

EVALUACIÓN INICIAL DEL EFECTO DE TRES INTENSIDADES DE RALEO Y TRES DE PODA EN EL CRECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DE *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. HONDURENSIS, LIVINGSTON, IZABAL¹

Mario René Alfaro Argueta



Resumen

En este artículo se presentan los resultados de la investigación realizada en una plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis, dirigida a evaluar el efecto de tres intensidades de raleo y de poda en el crecimiento de una plantación de pino caribe.

La evaluación se realizó en el departamento de Izabal que es uno de los hábitat de esta especie de pino.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de técnicas silviculturales de manejo en una plantación comercial, reviste gran importancia cuando el objetivo de éstas es la producción de madera

¹ Premiada como la mejor Tesis de 1999 en Recursos Naturales Renovables.

de buena calidad para cubrir la demanda, tanto del mercado interno como del mercado internacional.

El crecimiento en diámetro, requiere de grandes cantidades de hidratos de carbono y es altamente dependiente en relación directa con la densidad del rodal [Ortiz Fuentes, 1991].

El raleo es una de las técnicas que permite distribuir el potencial de crecimiento y mejorar la calidad del rodal remanente a través de la eliminación de individuos enfermos y aquellos que han quedado suprimidos en las primeras etapas del crecimiento de la plantación.

La poda reviste significativa importancia en el mejoramiento de la calidad de la madera que se pretende cosechar, ya que mientras persistan ramas en el tronco de un árbol, la madera producida contiene nudos, los cuales han sido uno de los defectos más comunes de la madera.

Es importante el conocimiento del principio biológico de las podas o desrames ya que si una poda es mal realizada puede influir negativamente en el crecimiento de los árboles.

El presente artículo se basa en la aplicación de tres intensidades de raleo con tres intensidades de poda.

El presente artículo se basa en la aplicación de tres intensidades de raleo con tres intensidades de poda.

Con el objeto de evaluar su efecto en el crecimiento de los individuos de una plantación de pino Caribe (*Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis). Las intensidades de raleo se evaluaron mediante el índice de espaciamiento relativo, conocido más comúnmente como *Índice de Hart* con intensidades de $S\% = \text{Actual (A)}, 22 \text{ y } 28$.

Las intensidades de poda evaluadas fueron: sin poda (SP), 1/3 y 1/2 de la altura de copa viva.

La investigación se realizó a través de un diseño en bloques al azar con arreglo combinatorio 32 y cuatro repeticiones, con el propósito de realizar un análisis de varianza de los resultados obtenidos.

Las mediciones fueron realizadas antes de las intervenciones para los cálculos del S%. Luego mediante el análisis de fustes se determinó el crecimiento de la plantación, posteriormente se hicieron mediciones a 4, 8 y 12 meses de aplicados los tratamientos, con el propósito de medir el comportamiento del crecimiento en diámetro (DAP), área basal (AB), altura (h) y volumen (VOL) de la plantación bajo las condiciones de estudio.

Este estudio será tomado como base para la implementación de programas de tratamiento silvícola en plantaciones de pino Caribe existentes en la región.

Este estudio será tomado como base para la implementación de programas de tratamiento silvícola en plantaciones de pino Caribe existentes en la región.

I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es evidente observar en la finca Toquelá un total cierre del dosel superior de copas, lo cual refleja la alta proporción de árboles por unidad de área (> 2000/ha).

Esta situación ha provocado la mortalidad de ramas inferiores (recesión de copas), reducción del sotobosque y la incidencia de malformaciones en los fustes como producto de la competencia por captación de energía lumínica.

Lo anterior tiene como consecuencias para la plantación: la recesión de copas y por consiguiente la disminución de área foliar, aumento en la susceptibilidad de daños provocados por vientos como consecuencia del crecimiento en altura y la reducción de

éste en diámetro; aumento de la incidencia de plagas y enfermedades y la pérdida de reservorios de insectos benéficos [Galloway, 1993].

La finca Toquelá cuenta con una extensión de 221.08 hectáreas las cuales están plantadas con pino Caribe, que en ningún momento han sido sometidas a técnicas de clareo para la regulación de la densidad con el fin de favorecer el crecimiento de los mejores individuos. Por otro lado no se cuenta con un programa de podas que tienda a liberar a los individuos con el objeto de comenzar a producir madera libre de nudos.

II. MARCO TEÓRICO

Marco conceptual

DEFINICIÓN Y PROPÓSITO DEL RALEO

DESARROLLO NATURAL DEL RODAL. La base de la teoría que se sigue en los raleos, se encuentra en el desarrollo natural del rodal. El dosel típico empieza con un número grande de árboles pequeños; inicialmente miles de árboles por hectárea. El número de árboles por unidad de superficie disminuye naturalmente con el crecimiento y expansión de éstos con lo que se tendrá una disminución progresiva en el número de árboles y hacia el fin del turno, la masa queda reducida a unos pocos árboles por unidad de superficie [Camacho, 1980].

Esta disminución continua en el número de árboles, es el resultado de una selección natural y

es la expresión de una de las fundamentales leyes biológicas de la silvicultura. Los árboles más vigorosos o mejor adaptados al ambiente son los capaces de sobrevivir en la competencia por luz, la humedad y las sustancias nutritivas del suelo. Sin embargo, el proceso no es simplemente una selección estable y progresiva de los más adaptados, ya que puede ser interrumpido o temporalmente invertido por accidentes naturales. Además los árboles más adaptados desde el punto de vista de selección natural no son necesariamente los mejores desde el punto de vista forestal [Camacho, 1980].

El proceso de selección mediante la eliminación por competencia es largo y, además, durante su transcurso y lucha por la existencia en las masas densas es tan fuerte que puede reducir el crecimiento y el vigor de todos los árboles del bosque.

DEFINICIÓN DE RALEOS. Los raleos son operaciones culturales que se hacen en un bosque con el fin de dirigir el funcionamiento de la selección natural y tener en todo momento la población formada en su mayoría de especies deseables, donde el número, las formas y el estado de crecimiento son tales, que el bosque responda de manera satisfactoria como le sea posible y permanentemente, de acuerdo con los fines de producción [Camacho, 1980].

Otros autores han definido al raleo forestal como cortas hechas en masas inmaduras con el fin de estimular el crecimiento de los árboles que quedan conformando la plantación y de aumentar la producción de material utilizable de la masa boscosa [Camacho, 1980].

Los raleos son operaciones culturales que se hacen en un bosque con el fin de dirigir el funcionamiento de la selección natural y tener en todo momento la población formada en su mayoría de especies deseables.

PROPÓSITO DE LOS RALEOS.

- 1) Reducir el número de árboles en un rodal para que los remanentes tengan más espacio para el desarrollo de sus raíces y copas, lo que favorece su crecimiento en diámetro. Así alcanzarían un tamaño comercial más rápidamente.
- 2) Sacar árboles de mala forma, torcidos, bifurcados, con ramas gruesas, etc. para que el incremento futuro se concentre en los mejores individuos.
- 3) Eliminar árboles muertos o enfermos, o cualquier árbol que podría ser el foco de una infección.
- 4) Favorecer a los árboles más vigorosos, con buena forma, los cuales serán para la cosecha final.
- 5) Cuando sea factible, proveer de una fuente de ingresos durante el desarrollo del rodal [Galloway, 1993a].

TIPOS DE RALEO. Se ha hecho una diferenciación de tipos de raleo debido a que ésta no es una actividad rígida y al estar dirigida tanto a las plantaciones forestales como al bosque natural, el administrador forestal podrá escoger entre los diferentes tipos de raleo el que mejor se adapte a su caso específico. Tratando de lograr la mayor flexibilidad en la aplicación de raleos se ha hecho esta clasificación en tipos de raleo en la cual los más comunes son:

Raleo por lo bajo. Corte de todos los árboles del nivel inferior y si el raleo es fuerte sólo se dejan los árboles dominantes y codominantes.

- 1) **Raleo por lo bajo.** Corte de todos los árboles del nivel inferior y si el raleo es fuerte sólo se dejan los árboles dominantes y codominantes. Si algunos de los dominantes tienen defectos, se pueden cortar si los árboles vecinos son lo suficientemente vigorosos para llenar los espacios dejados. A este tipo de raleo se le conoce también como "aclareo ascendente".

- 2) ***Raleo por lo alto.*** Solamente un número limitado de los mejores árboles dominantes y algún codominante son dejados para que tengan suficiente espacio para un rápido crecimiento; este espacio es ocupado por los árboles del estrato intermedio y dominado y se eliminan los sujetos muertos y los que no podrán sobrevivir para el próximo raleo. A este tipo de raleo se le denomina "aclare descendente" en el cual se cortan los árboles de las clases dominantes y codominantes para favorecer el crecimiento de la clase de árboles intermedios y de árboles oprimidos vigorosos. El aclareo se efectúa sobre todo en la clase de árboles codominantes [Camacho, 1980; FAO, 1978].
- 3) ***Raleo de selección.*** Corte de todos los árboles dominantes y en el estrato inferior sólo aquellos dominados que no pueden sobrevivir al próximo raleo. Esto se realiza con el fin de promover el crecimiento de los árboles de los demás estratos [Camacho, 1980].
- 4) ***Raleo mixto.*** Corte de aquellos árboles dominantes y codominantes que obstruyan de alguna forma el crecimiento de los mejores árboles del piso superior y corte de los árboles entre los intermedios y oprimidos que por sus características físicas, especie y nula protección al suelo, no tienen interés alguno [Camacho, 1980].
- 5) ***Raleo mecánico.*** Los árboles a cortar o dejar en este método no son seleccionados con base en la posición relativa de sus copas en el dosel, sino con base en un espaciamiento o diseño predeterminado. Dentro del raleo mecánico se puede distinguir dos tipos que se denominan raleo por espaciamientos y raleo por fajas o líneas. En el

Dentro del raleo mecánico se puede distinguir dos tipos que se denominan raleo por espaciamientos y raleo por fajas o líneas.

primer método se determina un espaciamiento, se dejan los árboles dentro de éste límite y los demás se cortan. El método de raleo por fajas consiste en cortar fajas estrechas de árboles a intervalos fijos por toda la masa; se puede hacer un raleo en las fajas tratadas, retirando un árbol de cada cinco y siempre el que tenga más defectos.

- 6) **Raleo libre.** Los rodales naturales son rara vez uniformes como para garantizar la futura formación de un rodal cuando se trata a través de cualquiera de los métodos de raleo descritos anteriormente. Al preparar un rodal para una alta utilización del suelo y obtener una producción de buena calidad, es necesario cortar árboles de todas las clases. El método en el que se cortan árboles de todas las clases, después de una discusión libre se denomina método de raleo libre [Camacho, 1980].

*La
competencia
entre
los árboles,
causa un
atraso en su
desarrollo,
más aún
cuando hay
una escasez
de agua o
nutrientes.*

- 7) **Raleo natural.** Al mantener plantaciones con alta densidad se produce el raleo natural. La competencia entre los árboles, causa un atraso en su desarrollo, más aún cuando hay una escasez de agua o nutrientes. Además de la muerte de los árboles más débiles, puede provocar condiciones fisiológicas desfavorables en los demás con lo cual la recuperación después de un raleo resulta insuficiente y son más susceptibles a ataques de plagas o enfermedades [Camacho, 1980].

PRINCIPIOS BIOLÓGICOS DEL RALEO. En términos muy simples, el proceso biológico de crecimiento se da en un ciclo que inicia con la absorción de agua y minerales del suelo por las raíces, convirtiéndose en la llamada savia [Cronquist, 1981].

