrico es de vital importancia en los planes de manejo y conservación ya que estas medidas nos permiten conocer el nivel de plasticidad de una especie que en el caso de *P. tropicalis* es bastante plástica pero obviamente en sitios de mejor desarrollo manifiesta mayores incrementos como lo pudimos apreciar en el estudio de autoecología de la especie y obviamente si el objetivo de la plantación de un área es el mejoramiento de la producción en la medida en que se tenga en cuenta esto en los planes de manejo y aprovechamiento los sitios mas adecuados para su desarrollo influirá en los resultados y en la producción de masa seca.

A la vez estos estudios ayudan a entender los mecanismos fisiológicos de utilización de recursos ambientales como energía, agua, nutrimentos minerales, entender los mecanismos fisiológicos de la reproducción frente a condiciones de variables limitantes, que en este caso la especie como dijimos anteriormente presenta algunos problemas y el estudio puede ayudar a entender los mecanismos de acción de la especie ante la adaptación a stress de cualquier naturaleza.

d. Estructuración del plan de manejo

La silvicultura exige en buena ley, la extracción de lo mejor pero esto no se debe hacer sin considerar debidamente la regeneración potencial y la calidad de la producción de la próxima generación.

La ley forestal Cubana (MINAGRI, 1999) manifiesta que el bosque al ser un recurso natural renovable que proporciona bienes y servicios de tipo económico, social y cultural, susceptible de ser aprovechado racionalmente sin detrimento de sus cualidades reguladoras y protectoras del medio ambiente, mientras que en sus objetivos se señala que se regule el uso múltiple y sostenible del patrimonio forestal y se promueva el aprovechamiento racional de los productos forestales del bosque.

El Plan de Manejo y Conservación abarca todo lo referente con la Diversidad, la caracterización de los atributos de autoecología y ecofisiología de la especie, sus componentes que constituye una respuesta urgente para mitigar en parte, los efectos negativos, de un sistema de mal manejo. La destrucción de flora y fauna silvestres, los continuos incendios forestales, la falta de planes de reforestación con la especie, constituyen algunos ejemplos de las actividades que afectan a las zonas en estudio.

El presente Plan de Manejo ha sido elaborado basándose en la información obtenida como resultado de los estudios realizados basados en autoecología de la especie, los índices de diversidad, las actividades de manejo proporcionados los datos por la Empresa Forestal Integral de Viñales, datos de información primaria y secundaria, directrices y mapas temáticos que constan en el Plan de Manejo en las diferentes áreas existentes dentro de la empresa, plan que forma parte de un proyecto forestal nacional así como de una base de datos que pretende continuar con estudios de la especie.

Se espera que el presente Plan de Manejo, cumplan con los lineamientos generales, las expectativas y lo directrices fundamentales, que permitan en forma participativa entre las autoridades competentes, la ejecución de los programas y actividades complementadas en

el presente documento , a efecto de que los valores naturales, científicos, culturales, se conserven y preserven a través del tiempo

Una vez que se ha definido la zonificación que consta de tres sectores, áreas con manejo forestal, aéreas sin manejo forestal y áreas naturales, procedemos a plantear los objetivos y programas del plan de manejo, lineamientos como una herramienta donde se puedan afrontar los principales problemas existentes para mantener un desarrollo sustentable de la especie.

1) Objetivo General

Proporcionar el manejo adecuado de la especie y garantizar el mantenimiento de las poblaciones de *Pinus tropicalis* Morelet.

2) Líneas de acción

Al definir como lineamientos generales para diseñar un plan de manejo, se construyó un documento básico para todos los factores e instituciones involucradas en la conservación de los recursos genéticos forestales en la EFI Viñales y la Provincia de Pinar del Río, que abarca las siguientes acciones, propuestas:

1. Implementar un sistema de manejo y uso adecuado de la especie que garantice la permanencia y un mayor rendimiento.
2. Conservar la biodiversidad minimizando las pérdidas de la misma, mediante la aplicación adecuada de programas de ordenación integrando los principios de conservación.
3. Divulgar los resultados obtenidos en la Empresa Forestal Integral Viñales.

4. Realizar tratamientos silviculturales (cortas uniformes, limpias, raleos I, raleo II)
5. Propiciar la regeneración natural.
6. Identificar unidades de gestión y manejo (marcar las áreas de abundante regeneración natural de la especie y darle seguimiento y control)
7. Establecer un banco de datos donde se registre todas las informaciones de la especie.
8. Profundizar en estudios a nivel genético y sus niveles de variación.
9. Garantizar la recolección de semillas.
10. Realizar transferencias de germoplasma.
11. Fomentar la producción de la especie en viveros forestales del municipio.
12. Incluir criterios de autoecología en los planes de reforestación.
13. Lograr un equilibrio entre la conservación in situ y la ordenación forestal sostenible.

3) Justificación

El establecimiento de un plan de manejo y conservación para *Pinus tropicalis* Morelet está basada en la caracterización de atributos de autoecología de la especie y la evaluación del estado de conservación, fenotipo, rendimiento de la especie y la determinación de los índices de biodiversidad, en áreas con manejo forestal, sin manejo y áreas naturales para de

esta manera poder podrá garantizar el mantenimiento y la optimización de la producción de la especie.

