

CENTRO UNIVERSITARIO DE PINAR DEL RIO

"HNOS. SAIZ MONTES DE OCA"

FACULTAD DE AGRONOMIA Y FORESTAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION FORESTAL

ESTUDIO DEL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LAS
PLANTACIONES DE *Eucalyptus* sp. DE LA PROVINCIA
DE PINAR DEL RIO

Tesis presentada en opción al grado científico de
Candidato a Doctor en Ciencias Forestales

Autor: Ing. Alberto Peñalver Romeo

PINAR DEL RIO

1991

AGRADECIMIENTOS

Deseario expresar mi agradecimiento a todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este trabajo, en particular a: Ing. Humberto Gra Ríos del Instituto de Investigaciones Forestales, C.Dr. Raúl Báez Valdés, Ing. Rolando Ramos Rodríguez, C.Dr. Fernando Feliciano Blanco, Tec. Miguel Balguera, Ing. Esteban Menéndez Pérez, Tec. David Quiñones, Ing. Lázaro Palenzuela, de la Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques del Ministerio de la Agricultura, C.Dr. Angel Notario de la Torre, Ing. Raymundo Vento Tielves, Ing. José F. Rodríguez Pérez, Ing. Marlene Franco, C.Dr. Francisco Valdés Valdés, C.Dr. Pedro Alvarez Olivera, CDr. Edilio Aldana Pereira, Ing. Rogelio Sotolongo, del Centro Universitario de Pinar del Río. Reconocimiento especial debo a los estudiantes de Ingeniería Forestal que participaron en la realización de esta investigación, ellos son: Daniel Martínez Núñez, Pedro Cuesta Morán, Ramón Arencibia Ramos, Gilberto A. Bringas Tamayo, Magda Téllez Armas, Georgina Díaz Quintero, Gely A. Abrego González, Osmany González, Ernesto Pacheco, Odalys Mojena Navarro, Pablo Gaona Alven, Luis A. Juárez Díaz, Arnaldo Pollé Martínez, Gebremariam Tesfai Measho, Francisco J. Rodríguez Royero, Pedro Tahares Reyes, Carlos Zurita Hernández, Antonio Oyono Onva y Rigoberto Gómez Daspet. Quiero distinguir especialmente al C.Dr. Bárbaro Zulueta Menéndez por su ayuda metodológica y a la Profesora Irma Hernández López quién gentilmente revisó y corrigió los manuscritos.

DEDICATORIA

A mis hijos Glenda y Alberto

SINTESIS

Las plantaciones de *Eucalyptus* sp. representan el 14,2 % de la superficie total de bosques artificiales de la Provincia de Pinar del Río. El presente estudio pretende establecer las características de crecimiento, potencialidad productiva y las normas para el manejo silvícola y económico de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río. Empleando las técnicas estadísticas apropiadas y los medios de computación disponibles se elaboran los modelos matemáticos de predicción de las principales características dendrométricas y dasométricas de las plantaciones, utilizando la información obtenida mediante el levantamiento de parcelas de prueba temporales y la tala y medición de árboles tipos. Se elabora un modelo de simulación del crecimiento y rendimiento de las plantaciones con el cual se evalúan diferentes alternativas de manejo silvícola. Se obtienen como resultados las fórmulas para el cálculo de volúmenes totales y por surtidos comerciales, las tablas para la determinación de la calidad de sitio, se define el índice de densidad óptimo, se recomiendan los marcos de plantación más favorables y se presentan las tablas de producción de las plantaciones, las cuales incluyen los regímenes de aclareos propuestos, precisándose las edades de cortabilidad para los criterios volumétricos, técnicos y financieros.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1. El eucalipto en Cuba	4
2.2. Distribución y ecología	6
2.3. Utilización del eucalipto	6
2.4. Manejo de plantaciones de eucaliptos	9
2.4.1. Densidad inicial de la plantación	9x
2.4.2. Raleo	15
2.5. Estudios de crecimiento y rendimiento.	19
2.5.1. Determinación del volumen de madera	25
2.5.2. Evaluación de la calidad de los sitios	31
2.5.3. Distribución diamétrica	35 *
2.5.4. Densidad del rodal	36 *
3. MATERIALES Y METODOS	44
3.1. Condiciones experimentales	44
3.1.1. Objeto de estudio	44
3.1.2. Clima	46
3.1.3. Suelos	47
3.2. Métodos	48
3.2.1. Parcelas de prueba	49
3.2.2. Estimación del volumen total de madera del fuste	51
3.2.3. Estimación de los surtidos maderables	53
3.2.4. Evaluación de la calidad de sitio	55
3.2.5. Distribución de frecuencias de los diámetros del rodal	57 *
3.2.6. Índice de densidad del rodal	60

3.2.7. Modelo de crecimiento y rendimiento *	61 *
empírico	
3.2.8. Determinación de turnos	63
4. RESULTADOS Y DISCUSION	64
4.1. Análisis de los índices dasométricos de las plantaciones estudiadas	64
4.2. Volumen total de madera del fuste	66
4.3. Estimación de los surtidos maderables	70
4.4. Calidad de sitio	74
4.5. Distribución de frecuencias diamétricas	78
4.6. Índice de densidad de Reineke	81
4.7. Modelo de crecimiento y rendimiento	82 *
4.7.1. Validación del modelo	86
4.8. Norma de densidad	87
4.9. Tablas de crecimiento y rendimiento	88
4.10. Fijación del turno	90
5. CONCLUSIONES	95
6. RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	
TABLAS	
FIGURAS	

1. INTRODUCCION

Los estudios de crecimiento y rendimiento de los bosques cobran hoy gran actualidad para el cumplimiento del Programa del Partido Comunista de Cuba (P.C.C., 1987), documento rector de la política de desarrollo económico y social de la nación, el cual orienta que el sector agropecuario basará fundamentalmente su expansión en el aumento de los rendimientos y la aplicación masiva del progreso científico, particulariza que el crecimiento de la economía forestal se dirigirá hacia el desarrollo de la industria de elaboración de la madera y sus derivados.

El estudio del crecimiento y rendimiento de los bosques naturales y de las plantaciones con fines de producción maderera, en particular, constituye una premisa de la planificación forestal. No puede aspirarse a un uso eficiente de los recursos forestales sin conocer el potencial productivo del bosque el cual conlleva la inversión de costosos recursos materiales y humanos así como la aplicación de una tecnología apropiada; los técnicos y economistas forestales deben conocer la respuesta cualitativa y cuantitativa del bosque al manejo aplicado. Estos estudios son los medios utilizados para lograr tal fin (Alder, 1980); los que se expresan prácticamente a través de las llamadas tablas de rendimiento o producción, y más modernamente modelos de crecimiento y rendimiento forestal, que no son más que la representación gráfica o tabular de los índices numéricos que simulan el desarrollo de un rodal en dependencia de la especie, la calidad del sitio o potencialidad productiva del ecótopo y el manejo silvícola

(Mackay, 1961; Anuchin, 1970; Loetsch y col., 1973; Husch y col., 1982). Ellos son ampliamente usados en la actividad forestal, cuya base la constituye la cuantificación de las relaciones entre las características del arbolado, árboles individuales y el tiempo bajo la acción de las prácticas silvícolas (Sprinz y Burkhardt, 1987), los mismos tienen un gran valor cuando son utilizados para la predicción del desarrollo futuro del rodal atendiendo a los correspondientes análisis económicos, lo que brinda una gran ayuda en la planificación de alternativas de manejo forestal (Rennolls y col., 1985). El empleo de estos modelos de los bosques para la planificación y proyección forestal es una práctica corriente en los países de silvicultura desarrollada, vale citar que en la URSS todos los bosques se crean según recetas de las computadoras (Zverev, 1986).

Los modelos matemáticos de crecimiento y rendimiento forestal se elaboran con la información obtenida a partir de mediciones detalladas de los índices dasométricos en parcelas de pruebas permanentes o temporales, las cuales son procesadas con técnicas estadísticas apropiadas, que permiten encontrar las relaciones cuantitativas de predicción del crecimiento y producción de los rodales.

El Eucalyptus, nombre de un importante género arbóreo originario de Australia, constituido por más de 500 taxones (Jacobs, 1981) es el grupo de especies forestales más plantado fuera de su ambiente natural, por más de 80 países que en su conjunto totalizan más de cuatro millones de hectáreas (Poore y Fries, 1987). En Cuba ocupa el tercer lugar en superficie plantada, con un total de 32 873 ha sólo

superadas por las plantaciones de pinos (149 086 ha) y las de casuarinas (35 406 ha) según datos de la Dirección de Silvicultura del Ministerio de la Agricultura (MINAGRI, 1988 a). Para la Provincia de Pinar del Río las plantaciones de eucaliptos representan el 14.2 % de la superficie total de plantaciones, con 12 408 ha para el segundo lugar provincial y más de la tercera parte del total nacional. Por lo que tienen un peso importante en la economía forestal de la provincia debido a su rápido crecimiento, plasticidad ecológica y multiplicidad de usos; sin embargo las características de su crecimiento, potencial productivo y las normas para su manejo no han sido aún claramente definidas sobre bases científicamente argumentadas. Por ello este trabajo constituye el primer intento de dar respuesta a las cuestiones señaladas y tiene como objetivos:

- 1- Diferenciar por su productividad las áreas de plantaciones.
- 2- Formular la estructura de los rodales.
- 3- Elaborar un modelo de simulación del crecimiento y predicción del rendimiento de las plantaciones.
- 4- Recomendar las alternativas de manejos silvícolas más económicas o socialmente útiles que se deriven de los análisis de variantes simuladas.

El estudio es realizado en condiciones de producción, mediante la toma de muestras de las plantaciones existentes, originadas por semillas ya que los rodales producidos por brotes de cepa llamados tallares o renovales no serán incluidos en la investigación por la no existencia de tallares verdaderos en la provincia.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. El eucalipto en Cuba

Según Betancourt (en prensa a), los eucaliptos fueron introducidos en Cuba por el francés Julius Lachaume en 1867 y una de las primeras siembras, con objeto de estudio, fue la realizada por la Estación Experimental Agronómica en 1906, actualmente Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical; también refiere que en la relación de especies del Tercer Informe Anual de la mencionada estación experimental, correspondiente al período 1909-1914, ya se relacionan un grupo de especies de eucaliptos.

Constituye un mérito del Padre de la Silvicultura Cubana, Alberto Fors y Reyes, su introducción masiva en Cuba con el fin de cultivarlos a escala de producción. Las primeras siembras se realizaron en 1929 en el Vivero Forestal de Pinar del Río (hoy Arboretum del Centro Universitario de Pinar del Río) ubicado en las Taironas a 8 km de la capital pinareña. En el experimento montado por Fors se probaron 53 especies, destacándose 18 de ellas por su adaptación y dimensiones alcanzadas (Fors, 1936). Según Betancourt (en prensa a), Fors realizó otras introducciones de especies, y también lo hicieron Cañizares en Tope de Collantes (Provincia Sancti Spiritus), Scaramuzza con el *Eucalyptus deglupta* Blume. en Manguito y Betancourt en Itabo (ambos en la Provincia Matanzas). Wadsworth (1960) reporta sobre una plantación de *Eucalyptus saligna* realizada en 1949 en Matahambre, Provincia de Pinar del Río. En el informe presentado por Cuba al VI Congreso Forestal Mundial se detalla la ubicación y cabida de las plantaciones de

Eucalyptus sp. realizadas en el país antes del Triunfo Revolucionario de 1959 (Gómez, 1966), destacándose la Provincia de Pinar del Río por poseer la mayor superficie plantada, por lo que se puede afirmar que ésta ha sido la pionera en la introducción y cultivo de este exótico género de especies forestales.

Sin menospreciar los resultados anteriores en la introducción y propagación del género *Eucalyptus* en Cuba, gracias a las gestiones de las personalidades citadas, no es hasta el triunfo de la Revolución en 1959 cuando se pone en marcha el programa del Moncada planteado por el líder de la Revolución Fidel Castro Ruz en 1953 sobre la necesidad de crear viveros y reservar áreas para las plantaciones forestales. Precisamente una de las primeras medidas que adopta el Gobierno Revolucionario, con apenas dos meses de constituido, es organizar la ejecución inmediata de amplios planes de repoblación forestal en diferentes regiones del país (Centro de Investigaciones Forestales, CIF, 1985).

Hasta 1983, según el CIF (1985), se habían plantado en Cuba un total de 1 383 541 miles de posturas de maderables, de esta cifra 516 962 miles corresponden a coníferas, 214 579 miles las casuarinas y a los eucaliptos 166 228 miles. El eucalipto representa el tercer grupo de especies de plantación a nivel nacional, mientras que en el caso de la Provincia de Pinar del Río es el segundo grupo (Ministerio de la Agricultura, MINAGRI, 1988 a). Las especies mayormente plantadas en la provincia son: *Eucalyptus saligna*, *E. citriodora* y, en los últimos años, el *E. pellita*.

2.2. Distribución y ecología

El género *Eucalyptus* de la familia *Myrtaceae* fue descrito por primera vez por el botánico francés L'Héritier en 1788, quien le dio el nombre, del cual en 1934 ya se habían descrito 500 especies y 138 variedades. El trabajo más reciente de Pryor y Johson (1971) divide al género *Eucalyptus* de L'Héritier en siete subgéneros y 522 taxones (Jacobs, 1981). Los eucaliptos son árboles esencialmente del tipo de vida austro-malayo con una dispersión natural en latitudes que se extienden desde 7°00' N a 43°39' S. La mayoría de las especies actuales y de los mejores rodales naturales de las especies más ampliamente plantadas se hallan al sur del Trópico de Capricornio (Jacobs, 1981).