Esta sustancia es transportada a través del xilema hacia las hojas en la copa. Es aquí en las hojas, las que funcionan como fábricas, donde por efecto del proceso de la fotosíntesis o sea por la energía del sol (luz), la savia bruta es transformada en los compuestos bioquímicos indispensables para el crecimiento vegetativo y, de allí son transportados a todos los demás órganos de la planta a través del floema; como por ejemplo a las raíces, cerrándose así el ciclo vital de absorción-asimilación [Cronquist, 1981].

Es importante hacer algunas consideraciones prácticas sobre el crecimiento en altura y en diámetro. El crecimiento en altura requiere de menos sustancias elaboradas (hidratos de carbono) que el crecimiento en diámetro y, se ha observado poca influencia de la densidad del rodal. Por otro lado, el crecimiento en diámetro requiere de grandes cantidades de hidratos de carbono y es altamente dependiente en relación directa con la densidad del rodal [Ortiz Fuentes, 1991].

EFECTO DEL RALEO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL RODAL. El raleo influencia el crecimiento y la forma de los árboles por la reducción de la competencia y la alteración del medio, de tal manera que éste queda más favorable al crecimiento acelerado de los árboles remanentes. Así, el raleo trata de concentrar la producción de biomasa en un número adecuado de árboles seleccionados por su mayor tamaño, buena calidad y forma del fuste y copa, además de su alto vigor de crecimiento y por tanto mayor potencial de incremento en volumen como respuesta al raleo [Camacho, 1980].

ÍNDICES DE COMPETENCIA. Son indicadores matemáticos del nivel de competencia a que está sometido

El crecimiento en diámetro requiere de grandes cantidades de hidratos de carbono y es altamente dependiente en relación directa con la densidad del rodal.

el rodal. Además, son usados para estimar el tamaño del raleo necesario para bajar dicha competencia a niveles programados. Existe un gran número de estos índices; desarrollados por experiencia de extensos estudios. El *índice de espaciamiento relativo* (IER - S% -) o *índice de Hart-Becking* (en honor a sus descubridores), es el que mejor se ajusta a la forma de crecimiento de los pinos y por su fácil aplicación [Ortiz Fuentes, 1991].

Definición y propósitos de la poda

Mientras persisten las ramas en el tronco de un árbol, la madera producida contiene nudos [Galloway, 1993a]. Los nudos constituyen uno de los defectos más comunes de la madera. Después de morir las ramas de muchas especies quedan intactas en el tronco por varios años, como por ejemplo, melina, pino, ciprés, pochote, etc. Estas ramas secas forman nudos flojos, los cuales son mucho más dañinos que los formados por ramas vivas [Galloway, 1993a].

En algunas especies, *E. globulus* por ejemplo, la poda ocurre naturalmente y no hay necesidad de realizar esta práctica. La mayoría de las especies, en cambio, tienen ramas persistentes y si se desea madera libre de nudos hay que realizar la poda [Galloway, 1993a].

El objetivo principal de la poda artificial es producir madera de alta calidad, sin nudos. Los nudos sueltos generalmente debilitan las propiedades físicas de la madera. La madera limpia es requerida para la producción de chapas, y para madera de primera calidad [FAO, 1978].

El objetivo principal de la poda artificial es producir madera de alta calidad, sin nudos. Los nudos sueltos generalmente debilitan las propiedades físicas de la madera.

NUDOS Y PRODUCCIÓN DE MADERA LIMPIA. La madera del nudo tiene una estructura diferente a la madera del fuste. Es más oscura, más dura y por la posición horizontal de la rama, tiene un segmento superior de madera de tensión y el otro segmento de madera de compresión. La madera de los nudos cuando está secándose tiene una contracción mucho más fuerte que la del fuste. Además, los nudos producen defectos graves en la madera en sus alrededores [Galloway, 1993a].

La evaporación por los nudos es mucho más rápida que a través de la madera limpia, y por consiguiente, la madera de los nudos y sus alrededores se seca más rápidamente que la del resto [Galloway, 1993a].

La producción de madera libre de nudos, puede dividirse en tres etapas: el corte (poda) de las ramas, la cicatrización de las heridas y la producción de madera limpia [Galloway, 1993a].

- 1) **Corte de las ramas.** Las ramas se cortan cerca del fuste con una herramienta apropiada. Generalmente, se recomienda el uso de serruchos curvados para evitar daños excesivos a los árboles podados. Sin embargo, se ha observado la poda bien hecha con machetes bien afilados [Galloway, 1993a]. Es importante evitar la poda de ramas grandes. Según Troensegaard (1971) citado por Galloway [1993a], no es recomendable podar ramas con un grosor mayor de 5 cm ya que éstas posiblemente contienen duramen (parte más interna de un tallo leñoso, compuesto enteramente de células muertas) que no produce sustancias protectoras después de corte. Ramas grandes toman más tiempo para

La madera de los nudos cuando está secándose tiene una contracción mucho más fuerte que la del fuste.

podar, y los cortes dejados demoran más tiempo para cicatrizar. Además, la existencia de ramas muy grandes probablemente indica que la poda es tardía, pues el propósito es la producción de madera libre de nudos; si hay ramas grandes, habrá un corazón nudoso grande en el fuste. En general, lo ideal es realizar la poda cuando las ramas tienen unos 2.5 cm de diámetro. El corazón nudoso no debe superar unos 12.5 - 15 cm de diámetro.

La forma en que se realiza el corte de las ramas es fundamental para el éxito de una poda. De ello depende; i) el tiempo necesario para que el árbol cicatrice la herida causada por el corte; ii) la pronta producción de madera limpia; y iii) la salud futura del árbol [Galloway, 1993a].

- 2) ***Cicatrización del corte.*** La oclusión del corte a través del desarrollo de tejidos de callo provenientes del cambium periférico, determinan el momento cuando el árbol empieza a producir madera limpia [Galloway, 1993a].

La tasa de oclusión depende de varios factores que incluyen:

- a) La tasa de crecimiento en diámetro en la parte del fuste donde se encuentra la herida;
- b) El largo del tocón de la rama;
- c) El vigor del árbol;
- d) El tamaño del corte; y
- e) La especie.

La cicatrización será más rápida en lugares donde la especie tenga su desarrollo más vigoroso.

La cicatrización será más rápida en lugares donde la especie tenga su desarrollo más vigoroso [Galloway, 1993a].

ALGUNOS EFECTOS DE LA PODA EN LOS ÁRBOLES.

Aquí se incluyen algunos de los efectos posibles en los árboles después de la poda.

- 1) **Reducción del crecimiento.** Al eliminar parte de la copa viva, se reduce el área foliar activa en fotosíntesis, lo cual incide en una baja en la tasa de crecimiento. Varios investigadores indican que es posible quitar hasta el 25-30% de la copa viva de muchas especies sin reducir el crecimiento en altura y sin afectar seriamente el crecimiento en diámetro. Regularmente, es más práctico expresar el grado de poda de acuerdo a la altura de la copa viva en relación de la altura total del árbol. Generalmente con una poda de entre 40 y 50%, no habría diferencias estadísticas en volumen al final de turno entre árboles podados y no podados [Galloway, 1993a].
- 2) **Peligro de perder dominancia.** Cuando se podan todos los árboles en un rodal, la reducción en crecimiento carece de importancia; resulta crítico si sólo se podan árboles seleccionados [Galloway, 1993a]. Por el hecho de que la poda es costosa y laboriosa y que se ralean muchos árboles antes de final de turno, sólo se deberían podar árboles seleccionados. Si estos árboles tienen que competir con vecinos que no han sido podados, a menudo, serán dominados. En tal caso, la poda además de no lograr su objetivo, representa una mala inversión también. Por eso, es importante que se combinen las podas y los raleos para favorecer el desarrollo de árboles seleccionados y bajar el costo de esta operación [Galloway, 1993a].

Es importante que se combinen las podas y los raleos para favorecer el desarrollo de árboles seleccionados y bajar el costo de esta operación.

CRITERIO DE SELECCIÓN (CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES). El raleo selectivo es el más apropiado en plantaciones destinadas a producir madera para aserrío. Para reducir el costo de la poda, hay que

tratar de concentrar la poda en los árboles que van a quedar hasta la cosecha final. Algunas características importantes que deberían poseer los árboles a podar son:

- 1) Rectitud de fuste. Esta característica es permanente y, por consiguiente, merece la mayor atención.
- 2) Formación de la yema terminal. Árboles con problemas con la yema terminal (bifurcación, mortalidad, floración precoz) no son deseables en una plantación destinada a producir madera para aserrío.
- 3) Dominancia. Aunque la dominancia de un árbol es importante, su forma es un criterio de selección aún más crítica en la producción de madera para aserrío [Galloway, 1993a].

La poda es la operación silvicultural más cara, requiere de mucha mano de obra y por no rendir ningún beneficio inmediato, es una inversión en el producto final de la plantación.

ÉPOCA DE LA PODA. Muziol y Sánchez [1992] citados por Galloway [1993a] recomiendan ejecutar la poda al final de la época seca por las siguientes razones:

- El corte se seca rápidamente y de este modo se reduce el riesgo de una infección por hongos o insectos;
- Poco después, en la época lluviosa, las heridas se cicatrizan rápidamente;
- Con las especies que pierden su follaje en verano, la poda resulta más fácil cuando las ramas tienen menos follaje.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS. La poda es la operación silvicultural más cara, requiere de mucha mano de obra y por no rendir ningún beneficio inmediato, es una inversión en el producto final de la plantación [Galloway, 1993a]. Son varios los

factores importantes que determinan el costo de una poda:

- 1) El número de ramas a podar por árbol;
- 2) El grosor de las ramas;
- 3) La altura de la poda;
- 4) El número de árboles a podar por hectárea.

Crecimiento y rendimiento

El crecimiento se refiere al incremento en peso y volumen del árbol o masa forestal observado, en ellos íntegramente [Alder, 1980; Klepac, 1983].

El rendimiento es el volumen de los árboles de una cosecha o en volumen de los árboles de un grupo particular de especies por unidad de superficie [Alder, 1980; Klepac, 1983].

El crecimiento se puede entender a nivel de un sólo árbol o bien a nivel de un sólo rodal. Del mismo modo puede ser enfocado básicamente bajo aspectos fisiológicos [Klepac, 1983].

Las medidas utilizadas para expresar el crecimiento es el incremento; éste significa el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período de tiempo. Algunas variaciones de esta modalidad son el incremento corriente anual, el incremento periódico, el incremento total, incremento medio anual. Estos incrementos se consideran como crecimiento absoluto [Baker, 1950].

El crecimiento relativo consiste en la determinación del crecimiento absoluto en determinada etapa o período del desarrollo general de la masa forestal o del árbol individual. Generalmente se presentan como relación entre el crecimiento anual y el valor de la magnitud que procede al crecimiento del año

El rendimiento es el volumen de los árboles de una cosecha o en volumen de los árboles de un grupo particular de especies por unidad de superficie.

en que el crecimiento se produce [Alder, 1980; Klepac, 1983].

Los métodos para calcular el crecimiento son tres:

- 1) **Método del incremento absoluto.** Se utiliza el crecimiento en diámetro observado en el incremento total del árbol [Núñez Saravia, 1986].
- 2) **Método del incremento porcentual.** Se basa en tablas promedio de crecimiento de doble entrada (diámetro promedio número de anillos en X longitud en cm), presentando los resultados en porcentaje, del incremento de área basal. Las fórmulas de A. Schafer, de Seider, de L. Schaefer representan este modelo [Klepac, 1983].
- 3) **Método de paso de una categoría diamétrica a otra.** Se basa en la dinámica de crecimiento del árbol. Abarca el método general del tiempo de paso (basado en la medición del incremento en diámetro, por medio del cual se calcula el porcentaje de árboles que pasan de una categoría diamétrica a otra) y el método de Ken Neth Davis (basado en la elaboración de gráficas por medio del aumento en longitud de barras, con relación a un incremento promedio) [Alder, 1980].