4) Programas del Plan de Manejo

Después de la determinación de los principales problemas que en este caso es el deterioro y la disminución de las áreas de *Pinus tropicalis* Morelet y la identificación de las potencialidades y posibles soluciones que constituyen investigaciones realizadas anteriormente, precisamos los programas y las prioridades de manejo para los recursos existentes.

Los programas propuestos tienen relación con los ámbitos, productivo, económico y ambiental; la implementación de cada programa, y actividades, están formuladas dentro de una visión productiva que permita elevar el nivel de producción de la Empresa Forestal Integral Viñales, a la vez involucra comunidades aledañas a los lugares de estudio en función de crear conciencia de conservación, a su vez también se estimo conveniente la conservación de los recursos hídricos y se sugiere estudios posteriores en virtud de valorar la influencia de la existencia de la especie en riveras de ríos y establecer la incidencia en los niveles de agua actuales.

Los programas propuestos constituyen una alternativa a la conservación de la especie y fomento de la misma en aras de mantener las poblaciones naturales y optimizar la producción de las áreas destinadas a producción comercial.

PROGRAMA: CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE.

OBJETIVOS

GENERAL

Fomentar la permanencia de la especie.

ESPECIFICOS

- ✓ Identificar sitios de reservas genéticas.
- ✓ Clasificar hábitat, mediante la identificación de unidades de gestión
- ✓ Establecer unidades de conservación.
- ✓ Fomento de la regeneración natural.

Cuadro 16. Programa conservación de la especie

Actividades	Metas	Apoyo institucional	Responsable
Identificación del sitio ideal, adecuado para establecer parcelas de reserva genética	Establecer parcelas que contengan individuos de excelentes características genéticas y morfológicas.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
Determinación del área correspondiente para establecimiento de nuevos bancos clonales de genotipos seleccionados.	Mejorar la calidad de planta obtenida mediante programas de biotecnología de la especie, en áreas identificadas en estudios anteriores.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
Mantener programas de manejo de la especie.	Beneficiarios capacitados para el manejo de los viveros, su mantenimiento y producción.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
Selección de las semillas que se utilizarán en la producción y establecimiento de los mismos.	En áreas identificadas como la de San Felipe validar una propuesta para preservarla como sitio de reserva genética.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
Identificar áreas de regeneración natural.			
Establecer un banco de datos de estudio de la especie en base a estudios anteriores.	Conformar una base de datos ya existente en el país sobre pinares endémicos de la Isla.	UPR, CITMA	UPR

PROGRAMA: CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD.

OBJETIVOS

GENERAL

Recuperar áreas e incrementar la biodiversidad para mantener el equilibrio con los recursos naturales.

ESPECIFICOS

- ✓ Mejorar los sistemas de producción, mediante la aplicación de nuevas técnicas.
- ✓ Recuperar áreas de producción forestal sin manejo mediante la aplicación de programas de ordenación que integren principios de conservación.

Cuadro 17. Programa conservación de la biodiversidad.

Actividades	Metas	Apoyo Institucional	Responsable
Impulso de programas de ordenación y aprovechamiento forestal sostenible.	Incremento de producción en plantaciones.	CITMA, UPR	EFI VIÑALES
Identificación y delimitación de áreas con mayor porcentaje de regeneración natural.	Mantener un control adecuado de cada una de las parcelas identificadas para establecerlas como futuras masas semilleras.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
Llevar a cabo tratamientos silviculturales en áreas tanto sin manejo como áreas naturales a partir del estado actual de los rodales para obtener un arbolado normal.	Elevar el nivel de producción de la especie manteniendo e incrementando la diversidad de especies en zonas de regeneración natural.	UPR,CITMA	EFI VIÑALES
Categorizar los grupos de manejo en las áreas de producción de la Empresa Forestal Integral Viñales mediante la implementación de alternativas como tala selectiva y en franjas.	Efectivizar el manejo y la producción en el aspecto económico ecológico y social, considerando como vía la ordenación forestal sostenible	UPR,CITMA	EFI VIÑALES

PROGRAMA: MANEJO DE POBLACIONES NATURALES Y COMERCIALES DE LA ESPECIE

OBJETIVOS

GENERAL

Mejorar la producción comercial y mantener las poblaciones naturales a través de actividades silvícolas.

ESPECIFICOS

- ✓ Identificar áreas de baja producción para establecer actividades silvícolas.
- ✓ Identificar áreas destinadas a regeneración y tala comercial.

Cuadro 18. Manejo de poblaciones naturales y comerciales

Actividades	Metas	Apoyo Institucional	Responsable
Identificar áreas con producción deficiente e implementar actividades de manejo como raleos tipo I y II y talas dirigidas	Mejorar los programas silviculturales en sitios con mayor problemas debido a incidencias de tipo edáficas como Tibisí, favorecer la regeneración natural.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
En zonas con mayor regeneración natural establecer actividades de podas y raleos para favorecer la incidencia de luz.	Realizar actividades de manejo que permitan aumentar la zona de regeneración en la plantación de San Felipe.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES
En áreas naturales que no se obtuvieron arbolados naturales se procederá a talar y plantar nuevamente, esto según datos obtenidos de estudios de autoecología de la <i>sp</i> .	Obtener diámetros requeridos comercialmente y en el menor tiempo.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES
Realizar talas rasas únicamente en lugares que no tengan posibilidad de mantener su condición natural.	Obtener plantaciones productivas manejadas a través de los trabajos de silvicultura que se empleado para mejorar su producción.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES
Mantener visitas constantes de técnicos evaluando la producción y desarrollo tanto de las poblaciones naturales como comerciales.	Evaluar la condición natural y comercial del bosque.	UPR, CITMA	EFI VIÑALES

PROGRAMA: CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.