La descripción, distribución y ecología, de las especies mayormente plantadas en Pinar del Río, en sus habitats originales, según De La Lama (1977), Jacobs (1981) y Betancourt (en prensa a), se dan en el Anexo 1.

2.3. Utilización del eucalipto

Su importancia en la Economía Forestal está dada por su rápido crecimiento, plasticidad ecológica y multiplicidad de uso, además de la capacidad de rebrotar de cepa después del corte. Stable y Téllez (1985) relacionan las utilizaciones del *Eucalyptus* sp. en la Provincia de Pinar del Río, las cuales se enmarcan en madera de uso directo (madera rolliza), madera aserrada y madera para combustible. En el trabajo de referencia (Stable y Téllez, 1985) se concluye que existe un rechazo generalizado a su empleo como madera de construcción ya que tiende a curvarse y rajarse, es difícil de trabajar y pesada de manipular; sin embargo la

experiencia de Australia ha probado que no son insuperables (FAO, 1961), si se aplican técnicas de secado y aserrado apropiadas a las características tecnológicas de la madera; esto permite su uso en ebanistería, muebles, tableros laminados, etc.. Investigaciones desarrolladas en Cuba (Herrera y col., 1987) relacionadas con la fabricación de muebles de tableros curvados y encolados donde son utilizandas chapas de *E. saligna*, concluyen que esta especie no tiene limitación tecnológica para este servicio, siempre que se le dé el tratamiento correspondiente.

Otra utilización industrial de esta madera de importancia mundial es en la obtención de pulpa para la fabricación de papel, Cohen (1948) afirma que las labores de investigación en Australia han contribuido grandemente a destruir la antigua y errónea creencia que prevalecía en la industria papelera de que, un papel de buena calidad solamente podía fabricarse con la pasta obtenida de fibras largas de la madera de coníferas. En la actualidad se están empleando las plantaciones de eucaliptos en diferentes países como Brasil, Portugal, España y África del Sur para proveer de materia prima a la industria de la pasta (Jacobs, 1981). Países como España, se han convertido en exportadores de pasta de madera de eucaliptos en Europa (Cobos, 1988); diversas investigaciones realizadas (Bustamante y Santos, 1983) prueban su utilidad como materia prima celulósica.

Jacobs (1981) expresa que casi todas las especies de eucaliptos tienen glándulas que segregan aceites esenciales en sus hojas, de valor industrial, señala que estos aceites dominan el mercado mundial. Quert (1987) concluye en un

estudio de los componentes principales de los aceites esenciales de las especies de eucaliptos aclimatadas en Cuba que son tres las que presentan mayor interés desde el punto de vista técnico-económico, la especie *Eucalyptus citriodora* es la que parece tener las mayores perspectivas, siguiéndole en interés el *Eucalyptus maculata* y el *E. punctata*, así como *E. globulus* sp. *bicostata* para la obtención de eucaliptol (aceite esencial útil en farmacia). Lastra y Valdés (1981) y Miranda y col. (1981) afirman que la utilización de estos aceites en la industria farmacéutica es una posibilidad más que brindan los eucaliptos como fuente de materias primas. Matos (1973) señala que el género *Eucalyptus*, hace ya bastante tiempo que está proporcionando considerables cantidades de taninos en el mundo, a partir de la utilización de sus hojas y corteza. Ancizar (1980) desarrolló una investigación sobre las posibilidades de obtención de taninos en *Pinus caribaea*, *Eucalyptus saligna* y *Casuarina equisetifolia*, los resultados demostraron que se obtuvo un mayor porcentaje en *Eucalyptus saligna*. En Argentina, Australia y sobre todo en Brasil, hay importantes industrias de fundición de hierro a base de carbón vegetal de madera de eucaliptos (Jacobs, 1981); Brasil tiene 150 000 ha de plantaciones que producen 240 000 t de carbón vegetal por año (Borges y col., 1985). Metro (1956) plantea que la mayoría de las especies se carbonizan fácilmente y proporcionan un excelente carbón vegetal. Metro (1956) expresa que los eucaliptos proporcionan una miel excelente, por ejemplo el *Eucalyptus saligna* la produce abundante, de brillante color y consistencia espesa. Bande

(1980) afirma que actualmente en Cuba se obtiene una gran cantidad de miel de *Eucalyptus*, que tiene excelente calidad.

2.4. Manejo de plantaciones de eucaliptos

Los eucaliptos son factibles de ser manejados por los tres métodos conocidos: tallar, tallar compuesto y monte alto (Mangieri y Dimitri, 1961), sin embargo, Jacobs (1981) plantea que la mayor parte de los cuatro millones de hectáreas de plantaciones mundiales serán ordenadas para cultivos por tallar para proporcionar grandes cantidades de madera a la industria papelera y a plantas de elaboración que reconstituyen la madera astillada o desfibrada en otros productos; para proveer ademes para minas, para postes y combustibles, pueden ser cosechadas repetidas veces a intervalos de 4 a 10 años; también afirma que los eucaliptos pueden ordenarse para rotaciones más largas, con raleos periódicos, Navarro de Andrade (1961) ilustra este manejo con plantaciones de *Eucalyptus saligna* establecidas con marcos de plantación de 2x2 m y rotaciones de 30-40 años con aproximadamente 7 raleos para obtener grandes trozas para aserrío en la tala final, coincide con Hillis y Brown (1984) en tal manejo.

Por considerar que dentro del método de manejo la densidad inicial de plantación y el régimen de raleos constituyen aspectos de particular importancia, en los epígrafes siguientes se abordan en detalle.

2.4.1 Densidad inicial de la plantación

Trabajos realizados por diferentes autores y en diferentes regiones del mundo sobre el espaciamiento inicial permiten plantear varias generalizaciones (Hillis y Brown, 1984):

La reducción del espaciamiento, es decir, incremento en la densidad inicial generalmente reduce la altura media (aunque no necesariamente la altura dominante), el diámetro medio, el tamaño de las ramas y estrecha la forma del árbol, por otra parte incrementa el área basal y el volumen total (aunque no necesariamente el volumen comercial); y los estudios australianos sobre el efecto del espaciamiento en el crecimiento del eucalipto han demostrado que son esencialmente los mismos que los producidos en otras especies de similar intolerancia.

Experimentos realizados por Guimaraes (1956) en Brasil sobre espaciamientos en *Eucalyptus saligna* SM. concluyen que al aumentar el espaciamiento inicial se obtienen mayores crecimientos en altura y diámetro, comprobándose una correlación positiva entre ellos. En el experimento de referencia se expone que es aconsejable plantar a 2 x 2 m para la producción de leña a los 8 años, pues se obtienen mayores beneficios económicos, los árboles adquieren mayores dimensiones lo que permite utilizarlos para otros fines, se obtiene un menor porcentaje de árboles muertos y pueden ser mecanizables algunas operaciones de atenciones culturales. Similares conclusiones obtienen Rensi y col. (1971): "existe una correlación positiva entre diámetro y altura, los espaciamientos más amplios favorecen el crecimiento en diámetro y por consiguiente se obtiene una altura media más elevada", ellos probaron cuatro especies *E. saligna*, *E. grandis*, *E. alba* y *E. propinqua* en dos espaciamientos (3 x 1.5 m y 3 x 2 m).

En el informe del Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza, CATIE, (1986) sobre la experiencia de centroamérica en el cultivo de los eucaliptos se refiere que el crecimiento diamétrico y en altura es menor para las mayores densidades de plantación, lo cual confirma que la disponibilidad de mayor espacio lateral por planta favorece el crecimiento de la especie (experimento realizado en Nicaragua con *E. camaldulensis*). En Turrialba, Costa Rica, en experiencias similares (*E. camaldulensis*) se concluye que el área relativa por planta influye sobre el crecimiento, los mayores crecimientos en diámetros se presentaron cuando los árboles disponían aproximadamente de $4 \text{ m}^2/\text{planta}$ o en sitios donde el arreglo espacial permitía disponer de mayor espaciamiento lateral, recomendándose espaciamientos de $2 \times 2 \text{ m}$, $2.5 \times 2.5 \text{ m}$ o más en sitios de buen drenaje. Experiencias con *E. tereticornis* muestran que la mayor disponibilidad de espacio de crecimiento permite un mayor desarrollo en diámetro y altura, los datos relativos a la altura indican que hasta la edad considerada (43 meses) no se ha presentado competencia entre los árboles.

En el resultado del estudio sobre el espaciamiento inicial de las plantaciones de *Pinus caribaea* var *caribaea* en Cuba se concluye que el incremento de la distancia de plantación tiene un efecto positivo en la calidad del surtido maderable (Instituto de Investigaciones Forestales, IIF, 1987).

La decisión sobre el marco de plantación a emplear depende en primer lugar del objetivo de la plantación, además Samek (1974) agrega que el espaciamiento propuesto depende del estado del material de propagación, de la naturaleza del suelo, de la rapidez del crecimiento de la especie empleada,

de las condiciones climáticas, de la presencia y vitalidad de las malezas, del mantenimiento propuesto, del tiempo en que se desea el cierre del techo de la plantación y de las posibilidades de aprovechar los surtidos provenientes de las cortas intermedias.

Con respecto a la economía, apunta Samek (1974), un espaciamiento ralo es más conveniente, sin embargo este puede implicar algunos defectos en algunas especies (ramas gruesas) además no impide el desarrollo de malezas que pueden competir con las posturas plantadas, o no impide la erosión. Samek (1974) coincide en lo ya establecido sobre la densidad y el crecimiento en diámetro y altura. Flinta (1960), Fors (1967) y Samek (1974) coinciden en afirmar que en sitios de buena calidad son preferibles los espaciamientos ralos.

En Loudima, Congo, Martin (1970, cit. por Ugalde, 1983) llegó a la conclusión de que en *E. deglupta* el espaciamiento de 2.5 x 2.5 m es demasiado pequeño para esta especie que tiende a producir de preferencia árboles con diámetros altos a baja densidad.

En Matanzas, Cuba, Betancourt (en prensa b) obtuvo desde los 10 años un elevado porcentaje de postes de servicio público de eucaliptos utilizando espaciamientos de 2.5 x 2 m. Fors (1967) plantea que el eucalipto es intolerante y demanda completa exposición a cualquier edad, considera que el espaciamiento puede ser de 1.5 x 1.5 m para obtener al año o año y medio una primera cosecha de cujes por entresaca, dejándose la plantación a 3 x 3 m para obtener a los 10 ó 15 años postes telefónicos, traviesas y leña, afirma, también,

que de los tocones de la primera saca se pueden obtener cosechas anuales de cujes durante varios años; sin embargo los eucaliptos en densidad máxima como la anterior y especies como el *E. saligna* de hoja lanceolada relativamente ancha y horizontal, crecen rápidamente al principio y luego se resuelven en dominantes, intermedios y dominados, resultando inútil la precaución de plantar densamente. Con espaciamiento de 2 x 2 m la plantación puede ser raleada a los 3 ó 5 años, extrayéndose de 30 % a 50 % de los árboles, para cortar el resto a los 10 ó 15 años; en terrenos relativamente fértiles, concluye Fors, el espaciamiento general puede ser de 3 x 3 m para no comenzar ningún aprovechamiento hasta después de los 10 años.

Las plantaciones de *Eucalyptus* sp. en Brasil para combustible, postes y celulosa, se efectúan generalmente a 3 x 1.5 m con cultivos asociados (recomendado también por Fors, 1967) informa Flinta (1960); también dice que en Cuyo, zona árida de los faldeos orientales de los Andes se plantan eucaliptos con riegos ocasionales a 2 x 1 m o a razón de 5000/ha, estas plantaciones se ralean temprano y se destinan a postes impregnados; Hillis y Brown (1984) informan que el trabajo australiano sobre espaciamiento sugiere que una densidad óptima es alrededor de 2500/ha y que una densidad de 1100 /ha es utilizada ahora en *E. regnan* para pulpa en Strzelecki Ranges.

Jacobs (1981) resume las densidades de plantación más adoptadas mundialmente, entre 2500 y 1670 por hectárea (2 x 2 m a 3 x 2 m) para madera pulpable y postes, y entre 1330-1300/ha (3 x 2.5 m y 3.33 x 2.25 m) para trozas

aserrables, postes y madera para pasta, algunos países plantan con densidades mínimas de 625 plantas por hectárea. En Cuba los eucaliptos se han plantado con marcos de 2 x 2 m y 2 x 2.5 m (Bonilla, 1988), 2.5 x 3 m (Flinta, 1960) y en los últimos años, con el objetivo de obtener cujes para secar tabaco se plantan con densidades que oscilan entre los 1.3 x 1.3 m ó 1.5 x 1.5 m para obtener 4500 a 6000 plantas por hectárea (MINAGRI, 1988 b).

Sobre la forma del marco de plantación, Samek y Acosta (1968) y Samek (1974) plantean que la regularidad de las copas está relacionada con la calidad de los brinzales y que por eso hay que preferir, donde lo permitan las condiciones, el espaciamiento equilátero, bien en tresbolillos o cuadrados, recomiendan los tresbolillos como más convenientes, porque permiten un desarrollo regular de las copas y al mismo tiempo cubren más superficie. Del análisis de los resultados del estudio sobre espaciamiento en *Pinus caribaea* el IIF (1987) concluye que los marcos rectangulares de plantación tuvieron un efecto negativo sobre la calidad del rodal.