En un árbol la rapidez de crecimiento depende de una serie de factores no siempre fáciles de reconocer.

CRECIMIENTO DE ÁRBOLES INDIVIDUALES. En un árbol la rapidez de crecimiento depende de una serie de factores no siempre fáciles de reconocer. En primer lugar, el sitio y la fertilidad del suelo, el clima y sus variaciones, luego la calidad (los árboles viejos casi no crecen) y por fin la competencia de otras plantas (principalmente árboles) [Veillon, 1965].

CRECIMIENTO DE MASAS FORESTALES. En principio, el crecimiento de una masa forestal es la suma del crecimiento de todos los árboles que componen dicha

masa. En un inventario forestal se sigue este principio [Veillon, 1965].

El crecimiento total dentro de un rodal puede expresarse en muchas formas que dependen especialmente de la ordenación forestal; entre estas formas se encuentra el rendimiento total a lo largo de la rotación, incremento medio anual, incremento periódico anual, crecimiento bruto y el crecimiento neto. El crecimiento de los rodales se ve afectado por el estado de desarrollo de la comunidad, la edad, la calidad de sitio, las especies, la densidad, el área basal, los tratamientos silvícolas. El desarrollo de un rodal es función de un rodal, pero su carácter depende de la especie y de la calidad del sitio; a medida que aumenta la calidad alcanza un estadio particular de desarrollo a una edad más corta [Daniel *et al.*, 1982].

FACTOR DE FORMA Y DE CORTEZA.

- 1) **Factor de forma (f).** Para calcular el volumen de una masa en pie, se utiliza el coeficiente mórfico, que no es más que un factor con respecto al volumen real del árbol. La principal limitante de la utilización del factor de forma, es que éste varía con su edad [Klepac, 1983].

La expresión más simple de la forma del tallo se expresa a través del factor de forma (f) y se relaciona directamente con el volumen del árbol. El factor mórfico no es necesariamente una característica de la forma del tallo por las siguientes consideraciones:

- a) Dos árboles con el mismo f , no tienen necesariamente la misma forma; y
- b) Dos árboles de la misma forma no tienen necesariamente el mismo f .

Para calcular el volumen de una masa en pie, se utiliza el coeficiente mórfico, que no es más que un factor con respecto al volumen real del árbol.

El conocimiento del volumen sin corteza es una necesidad cuando éste es el volumen utilizable que se desea conocer, pues la corteza generalmente no se utiliza.

- 2) **Factor de corteza.** El conocimiento del volumen sin corteza es una necesidad cuando éste es el volumen utilizable que se desea conocer, pues la corteza generalmente no se utiliza [Baker, 1950; Daniel *et al.*, 1982]. La proporción del volumen de corteza al volumen sobre corteza varía desde porcentajes muy pequeños a aproximadamente 20%, para la mayoría de las especies. Esta proporción es tanto más importante si el árbol es joven, si la altitud aumenta y de manera general si las condiciones de crecimiento son más difíciles.

ANÁLISIS DE FUSTE. Los análisis de fuste permiten la reconstrucción de la historia del crecimiento de un árbol por:

- 1) Tumba o apeo del árbol;
- 2) Corte de discos a intervalos de unos 2 m a lo largo del fuste.
- 3) Conteo cuidadoso y medición de los anillos de crecimiento, en los discos.

Una gran cantidad de información sobre la dinámica de un rodal, puede ser obtenida del análisis del fuste, en donde el principal interés radica en la reconstrucción histórica del crecimiento de un rodal. El procedimiento solamente es posible en climas estacionales y con especies que produzcan anillos claramente definidos [Klepac, 1983].

MEDICIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO. Cuando existan anillos de crecimiento, pueden utilizarse para estimar el incremento. El método más práctico, es usar secciones de árboles apeados tomadas a la altura del pecho. La anchura de los últimos tres o cuatro anillos anuales debe ser medidas en dos diámetros

perpendiculares de la sección. Los diámetros deben ubicarse a lo largo de los ejes mayor y menor, si la sección es elíptica. Esto da el incremento periódico bajo corteza. Es necesario construir una regresión que relacione las mediciones directas del diámetro bajo corteza, con las mediciones del diámetro sobre corteza medido con cinta, para hacer compatible los incrementos bajo la corteza con las mediciones normales del diámetro a la altura del pecho [Klepac, 1983].

Marco referencial

ASPECTOS GENERALES DEL PINO CARIBE

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE. Por muchos años existió gran confusión en cuanto a la sistemática del pino Caribe. Sin embargo, Barret y Golfari [1962] dieron solución al problema, subdividiendo la especie en tres variedades, cada una de las cuales posee un ámbito de distribución y características fenológicas muy propias. El cuadro 1 presenta un resumen de estas características [Rojas y Ortiz, 1981].

El árbol puede alcanzar hasta 45 m de altura y 100 cm de diámetro. Presenta corteza grisácea cuando joven; rugosa, resquebrajada en surcos longitudinales y de color oscuro en árboles adultos. Las hojas son aciculares de 1.0 a 1.5 mm de espesor y 13 a 33 cm de largo, con dos a cinco canales resiníferos internos. Éstas vienen agrupadas en fascículos de tres agujas y en ocasiones excepcionales dos o cuatro. Las vainas de los fascículos son de 10 a 16 mm de largo, de color castaño claro a pardusco y nunca oscuras o negras. Las flores masculinas son amentos cilíndricos de 25 a 45 mm de largo. Los conos no son persistentes y son de forma oblonga, asimétricos de 6 a 14 cm de largo, de 2.8 a 4.5 cm de ancho, cuando

Por muchos años existió gran confusión en cuanto a la sistemática del pino Caribe.

están cerrados y de 6 a 7.5 cm cuando están abiertos. En su área de distribución natural los conos alcanzan su madurez entre junio y julio, en sitios costaneros y de julio a agosto en las tierras altas del interior. Las semillas son angostamente ovoides de 6.5 mm de largo y 3.5 mm de ancho con 2 mm de grosor, su color varía de pardo claro a castaño y hasta negruzco. Las semillas poseen una ala membranosa que se desprende fácilmente y los embriones poseen de 5 a 9 cotiledones. Se estima un total de 50,000 a 60,000 semillas por kilogramo [Rojas y Ortiz, 1981].

Cuadro 1
SUBDIVISIÓN DE *PINUS CARIBAEA* (MORELET)
EN VARIEDADES, SEGÚN BARRET Y GOLFARI [1962].

Características	<i>caribaea</i>	Variedades <i>hondurensis</i>	<i>bahamensis</i>
Hojas	Con 3 agujas, raro 4 por fascículo	Con 3 agujas, a veces 4 o 5 por fascículo	Con 2 ó 3 agujas por fascículo
Tamaño de conos	5 a 10 cm	6 a 14 cm	4 a 12 cm
Semilla	Semillas con ala adherente	Semillas con ala articulada y se desprende fácilmente	Semillas con ala articulada, raramente adnata
Hábitat	Isla de Pinos y Pinar del Río, costa de Cuba	Vertiente atlántica de Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua	Isla Bahamas, Grand Bahama, Great Abaco, Andros, Caicos, New Providence
Altitud (msnm)	45 a 355	0 a 850	0 a 30
Temperatura media °C	24.4-25.5	20-27	25-27
Clima	sub-húmedo	sub-húmedo / per-húmedo	sub-húmedo
PPT (mm/año)	1,200-1,600	950-3,500	750-1,300
Meses secos/año	6	2-6	6-7
Suelos	ácidos (pH 4.5-6)	ácidos (pH 4.6-6.5)	ácidos (pH 7.5-8.5)

Comercialmente el cultivo de la especie ha revelado que las plantas jóvenes del pino caribe, no presentan hojas agrupadas en fascículos hasta los 8 o 10 meses de edad. Asimismo, estas plantas se caracterizan por presentar numerosos brotes adventicios en la base del tronco, los cuales perduran hasta los tres o cuatro años [Rojas y Ortiz, 1981].

DISTRIBUCIÓN NATURAL. El *Pinus caribaea* var *hondurensis* se encuentra en forma natural en numerosos rodales discontinuos y fragmentados desde los 18 grados (Orange Walk, Belice), hasta los 12 grados de latitud norte (Bluefield, Nicaragua), en la vertiente atlántica del istmo centroamericano y Cuba, desde el nivel del mar en las llanuras costeras, hasta las tierras del interior con elevación máxima de 850 mm en Honduras y Belice [Rojas y Ortiz, 1981].

Pinus caribaea muestra buen crecimiento en climas húmedos de las regiones tropicales; sin embargo en sitios sin una época seca marcada los árboles tienden a formar "cola de zorro" [Rojas y Ortiz, 1981].

USOS DE LA MADERA. La madera de esta especie posee una coloración clara, con tonalidades que van de amarillo a amarillo-naranja en la albura y naranja oscura a café rojizo en el duramen.

Su madera es de gran versatilidad y puede utilizarse para la producción de leña, carbón, postes para tendido de redes telefónicas o eléctricas. Otros usos son: pulpa para papel, parquet o (parqué) para pisos, láminas para contrachapados, madera para construcción, muebles y artesanías. La resina puede utilizarse en la elaboración de desinfectantes y pinturas [Rojas y Ortiz, 1981].

Pinus caribaea
muestra buen
crecimiento en
climas
húmedos de
las regiones
tropicales;
sin embargo
en sitios sin
una época seca
marcada los
árboles
tienden a
formar "cola
de zorro".

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA. De acuerdo con Arthur Cronquist [1981], la clasificación botánica del pino caribe es:

Reino	Plantae (vegetal)
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Sub-Clase	Pinicae
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	Pinus
Especie	<i>Pinus caribaea</i> Morelet
Variedad	hondurensis

LOCALIZACIÓN. La plantación en donde se realizó la investigación, se encuentra en la finca Toquelá, la cual está localizada en el municipio de Livingston, del departamento de Izabal, con una extensión de 221.08 ha, equivalentes a 4.91 caballerías, colinda al norte con la finca Búfalo, al sur con las fincas Las Carabelas y Las Gemelas, al este con la finca Doctor Paredes y al oeste con la finca Caobal (FORESA), sus coordenadas geográficas son 15°49'05" de Latitud Norte y 89°07'08" de longitud Este. La finca se encuentra dividida en siete secciones las cuales están separadas por brechas cortafuegos y caminos internos; está repoblada con pino caribe en su totalidad (figuras 1 y 2).