OBJETIVOS

GENERAL

Fortalecer el desarrollo forestal mediante una conciencia de conservación y educación ambiental.

ESPECIFICOS

- ✓ Proponer el uso adecuado de los recursos forestales incentivando la conservación y protección de los sitios vulnerables.
- ✓ Proporcionar un manejo adecuado de los recursos naturales a través de la aplicación correcta del plan de manejo.
- ✓ Difundir la educación ambiental en las zonas de estudio.

Cuadro 19. Programa capacitación y educación

Actividades	Metas	Apoyo institucional	Responsable
Formación de grupo de activistas que difundirán la información	capacitar sobre la educación ambiental para divulgar a la comunidad.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES
Implementar talleres de concienciación de la importancia del medio ambiente dirigido a las comunidades aledañas a las tres zonas de estudio	Comunidad capacitada por parte del grupo de personas encargadas en realizar la capacitación con respecto a la protección y conservación del medio ambiente.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES
Determinar estrategias de conservación ambiental dirigida a los técnicos de la Empresa Forestal	Fijar estrategias en función de los resultados obtenidos en la investigación, relacionadas a autoecología y ecofisiología.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES

PROGRAMA: PROTECCIÓN DE RIBERAS, LAGUNAS Y VERTIENTES.

OBJETIVOS

GENERAL

Garantizar la preservación de la especie existente en fuentes y riveras de ríos y riachuelos de los lugares de estudio.

ESPECIFICOS

- ✓ Realizar estudios hidrológicos para verificar el comportamiento de sus aguas frente a las áreas deforestadas del lugar.
- ✓ Mantener las fuentes hídricas mediante programas de restauración forestal en áreas degradadas y conservación en áreas protegidas.

Cuadro 20. Programa protección de riberas, lagunas y vertientes

Actividades	Metas	Apoyo institucional	Responsable
Determinación de áreas que se pueden ver afectadas por pérdida de la especie.	Área determinada y destinada para el estudio hidrológico.	PR, , CITMA	EFI VIÑALES
Realizar monitoreo sobre los volúmenes de agua en las corrientes y yacimientos de los ríos y esteros, así como el comportamiento frente a la presencia de la especie.	Monitoreo de volúmenes de agua de afluentes así como estudios de incrementos de masa seca en la especie en estos lugares.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES
Establecer un área mínima de protección de 30 metros a partir de las orillas de ríos y esteros, debiendo ser reforestadas con especies de protección que fueron evaluadas en los estudios de diversidad.	Reforestación establecida a partir de los 30 metros de la orilla de ríos incluyendo la especie <i>P. tropicalis</i>	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES
Implementación de especies forestales que determinen la protección de las cuencas.	Especies implementadas para su protección.	UPR, , CITMA	EFI VIÑALES

5. Sustentabilidad financiera y fuentes de financiamiento.

Una vez establecido el plan de manejo de la especie *P. tropicalis* se identificarán las fuentes de financiamiento para la operación de los diferentes programas propuestos. Las principales fuentes de financiamiento para la ejecución de las propuestas, se basarán en el Plan Nacional de Fomento y Conservación de la especie, y se cuenta con apoyo del Gobierno a través de las entidades destinadas a este tema tal es así se como ya menciono antes la especie *P. tropicalis* a partir del 2009 forma parte ya del plan nacional de reforestación en la Isla.

6. Evaluación y monitoreo

En la evaluación y monitoreo de avances que se desarrollara se analizara detalladamente cada uno de los programas y proyectos implementados, con información oportuna se podrá identificar los impactos negativos y positivos que permitan modificar los programas los mismos que serán reportados por los responsables de la ejecución.

7. Seguimiento del plan

El plan de manejo es un instrumento que ayuda a establecer lineamientos para que la empresa puedan organizarse y lograr su desarrollo sustentable mediante el aprovechamiento eficiente de sus recursos.

En tal virtud es la Empresa Forestal Integral Viñales la encargada de desarrollar y evaluar los programas desde sus propias necesidades conjuntamente con las instituciones del estado que sirvan de apoyo para su ejecución.

VI. CONCLUSIONES

1. Los atributos de autoecología de la especie *Pinus tropicalis* Morelet indican que la misma se adapta a condiciones extremas de suelo, con poca disponibilidad de agua y nutrientes.
2. La localidad de San Felipe muestra resultados más favorables en cuanto a Potencial hídrico, tasa de transpiración cuticular, estado de conservación, fenotipo, rendimiento y regeneración natural, siendo este último superior en áreas con mayor incidencia de luz.
3. Las causas principales del deterioro y disminución de la especie resultaron ser las prácticas de aprovechamiento forestal, y los problemas en cuanto a su capacidad germinativa.
4. Los índices de diversidad de la especie muestran una mayor abundancia y dominancia en las áreas conservadas, sin embargo se reconoce la importancia del manejo evidenciándose en algunos casos la carencia de estas.
5. Ni la riqueza específica ni el valor de biodiversidad de Shannon poseen significación con la altura, estas variables son influenciadas por la profundidad del suelo y la exposición fundamentalmente, preservando valores relativamente bajos, comparados con otros ecosistemas de la provincia u otros pinares del mundo.
6. El plan de manejo y conservación propuesto permiten garantizar el mantenimiento de las poblaciones de *Pinus tropicalis* Morelet.