En resumen, la selección del espaciamiento inicial depende del objetivo de la plantación y del manejo previsto, además de los factores propios del sitio; que en los eucaliptos, al igual de otras especies de similares características, a medida que aumenta el espacio vital por planta se obtienen mayores crecimientos en altura y diámetro, y que los marcos de plantación equiláteros son más ventajosos.

2.4.2. Raleo

Los raleos son las cortas intermedias que se realizan desde la etapa de latizal hasta la etapa de fustal con la finalidad de mantener la densidad adecuada, acelerar el crecimiento, propiciar la salud y vigor de los rodales y aumentar el rendimiento final de la rotación (Samek, 1967; Samek, 1974; Alvarez y Varona, 1988).

El raleo puede ser usado para obtener beneficios comerciales tempranos (antes del turno), una producción final de más valor y disminuir la longitud del turno (Chapman, 1953, 1955; Benett, 1956 y McMinn, 1963 cit. por Andrulot y col., 1972). Los beneficios de efectuar los aclareos, según reportes de Branthé (1978) y Assmann (1961) (cit. por Mendoza, 1983), incluyen la recuperación de mortandad y la redistribución del incremento.

En teoría, el mejor momento de comenzar los aclareos es cuando la competencia comienza a afectar la tasa de crecimiento del rodal; el mayor problema lo constituye cómo determinar el número de árboles que serán removidos (Möller, 1954 cit. por Abbott y Loneragan, 1983).

El sistema de raleos aplicable a un rodal es función de el objetivo de producción del mismo, queda determinado por la calidad del sitio, la época, frecuencia, intensidad, así como el método del aclareo. La intensidad de los aclareos se estima según: el volumen de la masa extraída, el número de individuos extraídos o la disminución de la densidad o espesura (Samek, 1974). Los métodos para realizar aclareos están basados en las clases de vuelo (Fors, 1967); con respecto a las clases de vuelo de los individuos extraídos

se pueden distinguir los tipos de aclareos: por lo bajo o inferiores, por lo alto o de copas, selectivo o individual y esquemático o mecánico (Samek, 1974). En los aclareos inferiores se extraen, más o menos mecánicamente, árboles oprimidos, este tipo se basa en la teoría de que los individuos oprimidos (dominados) no sirven para la producción de madera y pueden influir negativamente sobre los árboles dominantes, se conoce también como método alemán, clasificándose su intensidad por grados, desde A hasta E, en orden creciente de intensidad (Erteld, 1952); en los aclareos superiores se extraen árboles predominantes y algunos dominantes, ya que se basan en la teoría de que el máximo de madera la producen los dominantes, y los predominantes a veces pueden perjudicarlos. En los aclareos selectivos se extraen la mayoría de los individuos dominantes y de los individuos oprimidos (Fors, 1967; Samek, 1967), aclara Samek (1974) que este tipo de aclareo evalúa cada individuo del rodal particularmente con respecto a su valor silvicultural. Un último tipo, el mecánico o esquemático es aplicable sólo en plantaciones de espaciamiento regular y relativamente denso y consiste en la extracción geométrica de los individuos (Samek, 1974).

La respuesta de los eucaliptos a la reducción de árboles en competencia es la típica de las especies más intolerantes, responden marcadamente los árboles dominantes, no así los suprimidos o dominados; en la mayoría de los casos el aclareo en eucaliptos debe ser fuerte, temprano y desde abajo, plantean FAO (1961) y Hillis y Brown (1984).

Experimentos en *Eucalyptus marginata* (Abbot y Loneragan,

1983) concluyen que en rodales con densidad excesiva se produce una disminución de la producción comercial, por lo que en aquellos destinados a la producción de madera de dimensiones, el raleo tiene ventajas como la de que los árboles remanentes del raleo alcanzan mayores dimensiones que en rodales no raleados, disminuyéndose la longitud del turno. El experimento permite confirmar el concepto generalizado de que un rodal en un sitio dado produce el mismo incremento, en área basal, en un menor número de árboles (los cuales utilizan completamente el sitio) como un gran número de árboles en un rodal sobredenso.

Ugalde (1983) en un experimento de raleos en plantaciones de *Eucalyptus deglupta* en Costa Rica concluye que los raleos del 60 % del número de árboles (comparado con sin raleo y raleo del 40 %) además de ser más rentables y ofrecer un adecuado espacio para el desarrollo del dosel, permitió distribuir el incremento, que fue similar al de los tratamientos de 0 % y 40 %, en un número menor de árboles de mejor forma y calidad.

Jacobs (1955 cit. por Abbot y Loneragan, 1983) ha recomendado que un aclareo de 20-40 % del área basal es una práctica forestal razonable. Este mismo autor (cit. por Flinta, 1960) también considera que un buen crecimiento se obtiene manteniendo el área basal en $44 \text{ m}^2/\text{ha}$.

En Misiones, Argentina, se aprecia que áreas basales de $33-37 \text{ m}^2/\text{ha}$ resulta adecuado en *Eucalyptus saligna*. En Brasil tablas preliminares sobre máximas áreas basales para asegurar un buen crecimiento dan valores de $85-95 \text{ m}^2/\text{ha}$ en *Eucalyptus sp.* y de $56.8-83 \text{ m}^2/\text{ha}$ para *Eucalyptus citriodora*.

(Flinta, 1960).

Jacobs (1981) reporta algunos programas de raleos de eucaliptos: en Sri Lanka plantaciones de eucaliptos con turno de 40 años se ralean a los 9 y 19 años, con intensidades de 57 y 70 m³ respectivamente, para obtener en la tala final 175 m³/ha; en Uruguay para *Eucalyptus globulus* se aplican dos raleos, el primero a los 6-7 años, el segundo a los 10-11 años, entre los dos se extraen el 70 % de los árboles, la tala final a los 16 años, cortándose los 500 restantes; en Papua, Nueva Guinea, plantaciones de 480 árboles/ha y tala rasa a los 25 años se limpian a los 5 años, a los 10 años se dejan 244 árboles y 99 a los 15 años; *Eucalyptus grandis* en Africa del Sur se plantan con densidad inicial de 1100 árboles por hectárea y se aplican raleos fuertes a los 3 1/2, 5, 8 y 12 años, se dejan para la tala final 110 árboles/ha; también para esta misma especie en Africa del Sur con turnos de 30 años, densidad inicial de 1330 árboles, se aplican 6 raleos dejándose 100 con diámetros de 56-61 cm. En Zambia plantaciones de *Eucalyptus grandis* se manejan con rotaciones de 12 años, densidad inicial de 720 árboles/ha, tres raleos a los 2, 5 y 9 años, para dejar 100 árboles con diámetros de 33,5 cm .

Hillis y Brown (1984) explican un ejemplo de manejo de plantaciones de eucaliptos de corta rotación para trozas aserrables recomendable para especies de crecimiento rápido en buenas calidades de sitio, indican el raleo cuando la altura tope alcance entre 10-12 m, remueven todos los árboles, y dejan 150-250 de los mejores; consideran que este tratamiento produce al menos 100 árboles con un diámetro

medio de cerca de 70 cm y un fuste limpio de 8-9 m .

En Cuba la Norma Ramal 595 de la Agricultura (MINAGRI, 1983) regula la realización de los tratamientos silvícolas en los bosques del país, estableciendo los requisitos y parámetros técnicos para ejecutar los raleos, donde se clasifican atendiendo a las especies y el rango en que se aplican los mismos. A los eucaliptos corresponde el llamado Raleo I, que se aplica a las especies de crecimiento rápido entre las edades comprendidas de 5 a 10 años, con una frecuencia de cinco años entre uno y otro, el método de raleo corresponde al selectivo y su intensidad es determinada por la relación porcentual entre el volumen a obtener y el existente, aunque en la práctica se calcula en dependencia de la relación entre el área basal actual y la establecida, por la escala de densidades de la norma, para la altura media de la plantación, considerándose el valor de 0.7 como óptimo, al cual debe quedar reducida la densidad después del raleo.

2.5 Estudios de crecimiento y rendimiento

El conocimiento de las características del crecimiento y del rendimiento del bosque constituye objeto de estudio de la Dasometría y particularmente de la Epidometría (Corral, 1935; Mackay, 1964), y es a su vez fundamental en la Ordenación Forestal, disciplina científica para la organización productiva del monte.

La definición de un modelo de bosque ha sido la meta a buscar por la ordenación, en el cual se tendría una producción ininterrumpida, no declinante, a perpetuidad y que correspondiera con la producción potencial máxima para la calidad de estación del lugar, especie y técnica

disponible en cada bosque en particular, esto es el bosque normal (Mendoza, 1983).

El resultado de la investigación dasonómica constituye el modelo del bosque en estudio y corrientemente se denomina tabla de producción, tabla de crecimiento y rendimiento, y últimamente modelo de crecimiento y rendimiento (Mackay, 1961; Anuchin, 1970; Loetsch y col., 1973; Husch y col., 1982) los cuales son gráficos y compilaciones numéricas que representan el desarrollo de rodales agrupados por especies y clases de sitios. Por crecimiento se entiende el fenómeno de desarrollo del árbol o masa observado en ellos íntegramente, al crecimiento en un tiempo determinado se le denomina incremento (Klepac, 1976). El crecimiento e incremento pueden ser referidos a cualquier característica medible del árbol o masa, tales como altura, diámetro y volumen, sin embargo, para esta última característica se utiliza el término de rendimiento o producción, cuando se refiere a una masa en un tiempo y en un área determinados, bajo condiciones específicas de crecimiento (Carron, 1968; Loetsch y col., 1973). Los valores numéricos del desarrollo del rodal son expresados en relación a la unidad de área (1 ha), en general las variables más utilizadas para la descripción del desarrollo de rodal son la edad, el número de árboles, el diámetro promedio, la altura media, el área basal, el volumen y su incremento, pueden incluir el coeficiente mórfico, el volumen del árbol medio, la producción de las cortas intermedias y la distribución del volumen en surtidos según explican Mackay (1961), Carron (1968), Loetsch y col. (1973), Klepac (1976) y Husch y col.

(1982).

Afirma Loetsch y col. (1973) que las primeras tablas de producción fueron construidas hace ya más de 200 años en Alemania, pueden citarse las de Heinrich von Cotta, publicadas en 1819 (Mackay, 1961).

En un primer momento se construían para las especies forestales más importantes y constituían tablas generales, sin embargo se llegó a la conclusión de que deben ser preparadas para áreas de manejo individual, explica Klepac (1976).

Los métodos de construcción de las tablas de rendimiento han evolucionado desde aquellos principalmente gráficos a los analíticos (Wright, 1983). Hoy en día la preparación de modelos matemáticos mediante la aplicación de las más modernas técnicas estadísticas y de computación es una práctica corriente.

Las tablas de crecimiento y rendimiento son clasificadas, según Carron (1968); Loetsch y col. (1973); Husch y col. (1982), en :

- normales, que definen las características del crecimiento y rendimiento en densidad normal, que de acuerdo con Orlov (s.f. cit. por Anuchin, 1970) es el rodal que para una determinada forma de masa, especie, edad y sitio utiliza completamente todos los recursos naturales disponibles.
- empíricas, que son similares a las tablas normales pero su construcción esta basada en el comportamiento promedio de los rodales que la originan.
- densidad variable, caso particular de las empíricas, donde la densidad constituye una variable independiente.

Las tablas de crecimiento y rendimiento modernas están formadas por un sistema de ecuaciones matemáticas que predicen el desarrollo del rodal en función de las variables independientes que determinan el tipo de tabla: la edad, el índice de sitio y la densidad (Bartet y Bolliet, 1976).

Alder (1980) clasifica los modelos de crecimiento y rendimiento por el método empleado en su construcción en dos tipos: estáticos y dinámicos. Los primeros son aquéllos en que la predicción del rendimiento es función de la edad, de la clase de sitio y de la historia de la densidad del rodal. Son relativamente simples de construir, su principal inconveniente radica en que su predicción se restringe a la secuencia de tratamientos históricos predefinidos en los datos usados en su construcción. Los segundos contemplan tasas de cambio dentro de un sistema; en lo concerniente a estudios de rendimiento forestal, esto significa que la predicción básica es el incremento del diámetro, área basal o volumen. Ellos tienen la ventaja de ser más representativos de la verdadera causa y efecto entre la densidad del rodal y su rendimiento. No tienen la limitación de que los datos deben representar series consistentes de historias del rodal, y consecuentemente pueden ser utilizados para analizar y sintetizar datos de muy diversos tipos de parcelas de experimentos y de muestreo.

Las tablas de producción elaboradas hasta la primera mitad del presente siglo constituyen modelos estáticos, la posibilidad que brindan las técnicas de computación ha permitido el paso a los modelos dinámicos y particularmente la elaboración de modelos de simulación computarizados lo

cual constituye hoy un problema de actualidad que enfrenta la investigación dasonómica (Pretzch y Bossel, 1988).

La forma de las funciones de algunos de los más conocidos modelos de crecimiento y rendimiento han sido estudiados por Sadiq (1981 cit. por Sadiq y Becwith, 1986) y basado en sus similitudes los clasifica en tres categorías :

1 - Modelos de rodales o de variables combinadas; como por ejemplo, el de la fórmula australiana de Stoate (1945), utilizada por Sadiq y Becwith (1986).

2 - Modelos de edad, sitio y densidad; se citan como ejemplos los modelos de Buckman (1962) y Clutter (1963), descritos por Husch y col. (1982).

3 - Modelos biomatemáticos: como el de Moser y Hall (1969 cit. por Husch y col., 1982).