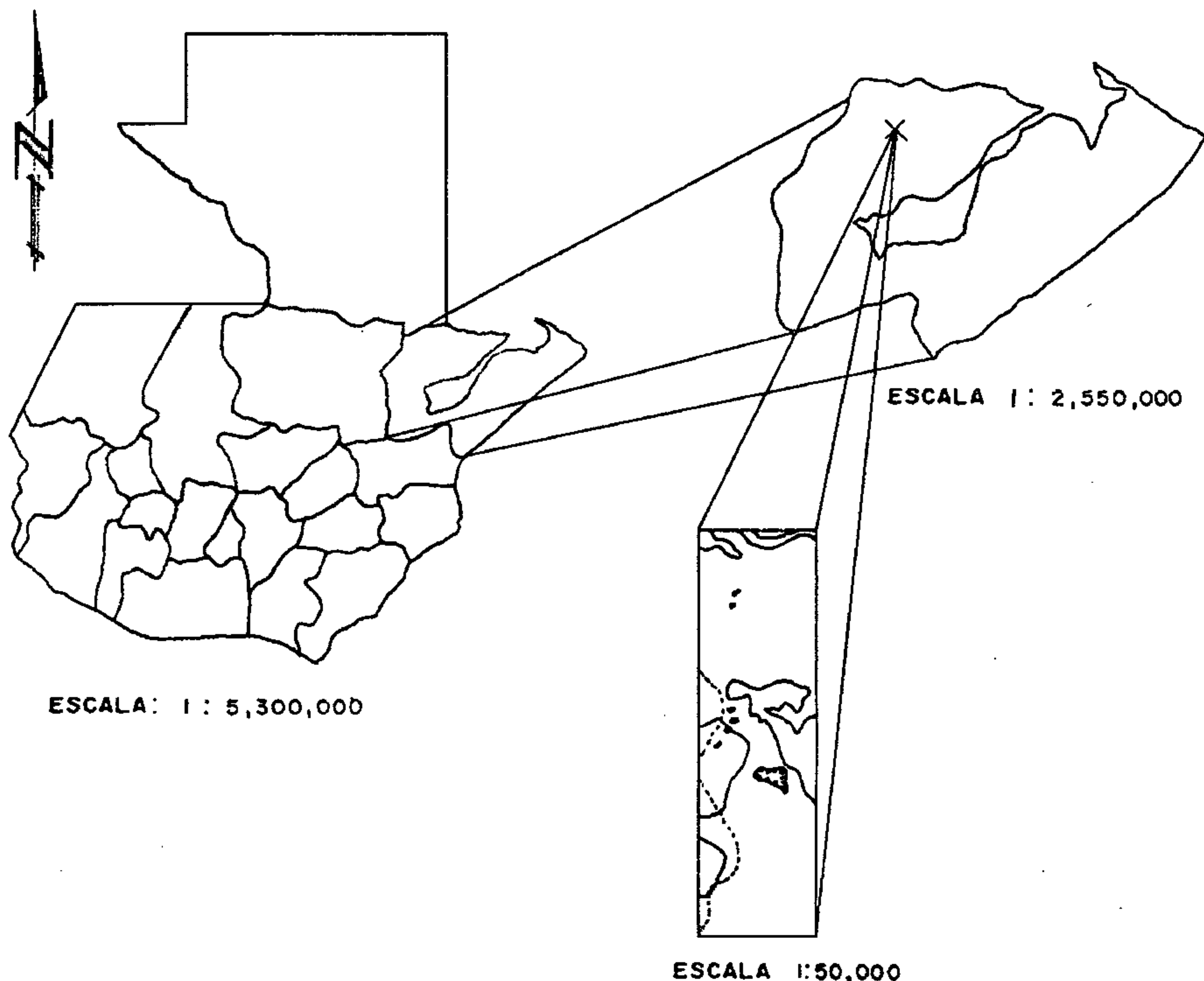
VÍAS DE ACCESO A LOS TERRENOS DE LA FINCA

La finca dista de Guatemala 303 Km. A la finca se llega por la ruta que conduce al Atlántico, en donde a la altura del kilómetro 245, en el lugar conocido como la Ruidosa del municipio de Morales, se toma

la ruta que conduce hacia Modesto Méndez, a la altura del kilómetro 300 (más o menos 15 km del puente del Río Dulce), se encuentra la entrada a la finca, la cual dista de la carretera 3 Km. de terracería. La finca cuenta con caminos internos, los cuales son transitables en todo tiempo y conducen adecuadamente a todas las secciones.

CONDICIONES CLIMÁTICAS. Según el *Atlas Forestal* [IGN, 1980], se encuentra localizada en la zona de

Figura 1
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE
ESTUDIO EN EL CONTEXTO NACIONAL

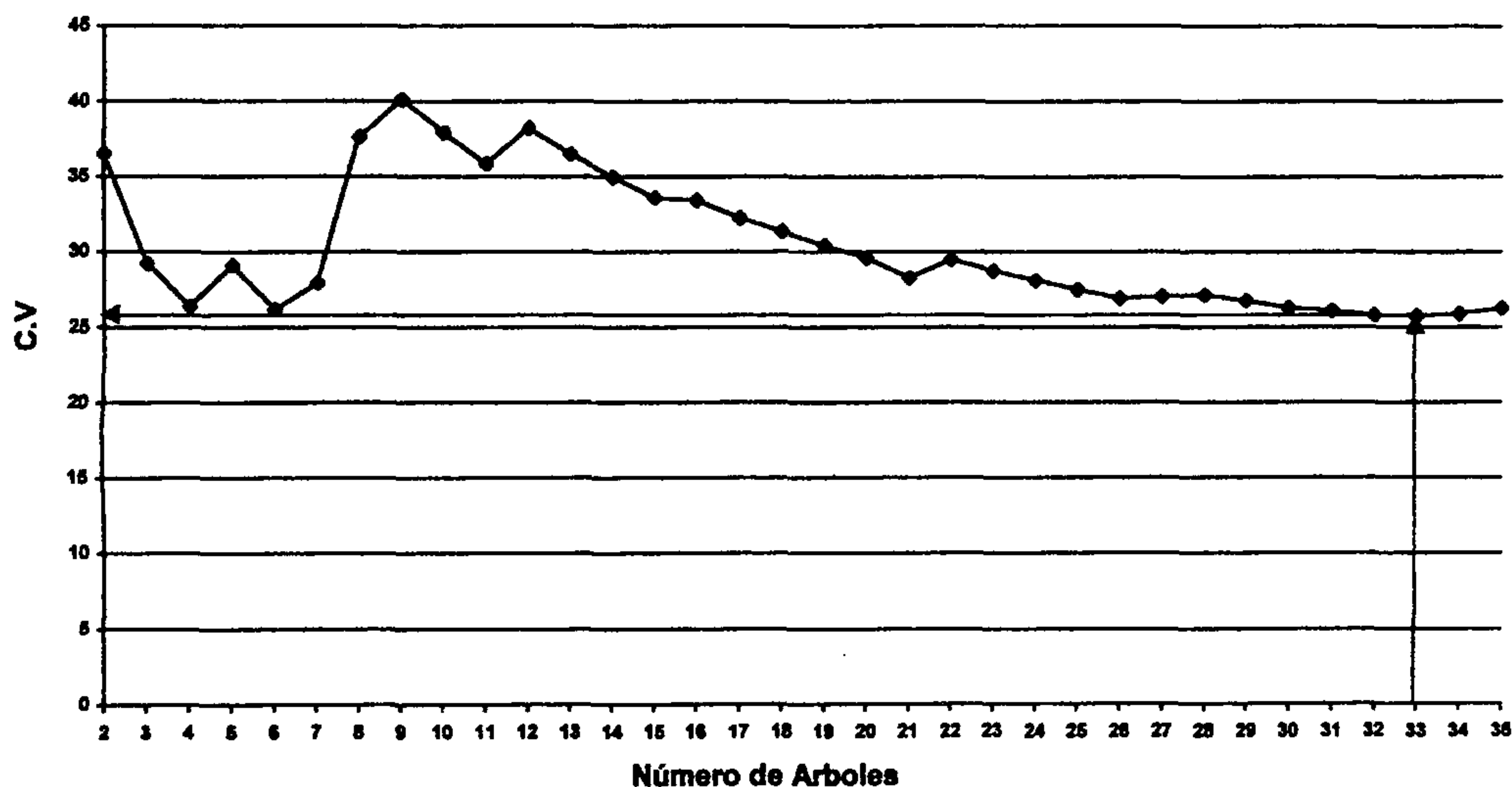


vida de bosque muy húmedo subtropical cálido identificada con la simbología bmh-S(c).

Posee una precipitación pluvial media anual de 3,600 mm y llueve aproximadamente 220 días al año, con una temperatura media anual de 25°C. Humedad relativa de 80%, con una evapotranspiración potencial según Hargreaves de 1,600 a 1,800 mm y un brillo solar aproximado de 180 a 200 horas/luz, mensual [PAFG, 1980].

La región bioclimática según Tonrthwite es A'b'Ar: clima muy húmedo, vegetación selva, con invierno benigno, cálido sin estación seca bien definida.

Figura 2
DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE
PARCELA EN LA EVALUACIÓN INICIAL DEL EFECTO DE TRES
INTENSIDADES DE RALEO Y TRES DE PODA EN UNA PLANTACIÓN DE
***PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. HONDURÉNSIS, LIVINGSTON, IZABAL**



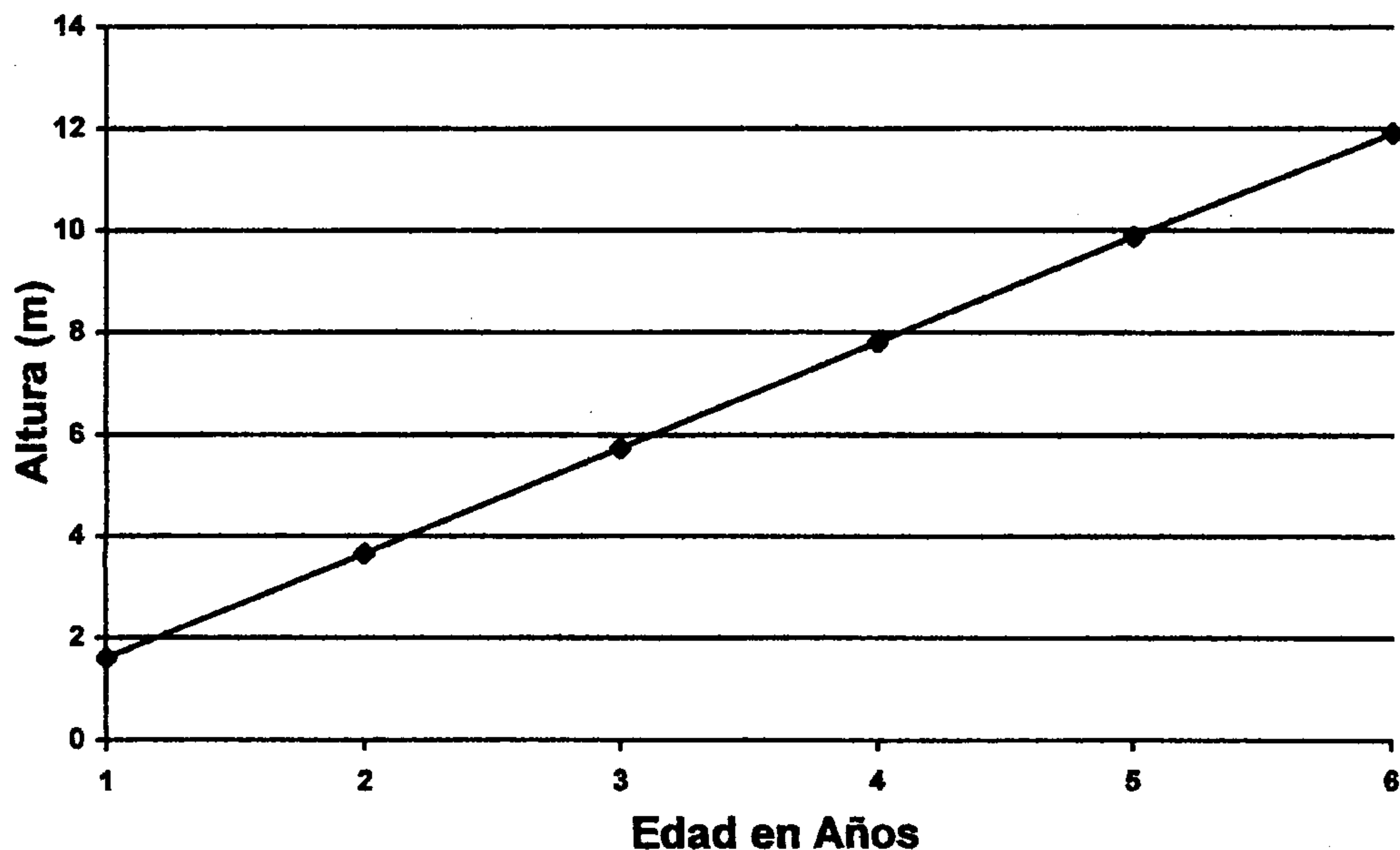
RELIEVE. Los terrenos correspondientes a la finca son de relieve ondulado a suavemente ondulado, con elevaciones que van de 60 a 80 msnm (ver figura 3).