VII. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar los tratamientos silvícolas según el estado de desarrollo del bosque y planificar su intensidad de forma que se garantice el mantenimiento de la biodiversidad.
2. Poner a disposición de la Empresa Forestal Integral de Viñales el presente documento de investigación.
3. Profundizar en el estudio de otras variables de autoecología de la especie como vía para facilitar una mejor interpretación de los mecanismos de adaptación de la especie.
4. Combinar los métodos de conservación Ex situ e In situ.
5. Reforestación y asistencia técnica, en las áreas de los afluentes de agua para la recuperación de las riveras con la debida selección de especies.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación se propuso: elaborar un plan de manejo y conservación para *Pinus tropicalis* Morelet, sobre la base de atributos de autoecología y ecofisiología de la especie, evaluaciones de su estado de conservación, fenotipo, rendimiento y la determinación de índices de biodiversidad (abundancia, equitatividad y dominancia), en áreas con manejo, sin intervenciones, y áreas conservadas, en tres localidades de la provincia de Pinar del Río, en el municipio de Viñales, Alturas de Pizarras, pertenecientes a las localidades de Ceja del Negro, San Felipe y Tibisí. Utilizando cámara de Scholander. Los resultados indican diversidad en cuanto a factores ambientales, potencial hídrico y tasas de transpiración cuticular, indicando que la exposición tanto norte como sur influye en este atributo, mostrando que la especie presenta preferencias a condiciones edáficas más extremas, apreciando niveles de variabilidad fenotípica y al parecer la apariencia y el rendimiento de las masas están afectados por su estado de conservación. Observando diferencias muy marcadas entre las parcelas en áreas naturales, manejadas y sin manejo y a nivel de localidad, Obteniendo resultados que indican que la localidad de Ceja del Negro y San Felipe presentan un comportamiento superior en cuanto a las variables analizadas. Este plan de manejo y conservación para la especie *Pinus tropicalis* Morelet se sustenta en la planificación de las actividades de manejo y conservación a nivel de localidades para ello se proponen programas y acciones con vistas a garantizar el mantenimiento de las poblaciones naturales así como optimizar la producción en plantaciones comerciales.

IX. SUMMARY

The present research intended : to elaborate a handling plan and conservation for *Pinus tropicalis* Morelet, on the attributes base ecology and physiology of the species evaluations of their conservation state, phenotype, yield and the determination of biodiversity indexes (abundance, equal and dominance), in areas with handling, without interventions and conserved areas, among towns of River Pinar, in the municipality of Viñales, Alturas de Pizarra, belong to Ceja del Negro, San Felipe and Tibisí. Using Scholander camera, the results indicate diversity as for factors environmental, hidric potential and perspiration rates cuticles, indicating the exhibition as much north as south influence in this attribute, showing the species presents preferences to conditions more extreme edáficas, appreciating levels of variability phenotypic and apparently the appearance among the parcels in natural, managed areas and without handling in the town. Obtaining results de same ones that indicate: the town of Ceja del Negro and San Felipe present a superior behavior as for the analyze variables. This handling plan and conservation for the species *Pinus tropicalis* Morelet is sustained in the planning of the handling activities and conservation in the town for it suggests put programs and actions with the purpose of guaranteeing the maintenance of the natural populations as well as to optimize the production in commercial plantations.

X. BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, M. 2007. Comunicación personal. Especialista de áreas protegidas. Delegación territorial del CITMA. Pinar del Rio.
2. ÁLVAREZ, R. A. 1995. Estadística Multivariada y no paramétrica con SPSS. Ediciones Díaz De Santos, S.A. Juan Bravo, Madrid, España. 286 p.
3. ÁLVAREZ, A; SUÁREZ, J. A; ECHEVARRÍA, O.; Diago, I. 2000. *Pinus tropicalis* características y la situación de sus recursos genéticos. Inédito. IIF. 9 pp.
4. ÁLVAREZ, B. A. 2002. Informe de país sobre conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos de bosques y árboles forestales, IIF.CATIG.Cuba.
5. ANSORENA, M. 1994. Sustrato, propiedades y características. Ediciones Mundiprensa. España. 172 p.
6. BAENA, A. 2003. Árboles de Centroamérica. Una guía para extensionistas. OFI/CATIE. Turrialba. Costa Rica. 1079 p.
7. BERAZAÍN, R; ARECES, F; LAZCANO, L; GONZÁLEZ, L.R. 2005. Lista Roja de la Flora Vasculare Cubana. Documentos del Jardín Botánico (Gijón) 4: 1-86 p.
8. BETANCOURT, B.A. 1987. Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana. Cuba. 427 p.
9. BETANCOURT, B.A. 1999. Silvicultura Especial de de Árboles Maderables Tropicales. Nueva edición. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana. Cuba. 427 p.