Según Mackay (1961); Carron (1968); Anuchin (1970); Loetsch y col. (1973) y Husch y col. (1982), la elaboración de las tablas de rendimiento comprende varias tareas de investigación, las cuales pueden ser resumidas en las siguientes :

- Definición de los medios para la estimación de los volúmenes de interés.
- Desarrollo de un sistema de clasificación de los sitios
- Establecimiento de la norma de densidad del rodal.
- Formulación de la estructura dimensional del rodal

La base informativa para la construcción de las tablas de rendimiento la constituye el muestreo de rodales mediante el establecimiento de parcelas de prueba permanentes y temporales, así como parcelas experimentales para el estudio del efecto de los raleos. Las parcelas permanentes son

consideradas como la contribución más importante para los modelos de crecimiento y rendimiento (Loetsch y col., 1973; Alder, 1980), han sido utilizadas en la construcción de la mayoría de las tablas publicadas en las últimas dos décadas (Lembcke y col., 1981; Wright, 1983); Borders y Bailey 1986; Sadiq y Becwith, 1986; Knoebel y col., 1986; García y Tella, 1986); los experimentos son la fuente de datos más eficiente y útil para la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento, sin embargo, la utilidad de muchos experimentos llevados a cabo en investigaciones forestales está limitada por falta de una clara representación del modelo matemático que va a comprobar el experimento, plantea Alder (1980), las parcelas de muestreo temporales son consideradas menos útiles como fuente informativa, sin embargo constituyen una alternativa menos costosa y no menos útil como lo demuestran Nilsson (1961) y Vuokila (1967) (cit. por Loetsch y col., 1973), Bailey y col. (1982) y también Báez (1988) en Cuba. En Cuba se han comenzado a dar los primeros pasos en la elaboración de los modelos de crecimiento y rendimiento de las principales especies cultivadas, Löschau (1974 cit. por Bobkó y Aldana, 1981) construyó tablas de rendimiento para el *Pinus caribaea* en Cajalbana, Pinar del Río; De Nacimiento y col. (1983) confeccionan con los valores medios por clases de edades de parcelas temporales de muestreo una tabla de rendimiento para *Pinus caribaea* en Pinar de Río; las tablas preliminares de crecimiento y rendimiento para *Eucalyptus* sp. en Pinar del Río propuestas por Martínez y col. (1983) y también por Peñalver (1985), elaboradas por procedimientos estadísticos, con datos de parcelas

temporales, constituyen antecedentes directos del presente trabajo. Recientemente, Báez (1988) presentó las tablas de producción para *Casuarina equisetifolia* en el sur de La Habana. Seguidamente se trata sobre las particularidades de la construcción de los sistemas de ecuaciones que componen estos modelos.

2.5.1 Determinación del volumen de madera.

Los métodos para la determinación del volumen de madera contenido en el tronco del árbol, lugar donde se concentra la mayor parte de la madera aprovechable, han sido objeto de estudio desde hace más de dos siglos (González, 1981). Pueden clasificarse en dos grupos, según Carron (1968) y Caillez (1980), de medición directa e indirecta. Los primeros se refieren a los procedimientos basados en la medición de las variables del tronco o partes de él que permitan calcular su volumen utilizando la fórmula geométrica apropiada. Su fundamento lo constituye la semejanza existente entre la forma del fuste o partes de éste con figuras geométricas tales como el cono, paraboloides y neiloide y por lo tanto se deduce que las leyes de la estereometría son aplicables a la determinación de su volumen, tales son los conocidos métodos de cubicación por secciones de Huber, Smalian y Newton (Carron, 1968; Loetsch y col., 1973; Caillez, 1980; González, 1981; Husch y col., 1982); también ha sido utilizada la xilometría, procedimiento que consiste en la medición del volumen de líquido desplazado por el tronco, o sus partes, este método es de uso limitado a investigaciones especiales (Martin, 1984); el conocimiento de la densidad de la madera permite

la aplicación de otro más directo, pesándose la madera (Loetsch y col., 1973; González, 1981; Husch y col., 1982). Los métodos de medición directa del volumen de madera sólo son posibles, prácticamente, en árboles apeados lo cual constituye su principal restricción, son usados preferentemente en la cubicación de madera en almacenes y en investigaciones, aunque han sido desarrollados dendrómetros, como el Spiegel Relaskop y el Tele Relaskop (Loetsch y col., 1973; Gonzalez, 1981; Husch y col., 1982) basados en la teoría de Bitterlich (Bitterlich, 1960) los cuales permiten la medición a distancia de alturas y diámetros.

Los métodos de medición indirecta comprenden los procedimientos que permiten determinar el volumen mediante el conocimiento de su relación con variables de más fácil medición, como el diámetro y la altura; esta relación se conoce como tabla o tarifa de volumen y es establecida gráfica o analíticamente (Carron, 1968; Loetsch y col., 1973; Caillez, 1980; Husch y col., 1982); Los mismos son utilizados en la estimación del volumen de árboles en pie, aislados o en masa, dadas las dificultades prácticas de hacer evaluaciones directas de volúmenes en árboles en pie (Caballero, 1972).

Los métodos utilizados universalmente para la elaboración de las tablas de volumen son los analíticos, específicamente mediante las técnicas estadísticas de correlación y regresión, los cuales se emplean en :

- 1 - La determinación analítica de la relación empírica entre el volumen de interés y las variables del árbol que serán medidas (ecuaciones de volumen).

2 - El cálculo del volumen mediante la reducción del volumen del cilindro de igual diámetro y altura que el árbol por un coeficiente de forma (fórmulas de coeficientes mórficos)

3 - La integración de la función que describe la forma del perfil del fuste.

Los procedimientos de construcción de las ecuaciones de volumen se hace universalmente por el método de los mínimos cuadrados, mediante el análisis de regresión, el volumen individual de un árbol se obtiene por sustitución en la función de volumen de aquellas variables (diámetro y altura, generalmente) que constituyen sus entradas y fueron medidas, clasificándose en tablas locales o de una entrada (volumen en función del diámetro) y tablas estandar o de doble entrada (volumen en función del diámetro y la altura).

Loetsch y col. (1973) resumen los principales modelos matemáticos empleados en la construcción de tablas de volumen, agrupándolos por el número de variables independientes. Estos autores valoran que la tablas de volumen en función del diámetro y la altura producen estimaciones más exactas, plantean que el gran número de fórmulas que se han producido indica que ninguna es de aplicación general a todas las especies y condiciones.

Jacobs (1981) informa sobre algunas de las ecuaciones que se han publicado para la estimación del volumen en *Eucalyptus*, dos de ellas, la de Ciancio (1970) para *Eucalyptus camaldulensis* en Italia y la de Kingston (1972) para el *Eucalyptus grandis* en Uganda, constituyen variaciones de la fórmula de Meyer (Loetsch y col., 1973):

$$v = b_1d + b_2d^2 + b_3d^2h + b_4dh \quad \text{Ciancio (1970)}$$

$$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d h + b_3 d^2 h \quad \text{Kingston (1972)}$$

y la fórmula de la variable combinada de Spurr (1952):

$$v = b_1 + b_2 d^2 h \quad \text{Loetsch y col. (1973)}$$

utilizada por Chaturvedi (1973) y Chaturvedi y Pandé (1973) en la India.

Ugalde y Otárola (1984) encuentra como el mejor modelo la ecuación de Schumacher-Hall (Loetsch y col., 1973):

$$\log v = a_1 + a_2 \log d + a_3 \log h$$

para el *Eucalyptus camaldulensis* en Nicaragua.

En Cuba la primera tabla de volumen construida por procedimientos estadísticos matemáticos es la publicada por Burley y col. (1971) para el *Pinus caribaea*, quienes determinan como el mejor modelo la fórmula de Stoate (Australiana) (Loetsch y col., 1973):

$$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$$

También para esta especie se han presentado otros modelos, Lockow y col. (1982) y Gra y col. (1987) utilizan la fórmula de Schumacher-Hall, De Nacimiento y col. (1983) propone el modelo de la variable combinada. Báez (1988) obtiene como mejor ecuación la fórmula de Schumacher-Hall para la estimación del volumen total de la *Casuarina equisetifolia*. Martínez y col. (1983) y Díaz y Abrego (1985) presentaron como mejor solución la ecuación de la variable combinada para la estimación de volúmenes en el *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río.

El factor de forma o coeficiente mórfico constituye una expresión abstracta de la forma del árbol por cuanto relaciona su volumen real y el de un cilindro de la misma altura y diámetro normal. Es un valor de uso práctico para

la determinación del volumen de árboles en pie, puede ser utilizado como un valor promedio por clases de diámetros y alturas para la cubicación de árboles individuales y tiene singular importancia para la cubicación de árboles en pie por el método de Bitterlich (Loetsch y col., 1973) empleándose en la República Democrática Alemana en los trabajos prácticos de inventario forestal con fines de ordenación (Fortswirtschaftlichen Institut, 1964).

En Cuba es de uso oficial (MINAGRI, 1983; C.I.F., 1980) la fórmula del coeficiente mórfico empírico desarrollada por Montaña y Eremeev (1977) :

$$v = g (h + 3) f$$

donde g es el área basal del árbol, h la altura total y f el coeficiente mórfico determinado para grupos de especies.

Dado el desarrollo alcanzado en la elaboración de tablas mediante el uso de ecuaciones de volumen, algunos autores han expresado la opinión de que la teoría de los factores de forma es una etapa pasada en la medición forestal y puede ser descartada en la práctica moderna (Anuchin, 1970).

Si un tronco es bisecado por un plano vertical, se obtendrá una figura sobre el plano limitada por una curva, cuya descripción analítica hace posible el cálculo del volumen (Mackay, 1964; Anuchin, 1970)

La asimilación de la forma del tronco por una función matemática no deja de ser una aproximación, pues no debe olvidarse que ningún árbol constituye una forma geométrica perfecta. Para simplificar se asume que el fuste es un cuerpo en revolución en el cual cada una de sus secciones son circulares, lo que tampoco es estrictamente cierto

(Anuchin, 1970), por lo que el volumen calculado por cualquier ecuación no dejaría de ser una aproximación de su verdadero volumen.

Además de la formulación empírica del perfil del fuste sobre la base de su similitud con formas geométricas, Schwendever, Metzger, Kozitsyn, Hohendal, Ilinen (cit. por Anuchin, 1970), tratan de fundamentar la forma del árbol bajo consideraciones mecánicas, asumiendo que éste es un cuerpo sólido de resistencia uniforme a la acción de las fuerzas de la gravedad y el viento; por otro lado Jacquard (1913 cit. por Anuchin, 1970) argumenta justificaciones fisiológicas de la forma del árbol, al considerarlo como cuerpo conductor de agua; en fecha más reciente, Larson (1962 cit. por Carron, 1968) desarrolla su teoría hormonal donde ofrece una explicación fisiológica al crecimiento de los árboles y de la diferencia de sus formas.

La aplicación práctica del método de los perfiles no es posible hasta después del comienzo de la segunda mitad del presente siglo, ya que el excesivo gasto de tiempo en la realización de los cálculos constituía una fuerte limitación. La introducción de la computación y modernos métodos de análisis estadísticos, así como los cambios en la tecnología de explotación forestal lo ponen a la orden del día y recibe un fuerte impulso.

Del análisis de trabajos publicados sobre este método (Martin, 1984, Reed y Green, 1984, Lowell, 1986, Newberry y Burkhart, 1986, McClure y Czaplewski, 1986 y Parresol y col., 1987), puede afirmarse que el procedimiento más utilizado es el de definir analíticamente la forma de la generatriz del

tronco mediante alguna ecuación matemática, procedimiento que se ha dividido en dos variantes :

- 1 - Utilizar un modelo matemático único para todo el perfil.
- 2 - Emplear dos o más modelos.

Usar una ecuación única o más de una depende de las características de la forma de la especie, de la precisión que se quiera y del objetivo del modelo. En general la construcción de la ecuación del perfil del fuste se basa en la medición de diámetros a intervalos de alturas en una muestra de árboles representativos de alguna característica de interés (especie, región, sitio, dimensiones, etc.). Estas mediciones de diámetros y alturas son transformadas de manera que el conjunto de mediciones correspondiente a cada árbol puedan ser ajustadas por una misma ecuación con independencia de las dimensiones absolutas de cada árbol. La forma matemática que modela con mayor eficacia el perfil del fuste es un polinomio de orden indeterminado :

$$y = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{n-1}$$

En general dan buenos resultados las curvas denominadas parábolas, entre ellas las simples, cuadráticas y cúbicas. De hecho las conocidas fórmulas de cubicación de Huber, Smalian y Newton-Simpson, pueden ser deducidas de esas formas matemáticas (Anuchin, 1970). En Cuba este método ha sido aplicado por González y Pacheco (1986), Peñalver (1987), Orquin (1987) y Rodríguez (1988).

2.5.2 Evaluación de la calidad de los sitios

La primera fase de un estudio de crecimiento y rendimiento es la elaboración de un sistema para la clasificación de la productividad de los sitios forestales los cuales

constituyen el conjunto de factores edáficos y bióticos que determinan la permanencia y la intensidad de la producción de la biomasa de determinada comunidad forestal, sea esta natural o creada por el hombre (Alvarez y Varona, 1988).

En general, dos métodos han sido universalmente utilizados para esta clasificación (Loetsch y col., 1973; Bobkó y Aldana, 1981; Husch y col., 1982; Alvarez y Varona, 1988):

1 - Clasificación relativa del sitio: evaluación de uno o más factores individuales del sitio (características del suelo, clima, vegetación de los estratos herbáceos y arbustivos, etc.) que son considerados estrechamente asociados al crecimiento de los árboles.

2 - Clasificación absoluta del sitio: medición de aquellas características dasométricas del rodal que constituyen una expresión de la calidad del sitio.