SUELOS. Pertenecen a la serie de suelos Chocón, los cuales se caracterizan por poseer textura arcillosa, son profundos, color café oscuro o grisáceo, de consistencia plástica, fertilidad natural baja y se encuentran asociados con los suelos Chacalté.

HIDROLOGÍA. En la finca se localizan dos quebradas de agua, las cuales guardan caudal en época de invierno.

Figura 3

CURVA DE CRECIMIENTO PROMEDIO EN ALTURA DOMINANTE PARA *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. HONDURÉNSIS, LIVINGSTON, IZABAL



III. OBJETIVOS

GENERAL.

Evaluar el efecto de tres intensidades de raleo y tres intensidades de poda en el crecimiento de una plantación de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis), en el municipio de Livingston, Izabal.

ESPECÍFICOS

- 1) Determinar la mejor intensidad de raleo de las evaluadas, a ejecutar en la plantación.
- 2) Determinar la mejor altura de copa de las evaluadas, a la cual debe realizarse la poda.

IV. HIPÓTESIS

- 1) Se espera que la aplicación de tratamientos de raleo, estimule la tasa de crecimiento de la plantación de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis).
- 2) Se espera que la aplicación de tratamientos de poda de la copa viva, no influya negativamente en el crecimiento de la plantación de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis).
- 3) No existe interacción en cualesquiera intensidades de raleo y poda.

V. METODOLOGÍA

Definición del marco de estudio

El estudio se realizó en las secciones dos, cinco, seis y siete debido a que no han sido intervenidas silviculturalmente. Las extensiones de las secciones son las siguientes:

Sección	Extensión
1	11.00 ha
2	45.07 ha
3	26.58 ha
4	30.25 ha
5	37.98 ha
6	19.44 ha
7	50.76 ha

El proyecto de reforestación Toquelá, fue aprobado para su ejecución el 2 de febrero de 1988 mediante resolución de INAFOR No. 88.

La producción de plántula se realizó utilizando semilla de procedencia "Poptún".

La plantación fue establecida con un distanciamiento inicial de 2 m x 2 m y una densidad de 2,500 árboles/ha. La edad actual de la plantación es de 6 años.

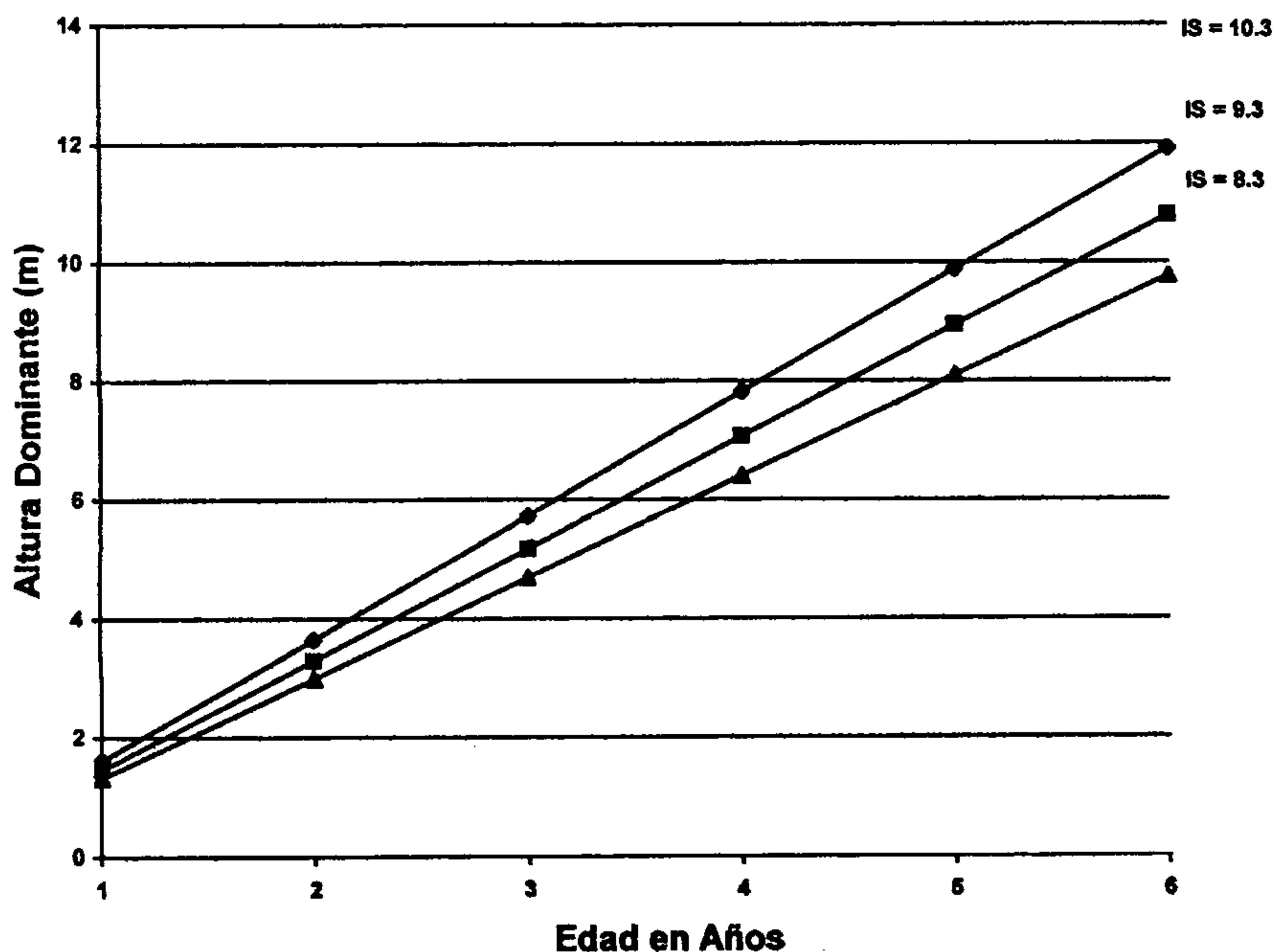
Tamaño y forma de la parcela

TAMAÑO DE LA PARCELA. Para determinar el tamaño de las parcelas se procedió a la toma de DAP de diferentes árboles, agrupados sucesivamente para la obtención de los parámetros estadísticos que nos

permitió establecer el número óptimo de árboles a contener en la unidad experimental así como el área de ésta. A estos datos se les determinó la varianza (s^2), desviación estándar (s), media (x) y coeficiente de variación (CV) para los diámetros obtenidos en los diferentes árboles.

Luego en un eje de coordenadas, se colocaron en las abcisas (X) el número de árboles, y en el eje de las ordenadas (Y) los coeficientes de variación, el tamaño óptimo de parcela está dado por el valor de X en el punto de intersección de máxima inflexión de la curva, cuando los valores de C.V. tienden a ser más o menos constantes (ver figura 4).

Figura 4
CURVA PRELIMINARES DE INDICE DE SITIO PARA
***PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. HONDURÉNSIS, LIVINGSTON, IZABAL**



De acuerdo con los resultados, el número óptimo es de 33 árboles en la unidad experimental, pero para efectos de mayor confiabilidad y considerando el efecto de borde, se tomó un número de 64 árboles para la parcela total que equivale a un área de 256 m², y 36 árboles para la parcela neta que equivale a un área de 144 m². En el apéndice 10 se presenta la ubicación de los árboles dentro de una repetición.

FORMA DE LA PARCELA. Las parcelas fueron levantadas de forma cuadrada. Las de formas rectangulares o cuadradas son más adecuadas para tamaños mayores de 0.01 ha; mientras que las circulares son más rápidas de ubicar para tamaños inferiores de 0.01 ha en rodales poco densos y 0.05 ha en rodales densos [Alder, 1980].

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PARCELAS. El número de parcelas se determinó con base en la fórmula de un arreglo combinatorio 3^n , la cual es:

$$3^2=9$$

en donde:

3 = Número de niveles de cada factor

2 = Número de factores

Debido a que se evaluaron dos factores con tres niveles cada uno, el número de tratamientos es igual a 9. Como los tratamientos fueron repetidos cuatro veces, nos dio un número total de 36 parcelas.

DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS. Las parcelas fueron distribuidas dentro de las secciones de acuerdo

con el arreglo del diseño experimental y basado en la composición de la plantación.

FRECUENCIA Y ÉPOCA DE LAS MEDICIONES. Las mediciones se realizaron antes de la aplicación de los tratamientos, a cuatro, ocho y doce meses después de todas las intervenciones.

La primera medición para determinar las variables de la plantación y estimar los distintos tratamientos se llevó a cabo durante la última semana de febrero de 1995. La aplicación de los tratamientos se realizó durante la semana del 27 al 31 de marzo de 1995. La segunda medición se realizó durante la semana comprendida del 24 al 28 de julio de 1995, la tercera medición se realizó durante la semana del 27 de noviembre al 1 de diciembre de 1995 y la cuarta medición se realizó durante la semana del 25 al 29 de marzo de 1996. En las mediciones se tomó el DAP y altura de todos los árboles dentro de la parcela.

Diseño de tratamientos a evaluar

RALEOS. Se utilizó el Índice Hart (S%), con intensidades: S% = Actual (A), S% = 22 y S% = 28, debido a que el Índice de Hart establece que entre 20 y 30 % del espaciamiento.

Cuadro 2
COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS EVALUADOS

Intensidades de poda (altura de copa)	Intensidad de raleo		
	S% A	S% 22	S% 28
S.P.	S% A, S.P. (T1)	S% 22, S.P. (T2)	S% 28, S.P. (T3)
1/3	S% A, 1/3 h (T4)	S% 22, 1/3 h (T5)	S% 28, 1/3 h (T6)
1/2	S% A, 1/2 h (T7)	S% 22, 1/2 h (T8)	S% 28, 1/2 h (T9)

PODA. Ésta se hizo con las siguientes intensidades: sin poda (SP), 1/3 y 1/2 de la altura de la copa viva. Considerando los tratamientos de raleo y poda, los tratamientos aplicados fueron los que se presentan en el cuadro 2.

Diseño experimental

La presente investigación se realizó utilizando un diseño en bloques al azar, con arreglo combinatorio, en el cual se evaluaron dos factores y sus respectivos niveles con cuatro repeticiones.

ASIGNACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS A LAS UNIDADES EXPERIMENTALES. Los tratamientos se asignaron a las unidades experimentales, mediante aleatorización.

MODELO ESTADÍSTICO. El modelo estadístico que sustenta la base del presente diseño es el siguiente:

$$V_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + \beta_k + \alpha\delta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = Rendimiento de la ijk -ésima unidad experimental

μ = Valor de la media general de rendimiento

δ_j = Efecto de la j -ésima intensidad de poda

β_k = Efecto del k -ésimo bloque

$\alpha\delta_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo método de raleo y la j -ésima intensidad de poda

ϵ_{ijk} = Error experimental de la ijk -ésima unidad experimental.

La presente investigación se realizó utilizando un diseño en bloques al azar, con arreglo combinatorio, en el cual se evaluaron dos factores y sus respectivos niveles con cuatro repeticiones.

VARIABLES DE RESPUESTA. Para este caso se evaluaron los resultados a través de las variables respuesta: diámetro, altura, área basal y volumen.

Delimitación y trazo de los bloques y parcelas

El trazo de los bloques se realizó en función del número de parcelas, por consiguiente éstos se orientaron en forma perpendicular a la pendiente. Las parcelas se trazaron de 16 x 16 m (256 m²). El trazo se hizo mediante el uso de brújula, alidada y cinta métrica con el objeto de darle las dimensiones deseadas. La delimitación se realizó marcando tres árboles de cada vértice de la parcela con cinta de color azul, así como mediante el uso de estacas, las cuales quedaron permanentemente en el lugar para mejor localización de las mismas.