10. BORHIDÍ, A. O. 1996. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. Akademiai Kiado. Budapesti. 858 p.
11. BONETT, A. (2002). Gestión de espacios protegidos. Universidad de Alicante, España, Departamento de Ecología. Pág. 35-48.
12. BONILLA, M. 1999. Características de las semillas de *Pinus tropicalis* Morelet, Revista electrónica avances Vol. 2. N4, Pág. 4.
13. BONILLA, M. 2001. Evaluación del comportamiento de *Pinus tropicalis* Morelet en fase de vivero con tubetes. Resumen de la Tesis en opción al grado de Doctor C.Forestales Univ. de P. Río. 42 pp.
14. BOSCH, D.; CAMACHO, E. Y RUIZ, J. 2000. Nuevo tipo y género de suelo Fersialítico Cubano. Agr.7. 65-74 p.
15. CAIRO, P.; FUNDORA, O. 2002. Edafología. Editorial Pueblo y Educación. Tercera Edición. Ciudad de La Habana, Cuba. 476 p.
16. CAPOTE, R. P.; BERAZAÍN, R. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. Rev. Jard. Bot. Nac. Univ. Hab. 5(2): 27-75 p.
17. CATIE. 2004. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Ed Lorena Orozco Vilchez. Turrialba. Costa Rica. 329p.
18. CITMA-CIGEA. 1998. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba (material mecanografiado).
19. FERNÁNDEZ, J 2002. Introducción al conocimiento del medio ambiente. Tabloide Universidad para todos. Editorial Academia. Cuba.

20. DEL RISCO, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su importancia histórica y característica. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba. 17 p.
21. DEL RISCO, E. 2000. Tipología de Bosques. Documentos preparados para curso de Tipología de Bosques en la Maestría en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito). 7 p.
22. DEL RISCO, E.; SAMEK, V. 1989. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio sinecológico. Editorial Academia. La Habana, Cuba. 13-25 p.
23. ESCARRÉ, A. ;Equipo Oikos-Santillana-S.A. 1997. Madrid, España.
24. ESPINOSA, A. 2000. Evaluación de la dinámica de la germinación de *Pinus tropicalis* Morelet, Trabajo de Diploma, Universidad Pinar del Río, 56p
25. DINÁMICA FORESTAL. 2007. Informe de la Dinámica Forestal EFI Viñales. MINAGRI. Pinar del Río.
26. DIAZ, T. A. 1998, Productos forestales no maderables, Trabajo de Diploma, Universidad Pinar del Río, 57p.
27. FAO. 2007. Situación de los bosques del mundo. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Roma, Italia. 157 p.
28. GARCÍA, Q Y. 2006. Estrategia para la conservación intraespecífica de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea*, *Boret* y *golfari*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Proyecto de cooperación de formación doctoral Universidad de Pinar del Río / Universidad de Alicante. Cuba/España. Pinar del Río. Cuba.

29. GARCÍA, Q Y. 2007. Ensayo de procedencia *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* en Viñales. Alturas de Pizarras. Pinar del Río. Cuba. Rev. Chapingo Vol. XIII N° 1/2007. Texcoco, México.
30. GARCÍA, Q Y. 2008. Caracterización de atributos ecofisiológicos de un endémico cubano: *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* en Pinar de Río. Memorias V Simposio Internacional de Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Pinar del Río, Cuba.
31. GEADA, L.G. 2003. Phylogenetic Relationships of Diploxylon Pines, Genetic Variation of *Pinus tropicalis* and the Cuban Pines. Tesis en opción al grado científico de PhD. Forest Resource Biology. Universidad de Ehime, Japón.
32. GONZÁLEZ, A; PÉREZ, M.H. 1983. Comportamiento de progenies de polinización libre y controlada de un huerto semillero de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Revista Forestal Baracoa. Vol. 13 No. 1. Ediciones Cubana. Ciudad de La Habana, Cuba. p 9.
33. GUARIGUATA M.; KATTAN G. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Editora LUR. Costa Rica. 691 p.
34. HERNÁNDEZ, R. G. 2005. Bases conceptuales de la ecofisiología vegetal Universidad de Los Andes - Mérida – Venezuela.
35. HERRERO, J. A. 2006. El Sector Forestal en Cuba. Actualidad y Perspectivas. Conferencia magistral. IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. Cuba.

36. LEÓN, C.J. 2002. Nuevas perspectivas para el uso del agua y la gestión de los recursos vegetales en la cuenca del Río Cuyaguaje. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante.
37. LEAL, A. 2000. Efecto de las plantaciones forestales sobre el suelo y el agua. CONIF, Santa Fe de Bogotá. 143pp.
38. LÓPEZ R, G. 2006. Ecofisiología de árboles. Universidad Autónoma Chapingo. México. 484 p.
46. MAYEDO, B.S. 2006. Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Pinar del Río. Dpto Forestal.
47. MARGALEF, R. 2002. Diversidad y biodiversidad. En: Bonet, A. Gestión de Espacios protegidos. Universidad de Alicante. Departamento de ecología. Alicante. España. 362 pp.
48. MEDINA, M. 2006 a. Principales atributos fisiológicos que se utilizan en el análisis de calidad de las plantas. Documento preparado para el Diplomado de Reforestación. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río. Cuba.(Documento inédito).p 2
49. MEDINA, M. 2006b. El agua y el estado de estrés hídrico en los vegetales. Documento preparado para el Diplomado de Reforestación. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito). 2 p.