El primer sistema de clasificación fue desarrollado por primera vez por Cajander (1909, 1949) en Finlandia (cit. por Loetsch y col., 1973) junto con Morozov son los fundadores de la tipología de bosques (cit. por Klepac, 1976). El método ha sido aplicado en Cuba por Thomasius (1974) para la clasificación de sitios en los pinares de Cajalbana, Pinar del Río, y utilizada por Aldana (1983), también Báez y col. (1980) la proponen para los bosques de Cuba en base a la humedad y fertilidad de los suelos. Este sistema no goza de gran popularidad en su aplicación práctica por la dificultad en relacionar la productividad del sitio con las características del suelo, los detalles topográficos, etc., por las dificultades para medir y porque muchas de esas características tienen un efecto diferente sobre el

crecimiento (Rennie, 1963 cit. por Loetsch y col., 1973 y por Carron, 1968). Este método constituyó la tendencia de clasificación de los sitios forestales en Rusia en el siglo pasado y no fue efectivo (Anuchin, 1970). No obstante el problema ha sido siempre de interés dada la necesidad de pronosticar el potencial productivo de los sitios deforestados (Bara, 1966; Kinloch y Page, 1966; Czarnowski, 1966; Keenan y Candy, 1983; Hunter y Gibson, 1984; Schmidt y Carmean, 1988).

El método de clasificación absoluta de los sitios forestales es el mayormente utilizado, pues indica directamente la magnitud de la producción, al emplear variables cuantitativas directamente relacionadas con la productividad del rodal. De las variables dasométricas del rodal, es la altura media la más usada, de acuerdo con la Ley de Eichorn (cit. por Klepac, 1976) "la producción total de una masa coetánea está en función de su altura media".

En Cuba es empleada oficialmente la altura media en los bosques de pinos del país para la clasificación de la calidad de sitio (MINAGRI, 1984 b).

En la actualidad, en lugar de la altura media del rodal se utiliza la altura media de los árboles dominantes por ser un valor casi insensible a las diferencias de densidades de los rodales (Loetsch y col., 1973; Klepac, 1976; Halaj, 1978 cit. por Alvarez y Varona, 1985; Alder, 1980). Sobre la base del valor de la altura media dominante, Peñalver (1984) propuso la división de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. en Pinar del Río en tres calidades de sitios, por el mismo procedimiento, Báez (1988) divide el potencial productivo de

las plantaciones de *Casuarina equisetifolia* del sur de la Provincia La Habana en tres calidades de sitios.

La modelación matemática del crecimiento de la altura ha sido abordada fundamentalmente; estudiándose la relación empírica entre la altura y la edad a través de las técnicas estadísticas de análisis de regresión. Esto ha dado lugar a las ecuaciones de Mitscherlich (monomolecular), de Gaumpertz, logística y exponencial las cuales, según demuestra Richards (1959 cit. por Green y col., 1984) y Del Valle (1986), son formas particulares de la ecuación de von Bertalanffy (1938) (o función de Chapman-Richards), que es el resultado de la formulación de la teoría del crecimiento del mismo autor (von Bertalanffy).

Actualmente la función de von Bertalanffy es ampliamente aprovechada como modelo de crecimiento forestal: Brickwell (1968 cit. por Husch y col., 1982), Bartet y Bolliet (1976), Bailey y col. (1982), Wright (1983), Green y col. (1984), García (1984), Aguirre y Zepeda (1985), son algunos de los trabajos publicados. Las variantes del modelo de Chapman-Richards empleados por los autores mencionados requieren de la aplicación de procedimientos de análisis de regresión no lineales para la estimación de sus coeficientes, de aquí que se prefiere por algunos autores la forma exponencial de la relación altura-edad conocida como ecuación de Schumacher (1939) (Keoght, 1979; Alder, 1980; Lemckert, 1980) la cual puede ser ajustada directamente por el método de los mínimos cuadrados. Borders y Bailey (1986) después de probar algunos modelos de altura-edad lineales y no lineales, la seleccionan finalmente por su ajuste

estadístico y simplicidad.

2.5.3. Distribución diamétrica

El ajuste matemático de las distribuciones de frecuencias del diámetro mediante alguna función de densidad probabilística conocida ha sido uno de los principales objetivos de la investigación dasonómica en este campo. En 1898 De Licourt (cit. por Hafley y Schreuder, 1977) aplica la distribución exponencial a rodales disetáneos, estudios efectuados por Gingrich (1967 cit. por Husch y col., 1982) han demostrado que la distribución de frecuencias del diámetro de rodales coetáneos puede ser ajustada por la distribución normal, utilizada por Stephan (1980) y Stephan y Betancourt (1983) en *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis* en Cuba respectivamente. Assmann (1961) y Prodan (cit. por Hafley y Schreuder, 1977 y Anuchin, 1970 respectivamente) plantean que las distribuciones diamétricas son generalmente asimétricas.

Tyrin (cit. por Anuchin, 1970) y Husch y col. (1982) concluyen que la distribución de árboles en clases diamétricas es independiente de la especie, de la calidad de sitio y de la densidad (número total de árboles por unidad de superficie) y que sólo manifiesta cierta dependencia de la edad y de las cortas intermedias realizadas.

El principal problema en el ajuste de las distribuciones diamétricas ha sido la selección de la función de densidad apropiada, plantean Hafley y Schreuder (1977). Estos autores consideran que los principales requisitos que debe tener la función de densidad seleccionada son :

1- Ser relativamente simple de ajustar, en cuanto a la

determinación de los parámetros que la caracterizan.

2- Ser lo suficientemente flexible para representar adecuadamente la variedad de formas que puedan presentarse.

3- Ser de fácil integración, para permitir el cálculo de las frecuencias esperadas en cada clase de diámetros.

4- Que ajuste satisfactoriamente a la distribución observada.

- Varias han sido las funciones de densidad acogidas para modelar la distribución de frecuencias del diámetro, las más aplicadas han sido: la función exponencial (De Licourt, 1898), ya mencionada, la función Beta (Euler 1768) propuesta por Loetsch y col. (1973) para el ajuste de cualquier forma de distribución de diámetros, esta función se ha usado en la construcción de modelos de simulación del crecimiento de rodales de *Eucalyptus globulus* (Goodwing y Candy, 1986); la distribución Weibull introducida en la Dasonomía por Bailey y Dell (1973 cit. por Little, 1983) ha sido ampliamente aprovechada, dada su habilidad para representar variedad de formas y grados de simetría, en la simulación de rodales tanto mixtos como disetáneos, como reportan los trabajos de Schreuder y col. (1979), Little (1983), Krug y col. (1984), Burkhart (1984), Cao y Burkhart (1984), Rennolls y col. (1985) y Zutter y col (1986); Hafley y Schreuder (1977) emplean por primera vez la distribución Johnson y prueban su superioridad sobre las distribuciones Beta, Weibull, lognormal, Gamma y normal en el ajuste de distribuciones de frecuencias de diámetros de rodales coetáneos.

2.5.4. Densidad del rodal

La determinación del número de árboles que pueden crecer en

la unidad de superficie en un momento y sitio determinados constituye un complejo proceso de estudio, el cual involucra, prácticamente a todas las variables dasonómicas que caracterizan un rodal.

La densidad del rodal determina el nivel de utilización del sitio forestal por la masa boscosa, es uno de los indicadores más importantes para el manejo forestal. El número de árboles, la suma de áreas basales y el volumen por unidad de superficie son indicadores de densidad, absolutos, en contraposición con la llamada densidad relativa, que compara la densidad actual con un valor máximo, óptimo y usualmente denominado normal, el cual indica el máximo aprovechamiento de la capacidad productiva del sitio forestal (Orlov cit. por Anuchin, 1970); este último concepto es teórico, en la práctica esta situación no se produce corrientemente, Mackay (1964) afirma que la normalidad es un límite, si bien posible, de corta duración. Idealmente el volumen por hectárea es el mejor indicador de densidad o de aprovechamiento de la calidad del sitio forestal, pero su determinación tiene serios inconvenientes: el volumen es función de otras variables del rodal y los intereses de la producción pueden variarlo; estas dos razones fundamentales han conducido a utilizar preferentemente el área basal y el número de árboles (Gingrich, 1967 cit. por Loetsch y col., 1973).

Assmann (1955 cit. por Sterba, 1987) plantea que se ha demostrado para un número de especies que el rendimiento en volumen bruto a una edad dada, en un sitio determinado con un definido régimen de aclareo puede variar grandemente.

Según Sterba (1987) se considera obvio que esa variación en la producción bruta puede ser causada por cambios en la ~~densidad~~ potencial, la cual, más o ~~menos~~, ~~no~~ está correlacionada con la calidad del sitio, por tal motivo han sido desarrolladas algunas tablas de rendimiento que no sólo dependen del valor del índice de sitio, sino también de una segunda medida llamada nivel de producción que es una expresión de la parte de la variación de la densidad potencial del sitio que es independiente de su índice de sitio. Las tablas de Assmann y Franz (1963 cit. por Loetsch y col., 1973), así como las de Lembcke y col. (1981), indican para un determinado índice de sitio la variación del potencial de producción, determinándose tres niveles de producción en base al valor de la llamada área basal óptima, la cual corresponde con el máximo potencial de crecimiento, de manera que el nivel de producción es más alto cuanto mayor sea el diámetro medio o menor el número de árboles (Franz, 1967).

De acuerdo con Carron (1968), el índice de densidad debe ser simple y objetivo, definible en términos relativos y absolutos, debe estar correlacionado con las otras variables dasométricas del rodal, así como ser independiente de la edad y el sitio.

Muchas medidas de densidad han sido propuestas, las más utilizadas se explican a continuación :

El área de incidencia o crecimiento es el espacio que necesita un árbol para desarrollarse óptimamente, el área de la proyección de la copa del árbol ha sido considerada una medida adecuada del área de incidencia (Corral, 1935); la

suma de las proyecciones de las áreas de copa de los árboles de un rodal, en relación al terreno ocupado constituye un indicador utilizado en las evaluaciones silviculturales, los estudios ecológicos y fisiológicos; debe recordarse que el crecimiento del árbol depende de la magnitud del trabajo fotosintético que realiza la planta, concretamente la copa por lo que su diámetro constituye un adecuado indicador del espacio vital del árbol (Sprinz y Burkhardt, 1987). La cubierta de copas expresada en por ciento es más una medida del terreno cubierto que un índice de densidad. Investigaciones desarrolladas por diferentes autores (Krajicek y col., 1961 cit. por Stephan, 1980; Volkhart, 1971) han demostrado que la relación entre el diámetro de la copa y el del fuste es específico para la especie y puede estimarse invariable con respecto al sitio. Al estudiar dicha relación en árboles que crecen con y sin competencia, Stephan (1980) y Stephan y Betancourt (1983) han propuesto la caracterización numérica de la disminución de la cantidad de árboles por hectárea con el aumento en diámetro para las plantaciones de *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis* en Cuba; similares análisis han sido desarrollados por Peñalver (1985) para *Eucalyptus* sp. en Pinar del Río.

El Factor de Competencia de Copas (FCC) propuesto por Krajicek y col (1961 cit. por Husch y col. 1982), utilizado en Norteamérica, constituye una medida de la densidad del rodal, se basa en la relación entre el diámetro de la copa y el diámetro normal de árboles en crecimiento sin competencia; el FCC estima el área disponible para cualquier árbol en un rodal en relación a la máxima área que pudiera

usar si creciera libre de competencia; sus autores afirman que este índice es independiente de la calidad del sitio y de la edad del rodal. Carron (1968) menciona la aplicación de Curtin (1964) para *Eucalyptus obliqua* en Australia. La Razón Arbol-Área (*Tree-Area Ratio*) es un índice propuesto por Chikman y Schumacher (1940 cit. por Husch y col. 1982), también plantean que es independiente de la edad y el sitio. Esta medida está basada en la tesis de que el espacio necesario para el crecimiento de un árbol es función de su diámetro normal.

El Índice de Densidad de Reineke (1933 cit. por Mackay, 1964; Loetsch y col., 1973 y Husch y col., 1982) relaciona directamente el número de árboles con el diámetro medio (las dos partes componentes del área basal) expresados en forma logarítmica :

$$\log N = b_0 - b_1 \log d_g$$

Se define como el número de árboles por unidad de superficie expresado como un porcentaje del número normal para el mismo diámetro promedio en rodales no manejados.

En rodales homogéneos y coetáneos, como es el caso de las plantaciones, donde las dimensiones de los árboles se distribuyen simétricamente (dentro de ciertos límites) y con determinada regularidad sobre el área, aproximadamente siguiendo la distribución de Poisson (Cox, 1971 cit. por Loetsch y col., 1973), el número de árboles puede ser un indicador de densidad eficiente, plantea Carron (1968); el diámetro promedio, por otro lado, es una importante variable del rodal directamente relacionada con el volumen. El Índice de Densidad de Reineke (IDR) ha sido ampliamente utilizado

en Norteamérica, en Australia ha sido aplicado en bosques naturales de eucaliptos por Hall (1959 cit. por Carron, 1968).

El Índice o Relación de Espaciamiento (E) es la relación entre la distancia lineal promedio entre árboles y el diámetro normal medio del rodal, Corral (1935) citando a Pressler (s XIX) afirma que rodales en espaciamiento normal suponen valores de E entre 16 y 18, por su parte Jacobs (1955 cit. por Flinta, 1961) establece un valor de $E = 15$ como normal para el eucalipto en Australia.