Marcación de los árboles para raleo

La marcación se hizo utilizando cinta de color rojo, amarillo y azul, el color azul se utilizó para delimitar los vértices de las parcelas, el color rojo para marcar los árboles a ralear y el color amarillo para marcar los árboles a dejar en cada parcela.

Mediciones antes del raleo

DETERMINACIÓN DE LA ALTURA. La altura se midió con un hipsómetro (Suunto) y se tomaron las alturas de todos los individuos presentes en cada una de las parcelas. La altura dominante se determinó del promedio de la altura de los tres árboles más gruesos por parcela, partiendo de la relación de 100 árboles por hectárea.

DETERMINACIÓN DEL ÁREA BASAL. El área basal no es más que el área de la sección transversal del árbol a una altura de 1.30 (DAP). Se determinó el área basal mediante la formula siguiente:

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4}$$

En donde:

D = Diámetro medio por parcela (en m)

DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE RALEO POR MEDIO DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE HART. Éste se realizó utilizando la forma siguiente:

$$\text{Índice de Hart} = (a/h) * 100$$

En donde:

a = espaciamiento medio actual de la plantación

h = Altura dominante (de los tres árboles más gruesos por tratamiento)

El número de árboles a dejar después de los raleos se calcula mediante la siguiente relación:

$$\# \text{ de árboles a dejar por tratamiento} = 144 M^2/R \text{ m}^2$$

En donde:

144 m² = área de la parcela

R² = área que ocupará cada árbol después del raleo.

Entonces el número de árboles a cortar fue la resta de la densidad inicial menos el número de árboles calculados anteriormente, finalmente se determinó el porcentaje de raleo de la siguiente manera:

$$\% R = \frac{\# \text{ de árboles a cortar} * 100}{\text{Densidad inicial}}$$

DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE PODA. La intensidad de poda se determinó a partir de la altura de copa del árbol, mediante la determinación de la altura total de cada árbol y la diferencia de esta altura y la del fuste sin ramas, a la altura de copa se le determinó la intensidad a la cual fue podada de acuerdo con la distribución de las diferentes intensidades.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistics Analysis System). Los datos provenientes de cada medición dentro de cada tratamiento fueron inicialmente sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y luego sometidos a una prueba múltiple de medias de Tukey para establecer el mejor tratamiento. Así mismo los datos fueron sometidos a un análisis de covarianza (ANCOVA), debido a que no se partió del mismo valor de área basal para cada tratamiento y repetición, tomando como covariable el área basal existente en la plantación inmediatamente después de aplicados los tratamientos.

ANÁLISIS FUSTAL. Para la realización del análisis fustal se tomaron dos árboles por cada clase diamétrica presentes en cada tratamiento del experimento y luego se tumbaron (de acuerdo con el raleo) a ras del suelo. Para este caso se evaluaron aproximadamente dos árboles por repetición, considerando que en algunas repeticiones los individuos eliminados no reunían las características adecuadas para el análisis.

En la cara superior de cada sección de fuste, se realizó el conteo de anillos a lo largo de dos diámetros perpendiculares, este conteo se hizo en el campo inmediatamente después de seccionado el fuste con motosierra, debido a que en ese momento se observaban perfectamente bien los anillos de crecimiento. A cada sección se le tomó el diámetro con y sin corteza para la obtención de los correspondientes coeficientes (mórfico y de corteza). Asimismo con base en las mediciones que se efectuaron, se obtuvo el volumen real y las variables relacionadas con la edad (incrementos).

El volumen real se obtuvo para cada una de las secciones de los árboles evaluados mediante la fórmula de Smalian:

$$V = (AB + ab)/2 * L$$

En donde:

AB = Área basal en la parte más ancha de la sección

ab = Área basal en la parte más angosta de la sección

L = Longitud de la sección o troza

El incremento en cada variable se estimó dividiendo el valor de la variable de cada árbol dentro de la edad de la plantación.

La edad en altura se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$X = NAB - NAX$$

En donde:

NAB = Número de anillos en la base del árbol

NAX = Número de anillos a la altura X.

El volumen real se obtuvo para cada una de las secciones de los árboles evaluados mediante la fórmula de Smalian.

Para determinar el factor de corteza, se analizaron 34 árboles provenientes de la aplicación de los diferentes tratamientos de raleo, los cuales fueron seccionados a 1.3 m y luego a 1.0 m hasta el largo total del fuste limpio, luego les fueron tomados datos de DAP, grosor de corteza a cada una de las secciones en que fue dividido el árbol.

$$k = (\text{DAPcc} * \text{DAPsc}) / (\text{DAPcc})^2$$

Para la estimación del factor de forma, se analizaron los mismos árboles que para el factor de corteza seccionándolos y analizándolos de igual forma. Con los datos de diámetro y altura, se obtuvo el volumen real de cada árbol y luego mediante la relación entre éste y el volumen de un cilindro regular a partir del DAP (1.3 m), se obtuvo el factor de forma.

$$ff = \text{Vol. real del árbol} / \text{Vol. de un cilindro}$$

DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DEL MEDIO FÍSICO. La determinación de los factores del medio físico, especialmente el medio edáfico, se hizo mediante la lectura de los perfiles del suelo, para ello se abrió una calicata en cada uno de los sitios en donde se levantaron los diferentes bloques, luego se tomaron muestras las cuales fueron analizadas en el laboratorio de suelos del ICTA.

La altura promedio de un rodal es usualmente sensitiva a la clase de sitio.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO. Para ello existen diferentes metodologías entre ellas la más frecuentemente utilizada y la cual se utilizó en esta investigación es el uso de la altura dominante como indicador del sitio. La altura promedio de un rodal es usualmente sensitiva a la clase de sitio.

La altura dominante es la altura promedio de los 100 árboles más gruesos/ha, llamada también "altura tope".

Para la determinación del IS se hizo mediante la función de índice de sitio propuesta por Schumacher [1965], que es la siguiente:

$$\ln H_o = a + b/A^k$$

En donde:

H_o = Altura de los árboles dominantes en una parcela.

a , b y k = parámetros a ser ajustados.

A = Edad del rodal.

Los datos agrupados de los diferentes análisis fustales, se procesaron de acuerdo con la metodología propuesta por Alder [1980], mediante el uso del paquete Sindex, del programa Palmer.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Situación de las parcelas antes y después de la aplicación de los tratamientos

Previo a la aplicación de los tratamientos, se llevó a cabo la medición de los individuos presentes en cada uno de los tratamientos, siendo ésta en altura y diámetro, con el objeto de determinar las variables dasométricas de la plantación en cada uno de los anteriores tratamientos. El índice de raleo que se utilizó en los tratamientos considera precisamente el espacio necesario para crecer, dependiendo de la

altura de los árboles y su distanciamiento medio. De esta forma, diferencias iniciales entre estas variables en los bloques, fueron compensadas con la aplicación del índice utilizado.

La densidad media oscila entre 2,083 y 2,153 árboles por hectárea, que para una edad de seis años ya es una densidad considerable. Por su parte el área basal oscila entre 22.3 y 35.3 m² la cual es casi seguro que sea la máxima capacidad de carga de área basal para los sitios evaluados.

El índice de Hart promedio oscila entre 17 y 20% por debajo del S% recomendado para la especie. En otras palabras, para esas condiciones y de acuerdo al índice de Hart ya se hace necesario un raleo para favorecer el crecimiento en área basal de los individuos mejor conformados.

Determinación de la intensidad de raleo por medio del índice de Hart-Becking.

En el cuadro 3 puede observarse que para el mismo tratamiento existe diferente número de árboles a

Cuadro 3
ÁRBOLES RALEADOS Y ALTURA DE PODA SEGÚN TRATAMIENTO

Bloq. Trat.	I		II		III		IV	
	No. arb.	h	No. arb.	h	No. Arb.	h	No. Arb.	h
	Ral	poda	Ral	Poda	Ral	Poda	Ral	Poda
S%A,S.P.	0	SP	0	SP	0	SP	0	SP
S%22,S.P.	12	SP	5	SP	9	SP	3	SP
S%28,S.P.	15	SP	13	SP	13	SP	14	SP
S%A,1/3h	0	1/3	0	1/3	0	1/3	0	1/3
S%22,1/3h	9	1/3	15	1/3	14	1/3	2	1/3
S%28,1/3h	22	1/3	25	1/3	17	1/3	12	1/3
S%A,1/2h	0	1/2	0	1/2	0	1/2	0	1/2
S%22,1/2h	13	1/2	4	1/2	7	1/2	7	1/2
S%28,1/2h	22	1/2	21	1 / 2	12	1/2	21	1/2

ralear en cada uno de los bloques, lo cual obedece a la composición en términos de frecuencia (número de árboles) de cada uno de los sitios en donde fueron levantados los diferentes bloques.

Análisis de los resultados provenientes de las mediciones posteriores a la aplicación de los tratamientos

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CAMPO PARA LA VARIABLE DAP PROMEDIO, OBTENIDOS DURANTE LAS CUATRO MEDICIONES. En el cuadro 4 puede observarse que los tratamientos con raleo presentan las mejores tasas de crecimiento con respecto a los que no involucran raleo, así también se observa que conforme se incluyen los tratamientos de poda, las tasas de crecimiento se reducen de tal forma que llegan a presentar mejores tasas de crecimientos aquellos cuyas intensidades de poda son bajas. Aunque dicha relación no es constante, es probable que la poda haya causado cierta reducción en la tasa de crecimiento.

Cuadro 4
MEDIAS GENERALES DE TRATAMIENTOS PARA DAP

Tratam./ Medición	1a. (0 meses)	2a. (4 meses)	3a. (8 meses)	4a. (12 meses)	% Crecim.
S%A,S.P.	12.39	12.73	12.82	13.02	5
S%22,S.P.	13.28	13.62	13.90	14.09	6
S%28,S.P.	12.77	14.07	14.15	14.25	11
S%A,1/3h	12.85	13.19	13.33	13.76	7
S%22,1/3h	13.17	13.70	13.86	14.12	7
S%28,1/3h	14.43	14.99	15.21	15.66	8
S%A,I/2h	12.06	12.40	12.73	13.03	8
S%22,1 /2h	13.27	13.94	14.22	14.27	7
S%28,1/2h	14.14	14.57	14.74	14.96	6

El análisis de varianza realizado indica que para la variable raleos existen diferencias significativas para la 2a., 3a. y 4a. mediciones. No existen diferencias significativas para podas y para la interacción.

La prueba de Tukey realizada indica que en la segunda y tercera mediciones las intensidades S% 22 y S% 28 son iguales estadísticamente y diferentes de la intensidad S% A, las mejores medias las presenta la intensidad S% 28. En la cuarta medición esta relación se pierde ya que la intensidad S% 28 es diferente de las intensidades S% A y S% 22 las cuales son iguales estadísticamente, la mejor media la presenta la intensidad S% 28. Probablemente para DAP, la intensidad S%22 no sea significativa y ésta es igualada por el testigo, manifestando los mejores resultados la intensidad S%28.

El análisis de covarianza realizado indica que estadísticamente la covariable área basal inicial no ejerce ningún efecto sobre los tratamientos que involucran DAP, debido a que las diferencias iniciales de ésta, fueron compensadas con los raleos.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CAMPO PARA LA VARIABLE ALTURA PROMEDIO, CORRESPONDIENTES A LAS CUATRO MEDICIONES. De acuerdo a los porcentajes del cuadro 5 puede observarse que de los tratamientos sin poda la mejor tasa de crecimiento la presenta el tratamiento sin raleo, para tratamientos con 1/3 de la altura de poda la mejor tasa de crecimiento la presenta el tratamiento con S%22 de índice de raleo y para los tratamientos con %Z de la altura de poda la mejor tasa la presenta el tratamiento sin raleo. Probablemente para la variable altura, a mayor intensidad de raleo se manifiesta el efecto de los tratamientos de poda en cuanto a

reducción de las tasas de crecimiento; aunque dicho comportamiento no es constante en función de la intensidad de poda, se aprecia que ésta ejerce cierto efecto en cuanto al crecimiento en altura.