50. MINAGRI. 1996. Dinámica y manejo de los bosques de coníferas. Servicio Estatal Forestal. Ordenación de Montes. Pinar del Río. Cuba. *bosques tropicales. Principios y conceptos. FAO. Roma. Italia. 101 p*
51. MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis. SEA. Volumen 1. Zaragoza, España. 84 p. Namkoong, G; Wadsworth, F. H. 1995. Conservación de los recursos genéticos en la ordenación de los Motta, M. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 5ta edi. IGAC. Bogota 813p. 1990.
52. OLIET, P.J. 2001. Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo. Universidad de Córdoba, Dpto. Ingeniería Forestal. España. 17 p.
53. OROSCO, T.A. 2004 Manejo forestal sostenible en bosques tropicales, Universidad de la Havana, Cuba, 56-57p.
54. ORELLANA, P. y ESCAMILLA. A.V. 1991 Aspectos de autoecología y ecofisiología Universidad de Alicante España, 67-69p.
55. PAREDES, T. 2006, Ensayo de procedencias en pináceas de la provincia de Pinar del Río, Universidad de Pinar del Río, 123p.
56. PEARCE, D. 20001. The economic value of biodiversity. IUCN. The World Conservation Union. Earthscan Publications. Ltd. Londres. 172 pp.
57. RUSCH, V; SARASOLA M 1999. Empleo de criterios e indicadores en el Manejo Forestal Sustentable Biodiversidad. Parte I - Propuesta metodológica” (INTA Bariloche). Segundas Jornadas Iberoamericanas sobre Biodiversidad. San Luis, Argentina, Vol 2(6), 15-24 p.
58. SAMEK, V. 1967. Panorama general sobre la silvicultura de los pinares de Cuba. Revista Agricultura. Academia de Ciencias de Cuba. 89-98 p.

59. SAMEK, V. 1974: Elementos de Silvicultura de los bosques latifolios. Editorial Científico Técnico. Instituto Cubano del Libro, La Habana. pp. 291
60. SÁENZ Y. 2000. Estructura y composición de las áreas naturales de *Pinus tropicalis* Morelet. Estudio de caso EFI “Minas de Matahambre”. Trabajo de diploma, Pinar del Río Cuba.
61. SERVICIO ESTATAL FORESTAL. 1999. Ley Forestal, su reglamento y contravenciones. Dirección Forestal. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. 93 p.
62. SERVICIO ESTATAL FORESTAL. 2007. Dinámica Forestal en la provincia de Pinar del Río, MINAG, Pinar del Río, Cuba.
63. SHANNON, C; WEAVER, W 1949. tre mathematical theory communication. University of Illinois Preess. Urbana, 117p
64. SILVA, J; POKORNY, B; SABOGAL, C; DE CARVALHO, J; ZWEEDE, J. 2006. “Alianza para el buen manejo forestal” Rev. Actualidad Forestal Tropical. OIMT Vol.14 (4) 10-13 p.
65. URQUIOLA, A; González, L; Novo, R. 2007. “Libro rojo para la flora vascular. Provincia Pinar del Río, Cuba”. Jardín Botánico de Pinar del Río. Sin publicar. 32p.
66. VARONA, J.C. 1982. Fomento de plantaciones de pino. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 102 p.

67. VILLAR, S.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS, J.; CARRASCO, I.; DOMÍNGUEZ, S.; REVILLA, I. 1997. Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántulas de *Pinus halapensis* Mill. Sometidas a diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 4. España. p 81-92.
68. WATSON 1995 Y SCHWALM Y EK, 2001 Manejo sostenible de bosques, Ciudad de la Havana, Cuba, 45-46p.
69. <http://www.mma.esconservat/acciones/meora/genet/serranillo/enderucimiento.ph1.pdf> (Consultado 25 de Febrero, 2008).
70. www.portalagrario.gob.pe/rrnn_forest.shtml (Consultado Enero 2008).
71. http://www.un.org/esa/forests/pdf/national_reports/unff5/venezuela.pdf (Consultado Enero 2008).
72. <http://www.fao.org/forestry/fgr> (Consultado Enero 2008)

XI. ANEXOS

Anexo 1. FORMATO DE ENTREVISTA

**UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RIO
FACULTAD DE FORESTAL Y AGONOMIA
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

OBJETIVO:

Evaluar el estado de conservación de *Pinus tropicalis*, para determinar las causas que pudieron ocasionar que la especie sea catalogada en categoría de amenaza.

1. Que acciones o medidas propone q se deben realizar para conservar y mejorar el patrimonio natural de la especie *Pinus tropicalis*, en la zona de Viñales.
2. Que acciones o medidas propone que se puedan realizar para mejorar el estado de conservación de la especie *Pinus tropicalis*.
3. Que opinión tiene usted, de los bosques naturales de *Pinus tropicalis* q existían antes en la zona y los que existen actualmente.
4. Cuales cree usted que fueron los principales daños que afectaron los bosques naturales de la especie *Pinus tropicales*, en la zona.
5. Que acciones cree usted que se deberían tomar para mejorar el patrimonio natural de la especie.

ENCUESTA N. 2**OBJETIVO**

Evaluar el estado de conservación de *Pinus tropicalis*, para determinar las causas que pudieron ocasionar que la especie sea catalogada en categoría de amenaza.

CRITERIOS DE EVALUACION.