Los índices resumidos hasta aquí relacionan la densidad con el diámetro como variable predictora, sin embargo se han desarrollado otros que emplean la altura, en particular la dominante, tal es el índice de Hart-Becking (1953 cit. por Loetsch y col., 1973) que constituye una medida de la densidad basada en el número de árboles, de su espaciamiento y de la altura :

$$S (\%) = 10000/h_o \sqrt{N}$$

Pardé (1978 cit. por Oswald, s.f.) establece una fórmula para el cálculo de la densidad máxima biológica en función de la altura dominante :

$$N = 42070 e^{-0.1197288h_o}$$

Thomasius (1979 a) desarrolla un modelo para el cálculo de la densidad (número de árboles) en función de la altura :

$$\log N = k/\log h e^{-ct}$$

Donde c es una constante que depende de la especie, de la clase de sitio y del manejo del rodal, k constante de crecimiento, N, h y t son el número de árboles, la altura

del rodal y la edad, es aplicado por González (1985) en el *Pinus caribaea* en Cuba. Thomasius (1979 b) ofrece otro modelo basado en la teoría de que el incremento volumétrico del árbol depende de su área de crecimiento y expresa la relación por la siguiente ecuación :

$$v' = v'_{\max} (1 - e^{-cf_{\text{eff}}})$$

c es el factor de efecto del área de crecimiento, f el área de crecimiento de un árbol y f_{eff} el área efectiva de crecimiento, v' el incremento corriente en volumen y v'_{\max} el incremento máximo de un árbol en crecimiento libre (sin competencia).

En los últimos años han sido desarrolladas nuevas medidas de la densidad del rodal, basadas en teorías japonesas, sobre la relación biológica entre el rendimiento y la densidad, las cuales han sido expresadas matemáticamente, una de las más conocidas es la denominada Ley de Autoaclareo o Ley $-3/2$ de Yoda y col. (1963 cit por Drew y Flewelling, 1977) :

$$w = p^{-3/2} \quad \text{o} \quad \log w = c - 3/2 \log p$$

donde :

w - peso medio por planta
p - número de plantas por unidad de área

Yoda y col. (1963 cit. por Torres, 1985) plantean que cualesquiera que fuesen los factores responsables del tamaño de una planta, ya sean edáficos, la edad u cualquier otra condición de crecimiento, la densidad máxima posible de una población de peso medio (w) estaría dada por la relación antes señalada, por lo que en rodales de la misma especie y edad, pero con diferentes condiciones de fertilidad se presentaría una menor densidad en los sitios más fértiles. Smith y Hann (1986) demuestran que la relación entre el

volumen medio por árbol y la densidad pueden ser expresadas por la fórmula de autoaclareo después del cierre de copas, así como que la relación es independiente de la edad y el sitio, el concepto es utilizado por estos autores para elaborar un modelo de crecimiento forestal; la Ley $-3/2$ es utilizada por Drew y Flewelling (1979) y Torres (1985) para la estimación de la producción bruta máxima de rodales coetáneos y también por Goodwin y Candy (1986) en su modelo de crecimiento para las plantaciones de *Eucalyptus globulus* en Australia.

Ogawa y col. (1961 cit. por Drew y Flewelling, 1977) demuestran la efectiva similitud entre la Ley de Autoaclareo y el Índice de Densidad de Reineke. Recientemente, por combinación y modificación de la ecuación de Competencia-Densidad de Kira y col. (1953) (que se corresponde con la Ley $-3/2$), el Índice de Densidad de Reineke y la teoría de Assmann del área basal máxima, Sterba (1987) ha desarrollado un método para estimar la densidad potencial del sitio.

En Cuba es utilizada la escala de densidades relativas contenida en la Norma Ramal 595 de Tratamientos Silviculturales (MINAGRI, 1983), la cual establece la densidad en función del área basal (m^2/ha) y la altura media.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Condiciones experimentales

3.1.1. Objeto de estudio.

La Provincia de Pinar de Río posee un total de 12 408 ha de plantaciones de *Eucalyptus* sp., y corresponden a las E.F.I. Guanahacabibes, Macurijes, Pinar del Río y Costa Sur más del 95 % del total (MINAGRI 1988 a). A escala de producción las especies de eucaliptos mayormente plantadas han sido *Eucalyptus saligna* Sm, *E. citriodora* Hook f. y *E. pellita* F. Muell, las cuales se plantan indistintamente y mezcladas, por lo que para los efectos prácticos de su manejo la Dirección de Silvicultura del Ministerio de la Agricultura las denominan *Eucalyptus* sp., teniéndose en cuenta, entre otros factores, la similitud de sus usos; por tales razones y que es prácticamente imposible diferenciar las plantaciones por especies, en el presente estudio también serán consideradas como *Eucalyptus* sp. .

El análisis de los materiales cartográficos de los Proyectos de Organización y Desarrollo de las empresas forestales mencionadas (MINAGRI, 1979, 1980 a, 1981, 1986) permite afirmar que las plantaciones han sido establecidas, en lo fundamental, en dos regiones naturales: las pertenecientes a la EFI Macurijes en las Alturas de Pizarras y las establecidas en las EFI Costa Sur, Pinar del Río y Guanahacabibes en la Llanura Costera Sur (MINAGRI, 1984 a) y según Samek (1973) en las regiones fitogeográficas Alturas de Pizarras y la Sabana Centro-Meridional, las cuales constituyeron áreas de dispersión natural de los pinares (*Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis*), superficie forestal que desapareció progresivamente desde la época de la conquista

para ser destinada al uso agropecuario intensivo y abandonadas en la misma medida que sus capacidades productivas iban disminuyendo, las que naturalmente son bajas, por lo que el uso forestal es una opción justificada desde el punto de vista económico y ecológico para que puedan ser recuperadas.

Para la caracterización del estado actual de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río se tomó una muestra al azar de 231 descripciones de tasación de los rodales del último inventario forestal ejecutado para la ordenación reiterada de las E.F.I. Guanahacabibes, Macurijes y Pinar del Río (U.P.O.B., 1988) las cuales representan un total de 3 836,6 ha, equivalente al 31 % de la superficie total de plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la la provincia, de ellas se separaron 141 descripciones que identifican rodales mayoritariamente originados por semillas, el resto representan renoveles tratados por talas selectivas para la extracción de postes y madera rolliza en general, sin criterio silvícola, destacándose la E.F.I. Macurijes por poseer un 40 % de tales rodales, no así las demás empresas cuyas plantaciones son generalmente jóvenes. La tabla 1 permite caracterizar el estado actual de las plantaciones sobre la base de las 141 descripciones de tasación seleccionadas, agrupadas por clases de edades de cinco años y que representan un total de 2 145 ha para el 17,3 % de la superficie total de plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la provincia. Los índices dasométricos actuales de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. confirman lo ya apuntado por Tesfai (1987) sobre el

deficiente manejo de las mismas (cortas selectivas, inadecuado o ningún régimen de raleos, etc.) lo que las ha conducido al deterioro de su rendimiento.

3.1.2 Clima

Para la caracterización climática del área objeto de estudio se utilizan los datos de las cuatro estaciones meteorológicas que representan dicha área (Instituto de Meteorología, 1982):

ESTACION METEOROLOGICA	UBICACION
Guane	22° 09' latitud norte 84° 06' longitud oeste
San Juan y Martínez	22° 17' latitud norte 83° 50' longitud oeste
Pinar del Río (Instituto Tecnológico Agropecuário)	22° 25' latitud norte 83° 41' longitud oeste
Paso Real de San Diego	22° 33' latitud norte 83° 18' longitud oeste

Con los datos obtenidos se construyeron los gráficos climáticos por la metodología de Walter y Lieth (1960) (Figura 1).

El clima de la región estudiada es caliente con una temperatura media de 25° Celsius y un valor promedio de precipitaciones acumuladas de 1400 mm anuales. Esta zona presenta períodos poco lluviosos de 2 y 4 meses al año que corresponde al tipo bioclimático THERMOXEROCHIMENICO (Gaussen, 1954), es decir, clima caliente con invierno seco. Los vientos predominantes son del noreste y el este durante todo el año con velocidad promedio de 3 m seg⁻¹. La humedad relativa oscila en un rango comprendido entre el 70 y 90 %;

el primer valor se corresponde con el período poco lluvioso y el segundo con los de más lluvias.

Se puede afirmar que no existen variaciones significativas en cuanto al comportamiento del clima entre los valores de las cuatro estaciones meteorológicas analizadas, es decir el clima es uniforme en los territorios que representan por lo que no constituye una fuente de variación en el crecimiento y rendimiento forestal.

3.1.3 Suelos

La caracterización de los tipos de suelos sobre los que han sido establecidas las plantaciones de *Eucalyptus* sp. ha sido llevada a efecto con la ayuda de la cartografía de suelos confeccionada por el Instituto de Investigaciones Forestales (Valle, 1987) a escala 1 : 25 000 por la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col. 1980) para la E.F.I. Macurijes, sobre la base del estudio efectuado por Hernández y col. (1973); para la determinación de algunos de los suelos de las E.F.I. Guanahacabibes y Pinar de Río son utilizados los mapas (en elaboración) 1 : 25 000, también por la Segunda Clasificación Genética 1979, de la Delegación Provincial del MINAGRI de Pinar del Río (1989); para la clasificación de otros suelos se emplearon los mapas 1 : 50 000 del MINAGRI (1980 b) con la Clasificación Morfológica de Suelos, convertida a la Segunda Clasificación Genética de Suelos 1979 por medio de la tabla de correlación de suelos del MINAGRI (1984 a). El procedimiento empleado para conocer los tipos de suelos presentes y su distribución areal relativa fue mediante la ubicación en los mapas de suelos de los

rodiales seleccionados como muestra, los cuales suman 2 038,7 ha (tabla 2).

3.2 Métodos

Para la realización de la investigación son seleccionadas las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de las EFI Guanahacabibes, Macurijes, Pinar del Río y Costa Sur, las cuales en conjunto poseen mas del 95% de la superficie total plantada con eucaliptos en la Provincia de Pinar del Río.

El estudio del crecimiento y rendimiento de estas plantaciones es hecho en base a un modelo predictivo del estado de los rodales con y sin manejo, construido con informaciones obtenidas por muestreo, alternativa de la experimentación que permite la obtención de resultados a corto plazo, mediante el levantamiento de parcelas de prueba temporales, distribuidas al azar en la superficie ocupada por plantaciones de diferentes edades establecidas para la producción de madera, donde se miden las variables dasométricas de interés, así como la tala y medición de árboles tipo.

El procesamiento de los datos obtenidos fue realizado por medios automatizados empleando microcomputadoras IBM y compatibles y el software disponible para la elaboración y presentación de la información (paquete estadístico MICROSTAT, tabulador electrónico SUPERCALC-4 y procesador de textos CHIWRITER) de acuerdo con las tareas de investigación efectuadas para la elaboración del modelo:

Estimación del volumen de madera del fuste del árbol

Estimación de los surtidos maderables

Evaluación de la calidad de los sitios

Estructura diamétrica de la plantación

Definición de la norma de densidad

Modelo de crecimiento y rendimiento

Simulación del crecimiento y rendimiento de rodales
manejados

3.2.1. Parcelas de prueba

Sobre la base de los documentos del inventario forestal llevado a cabo para la ordenación de las empresas forestales seleccionadas para la realización del estudio, se determinaron las áreas de mayor concentración de plantaciones:

EFI Costa Sur	Sector Sabanilla
EFI Pinar del Río	Unidades Silvícolas Las Taironas y Cerro de Cabras.
EFI Macurijes	Sectores 20 Mayo y EL 21
EFI Guanahacabibes	Municipios Sandino y La Fé

Durante el período 1983-1987, en rodales seleccionados aleatoriamente de las locaciones anteriores, se levantaron parcelas temporales de muestreo; para la investigación se utilizan 79 registros de parcelas repartidas por clases de edades de cinco años, para con este número alcanzar 15% de error de muestreo en la estimación de los valores medios de los índices dasométricos diámetro del árbol de área basal media (dg), altura media de Lorey (hL) y altura media dominante (ho) para un nivel de significación de 0.05.

Ubicación de las unidades de muestreo:

EMPRESA	No PARCELAS
Costa Sur	3
Pinar del Río	30
Macurijes	32
Guanahacabibes	14
TOTAL	79

Características de las unidades de muestreo:

Area de la parcela	Nº parcelas	Forma
0.1 ha	48	Circular (9 Cuadradas)
0.05 ha	14	Circular
0.001-0.025 ha	17	Cuadrada y Rectangular

La reducción en tamaño de la unidad de muestreo obedece a criterios de optimización económica al calcular el tamaño de parcela necesario para alcanzar el error fijado (De Nacimiento, 1979; Corrales y col., 1983; Juarez y Pollé, 1987; Mojena y Gaona, 1987).

En cada parcela se midieron los diámetros normales a todos los árboles dentro del perímetro de la unidad de muestreo, y sus alturas correspondientes. Los diámetros se midieron con forcípula, las alturas con hipsómetro y las distancias con cinta métrica, con exactitudes de ± 1 cm, $\pm 0,5$ m y $\pm 0,1$ m, respectivamente.

El procesamiento de las mediciones se realizó por medio del paquete estadístico MICROSTAT a fin de calcular los índices dasométricos por parcela :

- Número de árboles por hectárea (N)
- Diámetro del árbol de área basal media (dg)
- Altura media de Lorey (h_L)
- Altura media dominante (h_o)
- Área basal por hectárea (G)
- Volumen total por hectárea (V)
- Incremento medio anual (IMA)

Las definiciones de los índices dasométricos corresponden a los aprobados internacionalmente por I.U.F.R.O. (Soest y col., 1969) y en correspondencia con las normas cubanas sobre

el uso del Sistema Internacional de Unidades (Cuba, 1988).