El análisis de varianza realizado indica que existen diferencias significativas para raleo en las cuatro mediciones efectuadas. En cuanto a poda únicamente existen diferencias significativas durante la 2a., 3a. y 4a. mediciones. No existe interacción en ninguna de las mediciones efectuadas.

La prueba de Tukey realizada indica que en la primera medición, las intensidades S% 22 y S% 28 son iguales estadísticamente, pero diferentes de la intensidad S% A, esta situación se repite durante la cuarta medición y en ambas la mejor media la presenta la intensidad S% 28. En la segunda y tercera mediciones, las intensidades S% A y S% 22 son iguales estadísticamente y diferentes de la intensidad S% 28 la cual presenta la mejor media. Es muy probable que no se haya partido de valores similares de altura para cada uno de los tratamientos, sin embargo con la aplicación de los tratamientos dichas diferencias

Cuadro 5
MEDIAS GENERALES DE TRATAMIENTOS PARA ALTURA

Tratam./ Medición	1a. (0 meses)	2a. (4 meses)	3a. (8 meses)	4a. (12 meses)	% Crecim.
S%A,S.P.	7.95	8.32	8.58	8.77	10
S%22,S.P.	8.62	8.64	8.74	9.11	5
S%28,S.P.	8.83	9.05	9.13	9.16	4
S%A,1/3h	8.36	8.45	8.68	8.90	6
S%22,1/3h	8.71	8.98	9.34	10.00	15
S%28,1/3h	9.75	9.84	10.02	10.20	5
S%A,1/2h	7.86	8.33	9.01	9.67	23
S%22,1/2h	8.92	9.12	9.14	9.46	6
S%28,1/2h	9.43	10.11	10.34	10.57	12

Es muy probable que para altura, intensidades bajas de raleo necesiten mayor tiempo para manifestar su efecto.

fueron compensadas, lo cual se manifiesta en la segunda y tercera mediciones en donde la intensidad S%22 es igualada por el testigo; sin embargo a 12 meses el efecto de esta se manifiesta igualando a la intensidad S%28. Es muy probable que para altura, intensidades bajas de raleo necesiten mayor tiempo para manifestar su efecto.

De acuerdo con el análisis anterior puede decirse que para altura, la intensidad de raleo no es relativamente significativa ya que para este caso raleos a intensidades S% 22 y 28 producen efectos similares en el crecimiento, debido a que la altura es menos susceptible a reducir su crecimiento por efectos de competencia por densidad.

La prueba de Tukey realizada indica que para tratamientos de poda, no existen diferencias en la primera medición. Durante la 2a., 3a. y 4a. mediciones, se aprecia que las intensidades 1/3 h y %Z h son iguales estadísticamente y diferentes de la intensidad S.P., presentando la mejor media la intensidad 1/2 h. Es muy probable que la altura de poda no ejerza ningún efecto negativo en el crecimiento.

El análisis de covarianza realizado indica que la covariable área basal inicial no ejerce estadísticamente ningún efecto sobre el resto de tratamientos que involucran altura, ya que diferencias iniciales de ésta fueron compensadas con la aplicación de los raleos. Por otro lado el análisis de covarianza indica que existe interacción para el tratamiento S%28,1/2h, por lo que presenta la mejor media y que el 76% de la variabilidad del área basal inicial con respecto a la altura es explicada por ésta.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CAMPO PARA LA VARIABLE ÁREA BASAL EN M²/ÁRBOL, CORRES-

PONDIENTE A LAS CUATRO MEDICIONES. La variable área basal fue analizada en forma individual, con el objeto de conocer el efecto de los diferentes tratamientos, debido a que el área basal es una medida de la productividad de un sitio y generalmente es expresada por unidad de área.

En el cuadro 6 se aprecia que las mejores tasas de crecimiento las presentan los tratamientos que involucran la mayor intensidad de raleo y de poda.

Aunque este comportamiento no es uniforme para todos los tratamientos, es importante considerar que el raleo estimula el crecimiento individual en términos de área basal. A pesar de que con la aplicación de los tratamientos se extrae área basal, la remanente se distribuye entre un número menor de árboles mejor conformados, lo cual es beneficioso en términos de productividad por unidad de área.

El análisis de varianza indica que únicamente existen diferencias significativas para bloques y tratamientos de raleo en las cuatro mediciones. Los tratamientos de raleo fueron sometidos a una prueba de Tukey, el resumen se presenta a continuación:

Cuadro 6
MEDIAS GENERALES DE ÁREA BASAL (M²/PARCELA)

Tratam./ Medición	1a. (0 meses)	2a. (4 meses)	3a. (8 meses)	4a. (12 meses)	% Crecim.
S%A,S.P.	0.0121	0.0123	0.0126	0.0128	6
S%22,S.P.	0.0121	0.0150	0.0150	0.0161	33
S%28,S.P.	0.0117	0.0151	0.0157	0.0157	34
S%A,1/3h	0.0131	0.0136	0.0140	0.0140	7
S%22,1/3h	0.0118	0.0140	0.0142	0.0147	25
S%28,1/3h	0.0135	0.0169	0.0169	0.0177	31
S%A,1/2h	0.0116	0.0124	0.0127	0.0130	12
S%22,1/2h	0.0125	0.0144	0.0148	0.0148	28
S%28,1/2h	0.0125	0.0160	0.0164	0.0171	37

La prueba de Tukey indica que los tratamientos son estadísticamente diferentes

La prueba de Tukey indica que los tratamientos son estadísticamente diferentes, lo cual indica que no se partió de valores iguales de área basal, a 8 meses de aplicados los tratamientos las intensidades S% A y 22, son estadísticamente iguales y diferentes de la intensidad S% 28 la cual presenta la mejor media y a 4 y 12 meses las intensidades S% 22 y 28 son estadísticamente iguales y diferentes de S% A, presentando la mejor media la intensidad S% 28. Como puede apreciarse la aplicación de tratamientos de raleo, compensa las diferencias iniciales por lo que los tratamientos con raleo son diferentes del testigo debido a que se extrajo área basal; posteriormente a 8 meses el testigo iguala al tratamiento S% 22 y finalmente a 12 meses dicho tratamiento supera al testigo e iguala a la intensidad S% 28, 1, cual es muy probable se deba a que con los tratamientos se estimula la tasa de crecimiento en área basal.

El análisis de covarianza indica que la covariable área basal inicial no ejerce ningún efecto sobre el resto de tratamientos de área basal, debido a que éstos fueron compensados con la aplicación de los raleos. Por otro lado el análisis de covarianza indica que el 70% de la variabilidad del área basal inicial sobre el resto de tratamientos que involucran área basal, es explicada por ésta y aunque existen diferencias de dichos valores para un mismo tratamiento, éstas no son significativas como para afectar los resultados posteriores a la aplicación de los tratamientos, siendo ésta además una variable sujeta a medición.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CAMPO CORRESPONDIENTES A VOLUMEN EN M³/ÁRBOL, DURANTE LAS CUATRO MEDICIONES. En el cuadro 7 se presentan las medias por tratamiento y por me-

dición. De igual manera que la variable área basal, el volumen fue analizado en forma individual con el objeto de determinar el efecto de los tratamientos ya que el volumen también implica una medida de la productividad de los sitios.

En el cuadro 7 puede apreciarse que los tratamientos con raleo presentan las mejores tasas de crecimiento las cuales incrementan conforme se involucran los tratamientos de poda respectivamente. Aunque dicha relación no es constante para cada uno de los tratamientos, es muy probable que dicho comportamiento se deba a que los tratamientos estimulan en cierto grado el crecimiento tanto en altura como en Dap cuyas variables relacionan la productividad en área basal y volumen.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas para bloques y para tratamientos de raleos durante las cuatro mediciones y para tratamientos poda únicamente en la última medición. Es bastante probable que el efecto de las podas se manifieste en forma más lenta para volumen

Cuadro 7
MEDIAS GENERALES DE VOLUMEN

Tratam./ Medición	1a. (0 meses)	2a. (4 meses)	3a. (8 meses)	4a. (12 meses)	% Crecim.
S%A,S.P.	0.0516	0.0544	0.0580	0.0600	16
S%22,S.P.	0.0514	0.0688	0.0691	0.0705	37
S%28,S.P.	0.0526	0.0679	0.0729	0.0771	47
S%A,1/3h	0.0580	0.0623	0.0647	0.0663	14
S%22,1/3h	0.0517	0.0658	0.0705	0.0768	48
S%28,1/3h	0.0664	0.0877	0.0915	0.0954	44
S%A,1/2h	0.0548	0.0553	0.0597	0.0727	33
S%22,1/2h	0.0564	0.0665	0.0726	0.0726	29
S%28,1/2h	0.0592	0.0843	0.0900	0.0957	62

que para el resto de las variables, debido a que la poda no incide negativamente en el crecimiento de la plantación.

Los tratamientos de raleo, y poda (durante la última medición) fueron sometidos a una prueba de Tukey, cuyo resumen se presenta a continuación:

La prueba de Tukey indica que para raleos durante la primera medición, las intensidades S% 22 y 28, son estadísticamente iguales y diferentes a S% A, la mejor media la presenta S% 28. Para la segunda, tercera y cuarta mediciones la intensidad S% 28 es estadísticamente diferente de las intensidades S% A y 22, presentando la mejor media la primera. De lo anterior podemos decir que con la aplicación de los tratamientos las intensidades S% 22 y 28 difieren del testigo debido a que se extrajo volumen, sin embargo la intensidad S%22 es igualada por el testigo lo cual es probable que se deba a que para la variable volumen la intensidad S%22 no es significativa.

Para poda, el ANDEVA indica que la intensidad 1/2 de altura de la copa viva es estadísticamente diferente a las intensidades SP y 1/3 de altura de la copa viva, presentando la mejor media la intensidad 1/2.

El análisis de covarianza indica que el efecto de la covariable área basal inicial no ejerce ninguna influencia sobre tratamientos de volumen, debido a que estas diferencias fueron compensadas con la aplicación de raleos. Por otro lado el análisis de covarianza indica que el 73% de la variabilidad del área basal inicial con respecto a volumen es explicada por ésta.

El análisis de covarianza indica que el efecto de la covariable área basal inicial no ejerce ninguna influencia sobre tratamientos de volumen.

Análisis fustal

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA. El factor de forma, se obtuvo de la media del correspondiente factor de cada árbol, siendo el valor para una la edad de 6 años, el siguiente:

$$ff = 0.53$$

FACTOR DE CORTEZA. El factor de corteza es la media del correspondiente factor para cada árbol, cuyo valor a la edad de 6 años, es el siguiente:

$$fc = 0.84$$

Determinación de los factores del medio físico

Luego de leídos cada uno de los horizontes de cada calicata, se procedió a la toma de muestras, a las cuales se les realizaron análisis de fertilidad, mecánico (textura) y elementos menores. El cuadro 8 resume las características de cada sitio.