1= nula incidencia 2=poca incidencia 3= incidencia directa

Asigne valores de 1 a 3 según considere conveniente.

A su criterio, cuales son las principales causas para q la especie de *Pinus tropicalis*, este en estado de amenaza actualmente. (Marque con una X)

- Incendios forestales

1..... 2..... 3.....

- Aprovechamiento forestal.

1..... 2..... 3.....

-Uso de los suelos para actividades agrícolas.

1.....2.....3.....

-Huracanes.

1.....2.....3.....

- Plagas y enfermedades.

1.....2.....3.....

- Bajos índices de germinación de la especie *Pinus tropicalis*.

1.....2.....3.....

ANEXO 2. Metodología para la determinación de propiedades químicas del suelo

Metodología utilizada en el cálculo de las propiedades químicas del suelo, efectuado en el laboratorio de suelos del Ministerio de Agricultura de Pinar del Río (MINAGRI).

1. Método del potenciómetro para determinar el grado de acidez (pH).
2. Método de Oniani para la determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.
3. Método de Schachtschabel por fotometría de llama para la determinación de los cationes intercambiables (Na^+ y K^+).
4. Método de Schachtschabel por valoración con la sal EDTA en medio básico para determinar los cationes Mg^{2+} y Ca^{2+} y valor T (capacidad de intercambio catiónico).
5. Método Walkey – Black, para determinar la Materia orgánica.

Resultado de análisis químico de suelos.

Localidad	Ph KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cl	M.O	Ca ⁺⁺	Ma ⁺	Na ⁺	K ⁺	S	T	T-S
CNP1M1	3.4	1.45	3.75	MB	0.85	2.18	0.48	0.03	0.07	2.77	5.41	2.64
CNP2M2	3.6	1.58	5.0	MB	1.46	2.32	0.58	0.03	0.09	3.03	5.47	2.44
CNP3M3	3.9	1.45	4.37	MB	1.47	4.1	0.8	0.03	0.1	5.03	7.19	2.14
SFP1M1	3.6	0.92	3.12	MB	0.88	2.48	0.58	0.04	0.07	3.2	5.66	2.44
SFP2M2	3.6	0.4	3.75	MB	0.85	2.24	0.48	0.04	0.09	2.88	5.32	2.44
SFP3M3	3.7	1.32	6.0	B	1.82	2.58	0.54	0.06	0.17	3.37	5.43	2.34
TP1M1	3.6	0.92	3.12	MB	1.85	2.18	0.48	0.09	0.07	2.83	4.25	2.42
TP2M2	3.8	0.66	2.5	MB	0.99	2.64	0.56	0.03	0.02	3.26	5.52	2.26
TP3M3	3.9	1.06	2.6	MB	1.2	4.0	0.78	0.06	0.04	4.89	7.10	2.12

ANEXO 3. Metodología utilizada en la determinación de propiedades físicas del suelo



Foto 1y 2. Toma de muestras de suelos por localidades
Fuente: Fernández, A. (2008)



Foto 3 y 4. Determinación de textura de suelo
Fuente: Fernández, A. (2008)



Foto 4y 5. Determinación de densidad aparente
Fuente: Fernández, A. (2008)

ANEXO 4. Metodología para la determinación de potencial hídrico



Foto 5. Recolección de muestras de Acículas
Fuente: Fernández, A. (2008)

Foto 6. Transporte de muestras al laboratorio
Fuente: Fernández, A. (2008)



Foto 7 y 8. Medidas de potencial hídrico utilizando la cámara de Scholander
Fuente: Fernández, A. (2008)

ANEXO 5. Medidas de transpiración cuticular

Foto 9. Forma de embalaje para transporte
De muestras de acículas

Fuente: Fernández, A. (2008)