3.2.2 Estimación del volumen total de madera del fuste.

El trabajo ha sido elaborado con una muestra de 301 árboles cortados en áreas de plantaciones de la E.F.I. Macurijes, entre 1982 y 1986.

Los fustes se cubicaron por el método de Huber para trozas de igual longitud, mediante un programa de computación (Oyono, 1988), obteniéndose los volúmenes totales con y sin corteza para toda la longitud del fuste excluido el tocón. Se emplea el método estadístico para la construcción de los modelos matemáticos de volumen, utilizándose el Paquete Estadístico MICROSTAT para microcomputadoras. De la bibliografía se obtienen las variables de más amplia aplicación en la construcción de modelos de volumen:

Variables dependientes: v_c y v_s y su transformación logarítmica $\log v_c$ y $\log v_s$

Variables independientes : d ; h ; d^2 ; \sqrt{d} ; $1/d$; $\log d$; d^2h ; $\sqrt{d^2h}$; $1/d^2h$; $\log d^2h$; $\log h$; $\log d^2$

donde :

v_c y v_s - volumen con y sin corteza

d - diámetro normal (1,3 m)

h - altura total

De las variables anteriores se seleccionan las de más alta correlación lineal con las variables dependientes (mayor de 0,9), las cuales serán procesadas mediante análisis de regresión "paso a paso" (Anónimo, 1979) para definir las ecuaciones de más alta significación, escogiéndose de ellas las de menor número de coeficientes. Posteriormente se seleccionan las ecuaciones de más calidad y son usados los

criterios estadísticos propios del análisis de regresión y comprobadas mediante un proceso de validación independiente (Alder, 1980). Para la comparación de ecuaciones de regresión con transformación de la variable dependiente se acoge el índice de Furnival (Burley y col., 1971; Alder, 1980), IF, el cual se calcula:

$$IF = s \left(\prod_{i=1}^n f'(y)^{-1} \right)^{1/n}$$

donde :

n = número de árboles

$f'(y)^{-1}$ = recíproco de la derivada de la transformación de la variable "y" con respecto a la misma "y"

$\prod_{i=1}^n$ = símbolo de productoria

s = error estandar de estimación

Para el conocimiento del error en la estimación del volumen por las ecuaciones se calculan (Gra y col., 1987):

$$\text{ERROR (E)} = 1/n \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)$$

$$\text{ERROR MEDIO ABSOLUTO \% = EMa\%} = 1/n \sum_{i=1}^n \left| 100 \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{\hat{y}_i} \right|$$

También como indicador de la calidad de la estimación se calcula la DESVIACION GLOBAL (DG %) (Alder, 1980; Bruce, 1920 cit. por Husch y col., 1982):

$$DG \% = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n \hat{y}_i}{\sum_{i=1}^n \hat{y}_i} \cdot 100$$

donde :

v_i = volumen medido del árbol i de la muestra

\hat{v}_i = volumen estimado del árbol i de la muestra

n = número de árboles

Para la validación de las ecuaciones se divide la muestra principal de 301 árboles (llamándole n_0) en dos partes aproximadamente simétricas en sus distribuciones diamétricas las cuales se llamarán $n_1=141$ árboles $n_2=160$ árboles. El modelo seleccionado de volumen es ajustado a la submuestra n_1 . Aplicando la prueba de paralelismo y de distancia entre rectas propuesta por Kozak (1970, cit. por Loetsch y col., 1973) para aplicaciones forestales y descrito por Quenouille (1970), se prueba si existen diferencias entre los coeficientes de los modelos ajustados a la submuestra n_1 y los correspondientes modelos obtenidos para toda la muestra n_0 . Posteriormente se validan los modelos ajustados a la submuestra n_1 con los valores de volúmenes de la submuestra n_2 , empleándose el criterio de la desviación global.

3.2.3 Estimación de los surtidos maderables

La estimación de los surtidos maderables se realiza mediante la construcción de un modelo matemático del perfil del fuste utilizando 112 registros con las mediciones de árboles derribados en áreas de plantación de *Eucalyptus* sp. de la E.F.I. Macurijes. La muestra de 112 árboles contiene un total de 1 523 mediciones de diámetros con corteza y sin corteza hechas a intervalos de 1 m desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.

La muestra se dividió en dos partes, una (n_1) de 60 árboles y otra (n_2) de 52 árboles, esta última para usarla en la

validación independiente de los resultados.

El método más común para determinar el modelo matemático del perfil de árbol consiste en ajustar una función analítica a la muestra de árboles (M'Hirit y Postaire, 1985) donde los parámetros de la ecuación definen el perfil promedio (Newberry y Burkhardt, 1986).

El procedimiento empleado para la determinación de la forma del fuste mediante la construcción de la curva de su perfil es descrito por Caillez (1980), consiste en ajustar las variables altura y diámetro, medidas a lo largo del fuste a un polinomio de la forma:

$$y = \sum_{n=1}^n a_n x^{n-1}$$

donde :

$$y = d/H$$

$$x = h/H$$

d = diámetro medido a la altura
h, desde el nivel del suelo

H = altura total

Los análisis estadísticos se efectúan con la ayuda del paquete estadístico MICROSTAT, la determinación de los parámetros del modelo propuesto se realiza empleando el análisis de regresión paso a paso (Anónimo, 1979).

La calidad del ajuste se evalúa por los indicadores clásicos del análisis de regresión:

coeficiente de correlación (R ó r)

coeficiente de determinación (R² ó r²)

desviación estandar de la estimación (S)

Demaerschalk (1973 cit. por Lowell, 1986) afirma que el coeficiente de determinación tiene un limitado valor para evaluar ecuaciones de perfil dada la autocorrelación presente en la muestra, causada por las mediciones repetidas en el mismo árbol, y recomienda examinar la magnitud del

error en la estimación del diámetro por la ecuación, por esta razón se utilizan los criterios de evaluación de calidad de las estimaciones recomendados por Newberry y Burkhardt (1986):

$$E = \sum_{i=1}^n (o_i - p_i) / N \quad (\text{ERROR PROMEDIO})$$

$$S_{res} = \sqrt{\sum (r_i - \bar{r})^2 / N - 1} \quad (\text{DESV. EST. RESIDUAL})$$

donde :

o_i - valor observado

p_i - valor calculado por la ecuación ajustada

r_i - residuo = $o_i - p_i$

N - número de muestras

3.2.4. Evaluación de la calidad de sitio

Para la evaluación de la calidad de sitio se toma como criterio de calidad productiva el valor de la altura promedio del equivalente en cada parcela de muestreo de los 100 Árboles más gruesos por hectárea (Andrulot y col., 1972; Keogh, 1979; Wright, 1983; García y Tella, 1986; Rennolls y Peace, 1986; Sadiq y Becwith, 1986), construyéndose mediante análisis de regresión un modelo matemático de crecimiento de la altura dominante en función de la edad.

Los valores de altura dominante (h_0) y edad (A) son obtenidos de las parcelas temporales de muestreo levantadas. El método para la construcción de las curvas de índice de sitio conocido como técnica de la curva guía (Bruce, 1926 y Brickwell, 1968 cit. por Monserud, 1984) ha sido ampliamente utilizada para este propósito, Alder (1980) explica detalladamente dicha metodología, la cual será empleada en el presente trabajo.

El modelo de crecimiento de la altura dominante seleccionado, conocido como ecuación de Schumacher (1939 cit. por Alder, 1980), es:

$$h_o = h_{max} e^{b/A^k}$$

donde :

- h_o - altura dominante
- h_{max} - máxima altura que la especie alcanza
- e - base de los logaritmos neperianos
- A - edad
- a, b, k - parámetros a ser ajustados

Alder (1980) plantea que el valor de k oscila entre 0,2 y 2. A partir de este criterio se ajusta la ecuación anterior, transformada mediante logaritmos para permitir su ajuste por el método de los mínimos cuadrados, empleándose el método de regresión "paso a paso" (Anónimo, 1979) para la determinación del valor de la constante k . Los cálculos se hacen automáticamente mediante el Paquete Estadístico MICROSTAT para microcomputadoras. Sobre la base de la curva guía y teniéndose en cuenta la dispersión de los valores medidos de altura dominante, en particular los valores extremos, se fijan los valores de los índices de sitios necesarios para abarcar la gama de calidades presentes, a la edad base que se decida.

Con el objetivo de tener una estimación de la distribución de las plantaciones de eucaliptos por calidades, se aplica el sistema de índices de sitio propuesto a la clasificación de la calidad de sitios de la muestra de descripciones de tasación utilizadas en la caracterización de las plantaciones en el epígrafe 3.1.1.; esta información es particularmente importante para la ordenación. Sin embargo

la tasación de rodales que se realiza para la ordenación forestal en Cuba no considera la medición de la altura dominante (MINAGRI, 1984 b), valor básico para la evaluación de la calidad de los sitios por el sistema propuesto. Para resolver el inconveniente se ajusta una ecuación de regresión entre la altura dominante (h_o) y la media (h_L) de las parcelas de muestra de este estudio, de esta manera se puede estimar el índice de sitio (IS) que correspondería a cada rodal por la fórmula (Alder, 1980; Zepeda y Rivero, 1984):

$$\ln IS = \ln h_o - b \left(1/A^k - 1/A_i^k \right)$$

donde :

- k, b - exponente y pendiente de la ecuación promedio de Schumacher
- A - edad base
- A_i - edad actual del rodal
- h_o - altura dominante del rodal

Para descubrir las posibles diferencias entre las calidades de las plantaciones de las distintas empresas, se efectúa un análisis de varianza y prueba de Duncan con los valores medios de los índices de sitios.

3.2.5 Distribución de frecuencias de los diámetros del rodal

El procedimiento corriente para ajustar una distribución diamétrica a una función de densidad probabilística, que pueda ser usada para elaborar modelos de crecimiento y rendimiento forestal, según Bailey (1980), es el siguiente :

- a) Seleccionar la función de densidad teórica.
- b) Obtener las muestras de distribuciones de frecuencias.
- c) Estimar los parámetros de la función de densidad para cada muestra.
- d) Ajustar una ecuación de regresión para predecir los

parámetros de la función de densidad a partir de los índices dasométricos del rodal tales como la edad, el índice de calidad de sitio, la densidad, etc.

La teoría de probabilidades explica, mediante el teorema del límite central de Moivre-Laplace (Koroliuk, 1986), que cualquier función probabilística tiende a la normal cuando aumenta el número de muestras de la variable aleatoria, función que es definida por la varianza y la media poblacional. La media y varianza calculadas a partir de una muestra constituyen estimadores máximo verosímiles de sus correspondientes parámetros poblacionales (Que y col., 1987) por lo que resulta acertado probar en primer lugar la curva normal para el ajuste de las distribuciones observadas, más aún que es ésta una función de uso frecuente y se encuentra tabulada en los textos de estadística.

Para el estudio se utilizan 56 muestras de distribuciones de frecuencias de diámetros obtenidas en diferentes plantaciones de *Eucalyptus* sp. a las cuales se aplica la prueba de χ^2 (Ji-Cuadrado) para la bondad del ajuste de las frecuencias observadas a la distribución normal. Los cálculos los realiza automáticamente el paquete estadístico MICROSTAT, el cual divide los datos en 8 intervalos equiprobables usando los Z valores (De la Rosa, 1985):

- 1×10^{62} ; - 1,1504 ; - 0,6742 ; - 0,3182 ; 0,0000 ;
0,3182 ; 0,6742 ; 1,1504 ; 1×10^{62} .

Es usual en los estudios de la distribución de frecuencias diamétricas expresar los diámetros en forma relativa, como un porcentaje del diámetro promedio, esto permite comparar muestras de distribuciones correspondientes a rodales de

diferentes dimensiones absolutas, transformación aplicada en el presente trabajo.

Para la caracterización de la distribución diamétrica se calculan los valores medios de los diámetros relativos mínimo y máximo, el del coeficiente de variación y los de de simetría y curtosis, así como los intervalos de confianza de los tres primeros.

Considerando que el coeficiente de variación de los diámetros relativos es equivalente a la desviación estandar relativa, se puede plantear :

$$CV = S / \bar{x}$$

$$\bar{x} = dr \text{ medio} = 1$$

entonces:

$$(CV)^2 = S^2$$

pudiendo calcularse el intervalo de confianza del coeficiente de variación por la fórmula usual (Cué y col., 1987) :

$$\left] (n-1)S^2 / \chi^2_{1-\alpha/2} ; (n+1)S^2 / \chi^2_{\alpha/2} \right[$$

donde :

n - número de muestras

χ^2 - Ji Cuadrado

α - nivel de significación (0,05)

Los intervalos de confianza de los diámetros relativos mínimo y máximo se calculan (Cué y col, 1987) :

$$\left] \bar{x} - S / \sqrt{n} t_{1-\alpha/2}^{(n-1)} ; \bar{x} + S / \sqrt{n} t_{\alpha/2}^{(n-1)} \right[$$

donde :

\bar{x} = diámetro relativo (mínimo o máximo) promedio

S = desviación estandar de \bar{x}

n = número de muestras

t = t de Student

α = nivel de significación (0,05)

Con los valores medios calculados en cada parcela de muestra se realiza un análisis de correlación para evaluar el grado

~~se realiza un análisis de correlación para evaluar el grado de asociación entre estos valores y la edad.~~

Para la determinación de las frecuencias esperadas en cada clase de diámetros, al suponer una distribución normal, se estandarizan los valores del diámetro relativo desde el mínimo a el máximo que se determine, en clases de 0,1 de amplitud con el coeficiente de variación promedio que se obtenga, mediante la variable normal z :

$$z = \frac{dr - d}{S}$$

3.2.6 Índice de densidad del rodal

El índice de densidad debe ser simple y objetivo, definible en términos relativos y absolutos y debe estar correlacionado con las otras variables dasométricas del rodal, así como ser independiente de la edad y el sitio según Carron (1968), por tales motivos es seleccionado el Índice de Densidad de Reineke (IDR), ya que el mismo relaciona directamente el número de árboles con el diámetro medio (las dos partes componentes del área basal) y se ha demostrado la compatibilidad de su concepción con las teorías japonesas, más recientes, de la relación rendimiento-densidad (Sterba, 1987).