Cuadro 8
RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO
EDÁFICO DE LA FINCA TOQUELÁ, LIVINGSTON, IZABAL

Calicata	Bloque	Sección	Horizonte	Prof. (cm)	Textura	pH
1	IV	7	AC	20	Arcillosa	4.0
1	IV	7	C	>20	Franca	4.0
2	III	6	AC	25	Arcillosa	4.2
2	III	6	C	>25	Arcillosa	4.0
3	II	5	AC	10	Arcillosa	4.0
3	II	5	C	>10	Franca	3.8
4	I	2	AC	15	Arcillosa	4.0
4	I	2	C	>15	Arcillosa	4.0

En el cuadro 8 se aprecia que el comportamiento en cuanto a distribución y presencia de horizontes, se mantiene en los cuatro sitios, de igual forma se comporta la textura y pH, existiendo únicamente diferencias en cuanto a profundidad se refiere. En cuanto a pH, los suelos bajo plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis, de la Finca Toquelá, se clasifican como suelos muy ácidos. En cuanto al análisis de fertilidad, puede observarse que los contenidos de Fe, se encuentran en forma aceptable ya que $>80\%$ se considera como bueno, en cuanto a Cu y Zn, estos elementos se encuentran en niveles aceptables ya que < 1 ppm se considera limitante, en cuanto a Mn, éste se encuentra en niveles aceptables únicamente para la sección 7 en la cual se localizó el bloque IV y para el resto, se encuentra en forma limitante en vista de que $>100\%$ es aceptable. En cuanto a P, éste se encuentra en cantidades limitantes ya que <7 ppm se considera limitante; el elemento K se encuentra en cantidades aceptables a excepto de el horizonte C en la sección 7 y el horizonte AC en la sección 5 que se encuentran bajo y muy alto respectivamente en cuanto a Ca y Mg, se encuentran en niveles no limitantes.

Calidad de sitio

Para la determinación de la calidad de sitio, se llevó a cabo a través de la estimación de índices de sitio para lo cual se tomaron lecturas de edad-altura de 36 árboles seccionados para tal efecto, para este caso se analizaron 36 árboles dominantes, provenientes de la aplicación de los raleos los cuales fueron seccionados para la toma de datos de edad-altura para luego analizarlos mediante regresión jerárquica para

la obtención de los parámetros que definen la construcción de las curvas respectivas.

De acuerdo con el diagrama de dispersión de datos, el comportamiento en cuanto a crecimiento en altura para cada sitio es irregular, apreciándose además que existe una diferencia aproximada en altura dominante entre el mayor y menor sitio de 3 metros, por lo tanto únicamente se construyeron 3 curvas de índice de sitio con una amplitud de 1 metro.

El modelo utilizado fue el de Shumacher, el cual se denota de la siguiente forma:

$$\text{LnH} = a + b/A^k$$

Luego de obtenidos los estimadores por regresión jerárquica, se procedió a despejar la fórmula, con el objeto de encontrar los valores de pendiente e intercepto común, quedando de la siguiente forma:

$$a = \text{LnH} - b/A^k$$

Con el objetivo de determinar los índices de sitio a la edad base de 5 años, se sustituyó la ecuación anterior en la ecuación original de Schumacher, quedando de la siguiente forma:

$$\text{Ln(IS)} = \text{Ln(hdom)} + b(1/Ab^k - 1/A^k)$$

Con la función anterior, se procedió a calcular los índices de sitio en cada bloque, a la edad base de 5 años, edad alcanzada por la mayoría de los individuos en la plantación. El índice de sitio a esa edad base, estimado con la ecuación varió desde 8.46 hasta 11.23 m, lo que corresponde a un incremento medio anual en altura dominante que va desde 1.41 hasta 1.87 m/año.

Con la ecuación de Schumacher ajustada se procedió a elaborar la figura 3, la cual representa la tendencia de la altura dominante con respecto a la edad.

El modelo utilizado para la construcción de curvas de índice de sitio fue el de Schumacher, ya que es el que mejor ajusta la dispersión de datos edad-altura.

Como se indicó anteriormente, el modelo utilizado para la construcción de curvas de índice de sitio fue el de Schumacher, ya que es el que mejor ajusta la dispersión de datos edad-altura.

Los valores o estimadores del modelo de Schumacher fueron obtenidos por medio de regresión jerárquica a través del programa Sindex, en virtud de que el modelo es no lineal y no permite su linearización por medio del método de mínimos cuadrados.

Los valores de los coeficientes son:

Coeficiente de pendiente común $B = -12.222$

Coeficiente de intercepto común $A = 12.5038$

Coeficiente $K = 0.0997237$

Con el objeto de obtener los interceptos de los índices de sitio de 10.3 m, 9.3 m y 8.3 m (I, III y III respectivamente), se despeja el coeficiente a de la ecuación de Schumacher la cual queda de la siguiente forma:

$$a = \ln H - b/A^k$$

A través de esta relación se obtuvieron los valores de los interceptos siendo los siguientes:

I.S.	Intercepto común	Pendiente común
10.3	-11.9	12.7
9.3	-12.1	12.6
8.3	-12.2	12.5

El modelo matemático para una curva de índice de sitio a la edad base de 5 años y altura 10.3, es el siguiente:

$$\ln H = 12.7 - 12.222/A^{0.0997237}$$

CONSTRUCCIÓN DE LA FAMILIA DE CURVAS. Para la construcción de la familia de curvas se consideró una edad base de 5 años, categorizándolas de menor a mayor calidad con números romanos de la siguiente manera:

Calidad I= 10.3 m

Calidad II = 9.3 m

Calidad III = 8.3 m.

Como puede apreciarse en la figura 4, únicamente se presentan 3 curvas de índice de sitio, lo cual obedece a que la amplitud es de 1m debido a que la diferencia entre índices de sitio es de 3 metros con lo cual construir más de tres curvas resulta poco práctico ya que las diferencias entre uno y otro no son significativas.

VALIDACIÓN DEL MODELO. Para determinar si el modelo es adecuado para la construcción de curvas de índice de sitio, es necesario someterlo a un análisis estadístico, el cual se realizó con la ayuda del paquete SAS, los resultados son los siguientes:

Modelo 1

Variable dependiente: LH

ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob>F
Modelo	1	75.33220	75.33220	927.874	0.0001
Error	274	22.24550	0.08119		
Total	275	97.57770			

Sx	0.28494	R ²	0.7720
Media gral.	1.40411	R ² ajustado	0.7712
C.V.	20.29292		

PARÁMETROS ESTIMADOS

		Valor	Parámetro	Parámetro	T para H ₀ :
Variable	GI	Estimado	del Error	Estandar=0	Prob> T
Intercepto	1	4.075149	0.08934866	45.610	0.0001
IE	1	-3.487788	0.11450003	-30.461	0.0001

De acuerdo con el análisis de varianza, puede observarse que el modelo es adecuado para la estimación de curvas de índice de sitio, debido a que el 77% de la variabilidad de la altura con respecto a la edad es explicada por el modelo, mientras que el 23% no lo explica. Así también puede observarse que el coeficiente de variación es adecuado considerando la variabilidad que existe en este tipo de análisis la cual es inherente a la variabilidad de la plantación.

VII. CONCLUSIONES

- 1) La aplicación de tratamientos de raleo, estimula el crecimiento en diámetro, por lo que para DAP la intensidad de raleo S% 28 presentó los mejores resultados, con las mejores medias a la edad de 7 años con un 8% de crecimiento en relación con el testigo.
- 2) El raleo ejerce un efecto en el crecimiento, por lo que para altura, la intensidad de raleo S% 28 presentó los mejores resultados, con las mejores medias; aunque la poda no influye significativamente en el crecimiento, las intensidades de poda 1/3 h y 1/2 h de copa viva presentaron similares resultados, las mejores medias las presentó la intensidad 1/2 h de copa viva. El análisis de covarianza indica que el mejor tratamiento es S%28,1/2h.

- 3) Los tratamientos de raleo influyen en forma positiva en el crecimiento, por lo que para volumen los mejores resultados los presentó la intensidad de raleo S% 28, con las mejores medias. En volumen a pesar de que la poda no influye significativamente en el crecimiento, la intensidad 1/2 h de copa viva presentó las mejores medias.
- 4) La aplicación de tratamientos de raleo estimula el crecimiento de la plantación, para área basal la mejor intensidad de raleo es a S%28, la cual presenta la mejor media.
- 5) La covariable área basal inicial no ejerce ningún efecto sobre el resto de tratamientos, debido a que diferencias iniciales de ésta fueron compensadas con la aplicación de raleo.
- 6) El factor de forma para *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis a la edad de 6 años es de 0.53.
- 7) El factor de corteza para *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis a la edad de 6 años es de 0.84.

IX. RECOMENDACIONES

- 1) Para plantaciones con condiciones similares al área en donde se realizó el experimento, se recomienda realizar raleos con intensidades iguales a S%28.
- 2) A pesar de que la poda no ejerce una influencia significativa en el crecimiento, se recomienda realizar podas a mitad de la altura de copa viva, lo cual permite la producción de madera libre de nudos. En la medida de lo posible garantizar

A pesar de que la poda no ejerce una influencia significativa en el crecimiento, se recomienda realizar podas a mitad de la altura de copa viva.

- que las podas dejen libre de nudos longitudes similares a las dimensiones de troza comerciales.
- 3) Realizar ensayos considerando períodos de tiempo más prolongados con intensidades de raleo intermedias entre S%22 y S%28 con el objeto de evaluar su comportamiento hasta la edad de turno.
 - 4) Monitorear los tratamientos con intensidades de raleo de S%28 con el objeto de determinar la susceptibilidad de los árboles remanentes a daños por vientos, plagas o enfermedades.
 - 5) Considerar los factores de forma y de corteza para la estimación del volumen real con y sin corteza. Estos factores no deben ser utilizados a lo largo de todo el crecimiento de la plantación, ya que éstos varían conforme crece el árbol.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con especial referencia a los trópicos. Roma, Italia, FAO. Estudios FAO Montes 22/2. v2. 198 p.
- BAKER, F.S. 1950. Principles of silviculture. New York, E.E.U.U., McGraw Hill. 415 p.
- BARRIENTOS GARCÍA, M. 1981. Evaluación de cuatro métodos para la determinación del tamaño y forma óptimos para experimentación agrícola. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.
- BENÍTEZ RAMOS, R.F.; MONTESINOS LAGOS, J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. p. 127-128.

- CAMACHO, M.P. 1980. Técnicas de raleo forestal. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal, Centro de Investigación Forestal. 100 p.
- CRONQUIST, A. 1981. Introducción a la botánica. México. Continental. 848 p.
- DANIEL, T.; HELMS, J.; BAKER, F. 1982. Principios de silvicultura. México, McGraw Hill. 492 p.
- FAO (México). 1978. Producción forestal. México. 126 p.
- GALLOWAY, G. 1993. Dinámica de rodales; curso regional de transferencia de tecnología en silvicultura de árboles de uso múltiple. San Pedro Sula, Honduras, CATIE/MADELEÑA. 17 p.
- _____. 1993. Manejo forestal; curso regional de transferencia de tecnología en silvicultura de árboles de uso múltiple. San Pedro Sula, Honduras, CATIE/MADELEÑA. 21 p.
- GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1980. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja topográfica Toquelá no. 236311. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
- GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. 1988. Atlas climático de la república de Guatemala. Guatemala. 21 p.
- GUATEMALA PLAN DE ACCIÓN FORESTAL PARA GUATEMALA. 1980. Atlas forestal; mapa de zonas de vida de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000.
- KLEPAC, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 365 p.

- NUÑEZ SARAIVA, O.M. 1986. Estudio de crecimiento y rendimiento de *Pinus maximinoii* H. E. More, en Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 130 p.
- ORTIZ FUENTES, A. 1991. Manual de raleos. Tegucigalpa, Honduras, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal, Departamento Forestal. 25 p.
- ROJAS, F.; ORTIZ, E. 1981. Pino Caribe *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis) (Barret y Golfari); especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Guía silvicultural no. 8. p. 3 - 14.
- VEILLON, J. 1965. Curso de ordenación forestal. Turrialba, Costa Rica, IICA, Programa Forestal. 85 p.