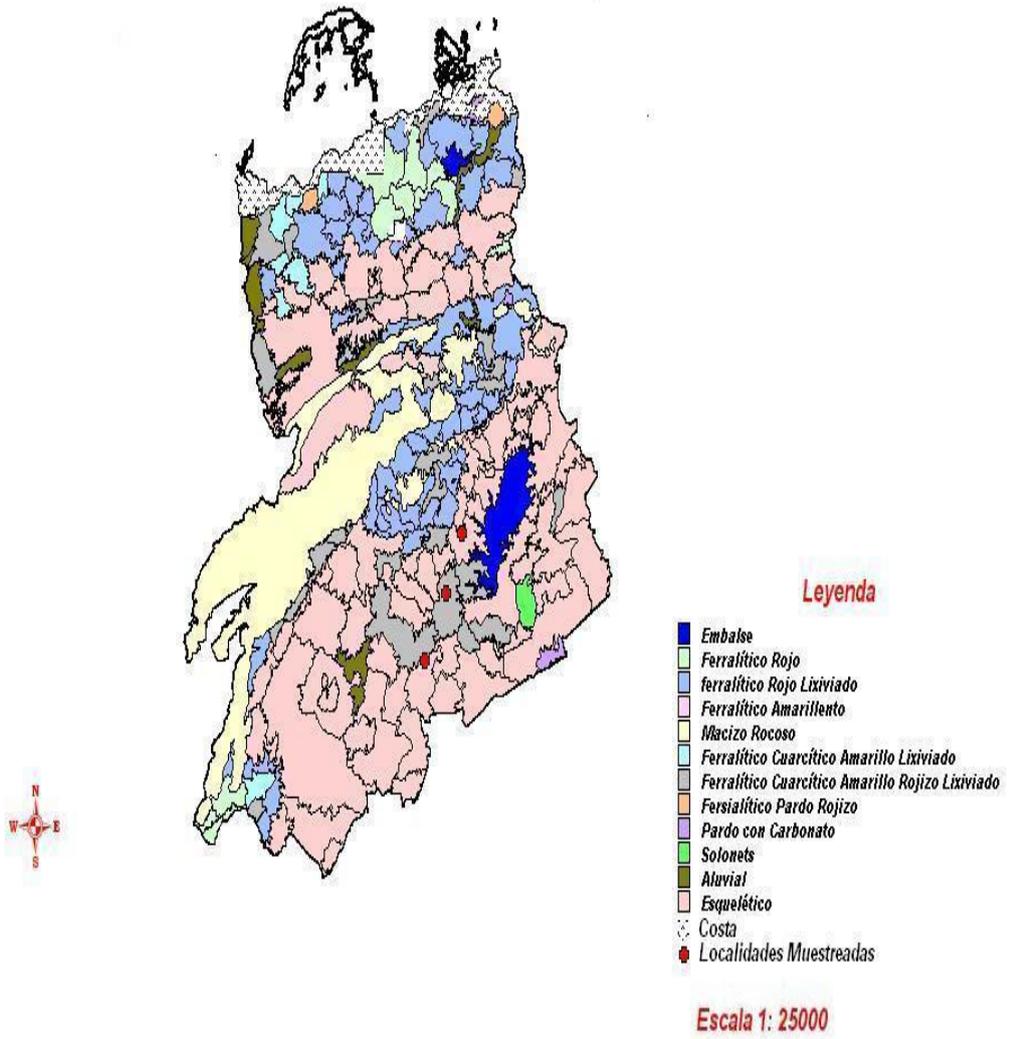


Foto 10. Registro de datos de peso para
elaborar curvas de pérdida
De peso.

Fuente: Fernández, A. (2008)

ANEXO 6. Mapa de los tipos de suelos en la provincia de Pinar del Río

Mapa de Suelo Municipio Viñales



ANEXO 7. Regeneración natural de la especie *Pinus tropicalis* en las parcelas de estudio



Foto 11 y 12. *Pinus tropicalis* en estado de brinzal, en suelos ferralíticos.
Fuente: Fernández, A. (2008)



Foto 13 y 14 Presencia de abundante regeneración natural en parcelas de San Felipe
Fuente: Fernández, A. (2008)

ANEXO 8. Biodiversidad en parcelas de *Pinus tropicalis*

Listado de especies en el área de estudio

Nombre vulgar	Abrev.	Nombre Científico	Familia
Roble de sabana	Tl	<i>Tabebuia lepidophylla</i>	Bignoniaceae
cordoban p.	Ml	<i>Miconia leavigata</i>	Melastomataceae
Cafetillo	Bv	<i>Baurreria virgata</i>	Boraginaceae
Ocuje	Cp	<i>Calophyllum pinetorum</i>	Clusiaceae
Copey	Cr	<i>Clusia rosea</i>	Clusiaceae
Malagueta	Xa	<i>Xylopia aromatica</i>	Annonaceae
eugenia sp	Ep	<i>Eugenia puniceifolia</i>	Myrtaceae
Icaco	Ci	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Chrysobalanaceae
P. macho	Pc	<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i>	Pinaceae
Helecho	N	<i>Nephrolepis sp.</i>	Pteridophyta
Jazmín de Pinar	Eh	<i>Euphorbia helenae</i>	Euphorbiaceae
Vaccinium	Vg	<i>Vaccinium giganteum</i>	Ericaceae
Pino hembra	Pt	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	Pinaceae
Barba de viejo	Ow	<i>Odonosoria wrightiana</i>	Pteridophyta
Peralejo	Bc	<i>Byrsonima coriacea</i>	Malpighiaceae
Hierba de verraco	Hs	<i>Hypericum stypheloides</i>	Pteridophyta
Bejuco colorado	Dr	<i>Davilla rugosa</i>	Dilleniaceae
Encinillo	Po	<i>Pithecellobium obovalis</i>	Mimosaceae
Encino	Qo	<i>Quercus oleoides</i>	Fagaceae
Cordoban	Cx	<i>Conostegia xalapensis</i>	Melastomataceae
Bejuco fideillo	Cf	<i>Cassytha filiformis</i>	Lauraceae
Macurije	Ma	<i>Matayba apetala</i>	Sapindaceae
Dormidera	Mp	<i>Mimosa pudica</i>	Mimosaceae
Huevo de gallo	Tc	<i>Tabernaemontana citrifolia</i>	Apocynaceae
Palma real	Rr	<i>Roystonea regia</i>	Aracaceae
Yamagua	Gg	<i>Guarea guidonea</i>	Meliaceae
Jagua	Ga	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae
Arabo	Ea	<i>Erithroxylum areolatum</i>	Erithroxylaceae
Boniatillo	Ce	<i>Cinnamomum elongatum</i>	Lauraceae
Espartillo	Av	<i>Aristida villifolia</i>	
Pajón	Av	<i>Andropogon virginicus</i>	
Pajon hembra	Ag	<i>Andropogon gracilis</i>	