El IDR se obtiene mediante la regresión del número de árboles (N) y el diámetro correspondiente al árbol de área basal media (d_g), en la parcela de muestra. Esta relación es lineal si se expresa en forma logarítmica y representa la densidad promedio de las parcelas de muestra (Husch y col., 1982).

Para la realización del estudio se utilizan los valores del

número de árboles por hectárea (N) y diámetro medio (dg) de 58 parcelas de la muestra. El procesamiento estadístico de los datos es hecho con el paquete estadístico MICROSTAT.

3.2.7 Modelo de crecimiento y rendimiento empírico

La elaboración del modelo de simulación del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. que es abordado, se clasifica dentro de aquellos que relacionan las variables de crecimiento y rendimiento del rodal en función de la edad, la densidad y la calidad de sitio (Sadiq y Beckwith, 1986). El modelo debe tener suficiente flexibilidad como para permitir la tabulación de los índices dasométricos mediante simulación tanto estática como dinámica (Alder, 1980), es decir, se considerarán alternativas en cuanto al tratamiento silvícola del rodal, teniéndose presente que las plantaciones de *Eucalyptus* sp. constituyen bosques uniformes y pueden ser manejadas por un sistema de cortas totales con o sin aclareos.

El modelo se estructurará en dos sistemas de ecuaciones, según Decourt (1972, cit. por Bartet y Bolliet, 1976):

- 1- De predicción de la calidad de sitio.
- 2- Para la predicción del rendimiento del rodal

La simulación dinámica del crecimiento y rendimiento de rodales bajo manejo silvícola (si se consideran como tal a los cambios en la densidad inicial de plantación, la intensidad y frecuencia de los raleos y de los turnos de corta), requiere la incorporación al modelo de una función de predicción del incremento en diámetro promedio según plantea Alder (1980).

La simulación parte de los siguientes supuestos:

1- Sobre el análisis realizado en 2.4.1. de la densidad inicial de la plantación serán considerados los siguientes marcos de plantación: 2×2 m y 3×3 m, y como caso particular, en Cuba, para la producción de cujes para el secado del tabaco los marcos $1,3 \times 1,3$ m y $1,5 \times 1,5$ m (MINAGRI, 1988 b).

2- El incremento en diámetro de rodales no manejados es igual al de rodales tratados silviculturalmente, siempre que la densidad de estos (en número de árboles) no sobrepase la densidad máxima permisible que se defina.

3- Los raleos serán selectivos y hechos por lo bajo, según la definición de este concepto dada por Samek (1974), tipo de raleo recomendado universalmente para el *Eucalyptus* sp. (FAO, 1961; Ugalde, 1983; Hillis y Brown, 1984; Alvarez y Varona, 1988), su intensidad medida en número de árboles a cortar y equivalente al 30 % del área basal presente antes del raleo, valor establecido por la Norma Ramal 595 del MINAGRI para la realización de los tratamientos silvícolas (MINAGRI, 1983) y recomendado por Jacobs (1955 cit. por Abbott y Loneragan, 1983). El raleo se indica cuando la densidad actual del rodal es mayor o igual que la máxima permisible.

4- Si el rodal no es raleado, la reducción del número de árboles con el tiempo será consecuencia de la mortalidad natural, equivalente a un aclareo ligero, manteniéndose sin alterar la distribución de frecuencias de los diámetros.

5- Los valores de los índices dasométricos inmediatamente después del raleo son calculados de los árboles restantes en la distribución diamétrica, truncada por el aclareo.

6- El valor del diámetro medio al año siguiente de efectuado el raleo es igual a la suma del valor del diámetro promedio obtenido inmediatamente después del raleo y del valor del incremento periódico anual que le corresponde en densidad máxima.

3.2.9. Determinación de turnos

Las plantaciones de eucaliptos en la Provincia de Pinar de Río se destinan para la obtención de postes de servicio público, madera en bolo para aserrar, madera rolliza, cujes para secar tabaco y leñas (MINAGRI, 1988 c).

El logro eficiente de las metas económicas anteriores se concreta en la adecuada definición del turno mediante la adopción del sistema silvicultural más ventajoso técnica y económicamente que corresponda a la calidad de sitio presente, para lo cual se simulan con el modelo las alternativas de manejo silviculturales posibles de acuerdo a las restricciones previamente establecidas y se determinan las edades de cortabilidad volumétrica, técnica y financiera, esta última mediante el cálculo de los indicadores económicos sintéticos para una hectárea de plantación: costo por peso de producción, costo por metro cúbico, ganancia y rentabilidad a partir de los precios vigentes (Comité Estatal de Precios, 1984) para la venta de los distintos surtidos comerciales de la madera de *Eucalyptus* sp. clasificada como semidura para su utilización práctica (Gómez y col., 1976) y de los costos normativos establecidos por Valdés (1988) para los trabajos de la silvicultura y el aprovechamiento, los valores de precios y costos se dan en la tabla 3.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de los índices dasométricos de las plantaciones estudiadas.

La tabla 4 permite valorar los índices medios por clases de edad y general de las parcelas de muestra.

El número de parcelas levantadas en los extremos del intervalo de edades estudiado es suficiente para alcanzar el porcentaje de exactitud (E %) prefijado, 15 %, para los índices dasométricos obtenidos directamente: diámetro medio (dg) y las alturas media (hL) y dominante (ho) (figura 2). Por lo que la muestra es lo suficientemente representativa, porque las funciones básicas de predicción del crecimiento son de ajuste lineal; justificándose la concentración del muestreo en los extremos del intervalo de edades según indica Alder (1980).

Los crecimientos e incrementos medidos en las plantaciones analizadas son similares a los reportados por el C.A.T.I.E. (1986) para plantaciones experimentales de *E. camaldulensis* y *E. saligna* en Centro América, también es comparable al crecimiento en diámetro obtenido en el experimento de espaciamiento realizado por Guimaraes (1956) en Rio Claro, Brasil, a la edad de 8 años, en marcos de plantación de 2 x 2 m y 3 x 3 m. En general los crecimientos e incrementos de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. en Pinar del Río son inferiores a los que Navarro de Andrade (1961) informa para *E. saligna* a la edad de 7 años ($89.5 \text{ m}^3/\text{ha/año}$) en Brasil. Ugalde (1983) en un experimento de raleo con *E. deglupta* BL en Costa Rica obtiene valores superiores de diámetro y altura a la edad de 4-5 años antes de efectuar el raleo.

Para *E. saligna* en Argentina, a la edad de 10 años, Flinta (1960) informa un incremento medio anual (IMA) de $37 \text{ m}^3/\text{ha}$, también cita el obtenido por Alonso (1957), a la misma edad, de $17,3\text{--}14,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ para *E. propinqua* y *E. resinífera*. Se destaca el volumen total de $1033 \text{ m}^3/\text{ha}$ medido en una parcela experimental de *E. globulus* en España por Carpenter (1966) y el de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ en Chile reportado por Mangieri y Dimitri (1961).

El desarrollo de las plantaciones de eucaliptos depende de la calidad de los sitios donde se establecen y de la atención silvicultural que reciben. Al analizar los valores de incremento reportados por Jacobs (1981), superiores a los $30 \text{ m}^3/\text{ha/año}$, se puede afirmar que, en general, los países productores de madera de eucaliptos destinan sitios de calidad superior a sus plantaciones, vale citar a Mangieri y Dimitri (1961): "En Argentina, las plantaciones se efectúan en terrenos de calidad superior ya que los rendimientos y ganancias son más seguros y de menores riesgos que los que podrían ofrecer los cultivos de cereales, alfalfa, etc."

Los índices dasométricos de las plantaciones muestreadas corrobora lo ya comentado sobre el estado actual de las plantaciones en la provincia (3.1.1), si bien, sus índices son superiores, Betancourt (en prensa b) resume datos de crecimientos de parcelas experimentales de eucaliptos en diferentes locaciones del país; evidencia que un adecuado manejo silvícola de las plantaciones permitiría alcanzar valores superiores de crecimiento y rendimiento:

LOCALIZACION	ESPECIE	EDAD	ALTURA	DIAMETRO
Tope de Collantes	E.saligna	7	16,3	17,8
Matanzas	E.saligna	11,5	28,8	33,4
	(Árboles codominantes)			
Matanzas	E.citriodora	13,5	30,5	29,5
Matanzas	E.saligna	14,5	30,9	39
P.del Río	E. sp.	9	19,5	18
P.del Río	E. sp.	7	19,7	16
P.del Río	E. sp.	5	12,9	10

4.2. Volumen total de madera del fuste

La caracterización estadística de la muestra de 301 árboles se presenta en la tabla 5.

Los árboles tipo son representativos de las características de las plantaciones en lo referente a los diámetros y alturas, lo que asegura los resultados obtenidos a partir de ellos.

De la matriz de correlación de todas las variables previamente seleccionadas (tabla 6) se escogen aquellas que presentan un coeficiente de correlación lineal superior a 0,9 con las variables dependientes, definiéndose así las dos relaciones funcionales posibles:

$$vc \text{ y } vs = f(d; d^2; \sqrt{d^2h}; d^2h; \sqrt{d})$$

$$\log vc \text{ y } \log vs = f(d; h; \log d; \log h; \sqrt{d}; 1/d;$$

$$\sqrt{d^2h}; \log d^2h; \log d^2)$$

Las mejores ecuaciones de regresión, para las alternativas propuestas se presentan en la tabla 7.

Se destaca la calidad de los ajustes obtenidos en las

funciones logarítmicas (modelo de Spurr, 1952 cit. por Loetsch y col., 1973). Se coincide con Wensel (1973 cit. por Wensel y Krumland, 1983) en que el ajuste de ecuaciones de volumen por procedimientos logarítmicos provee de consistentes y lógicos estimadores así como que satisface los requisitos usuales de la regresión, por lo que no se considera necesaria otro tipo de transformación, como la producida por la aplicación de mínimos cuadrados ponderados como sugieren Green y Strawderman (1986) y Meng y Tsai (1986), además de que para funciones bien definidas, con altos coeficientes de determinación, la ponderación no resulta en una mejora práctica del grado de ajuste según plantea Alder (1980).

Aplicando antilogaritmos los modelos son expresados en forma potencial :

$$vc = 0,31682117 (d^2h)^{0,915449}$$

$$vs = 0,2490537 (d^2h)^{0,965519}$$

Los valores calculados para evaluar la calidad de las ecuaciones, error medio (EM), error medio absoluto (EMa %) y desviación global (DG%) son:

CALIDAD DE LA ESTIMACION :

	VC	VS
EM	0,0011 m ³	0,0039 m ³
EM _a %	9,12	12,22
DG %	0,28	1,15

Las figuras 3 y 4 permiten apreciar la calidad del ajuste de las funciones logarítmicas.

Validación de las ecuaciones:

La tabla 8 permite comparar, a priori, el modelo logarítmico

ajustado a la submuestra n_1 con el obtenido anteriormente para toda la muestra (n_0).

Se demuestra, aplicando la prueba de paralelismo y de distancia entre rectas propuesta por Kozak (1970, cit. por Loetsch y col., 1973) para aplicaciones forestales y descrito por Quenouille (1970), que no existen diferencias, para el nivel de significación estadístico de 0,05, entre las ecuaciones ajustadas a n_0 y n_1 . (ANEXO 2 -Comparación estadística de las regresiones).

Utilizando el modelo de volumen ajustado a la muestra n_1 para estimar los volúmenes de la muestra n_2 , la data de validación, se obtiene :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \hat{v}_{C_2} &= 58,2327 \text{ m}^3 & \sum_{i=1}^n \hat{v}_{S_2} &= 48,8338 \text{ m}^3 \\ \sum_{i=1}^n v_{C_2} &= 58,6031 \text{ m}^3 & \sum_{i=1}^n v_{S_2} &= 48,3583 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Para una desviación global en por ciento de :

$$DG\% = 0,63 \% \quad \text{volumen con corteza}$$

$$DG\% = -0,97 \% \quad \text{volumen sin corteza}$$

En Cuba es de uso oficial la fórmula del coeficiente mórfico empírico (CIF, 1980), para la estimación del volumen total con corteza; la misma se usa para todas las especies forestales del país, separadas por grupos según la similitud de sus coeficientes mórficos empíricos (MINAGRI, 1983):

$$v = g (h + 3) fe$$

donde:

v = volumen total con corteza del fuste

g = área basimétrica

h = altura total

fe = coeficiente mórfico empírico

Al aplicar la fórmula anterior a la data de validación (n2) y al sumar los volúmenes se obtiene:

$$\sum_{i=1}^{n2} \hat{v}_c = \sum_{i=1}^{n2} g (h + 3) f_e = 60,9728 \text{ m}^3$$

para una DG % = -3,88 %

Y aplicándola a toda la muestra (n0):

$$\sum_{i=1}^{n0} \hat{v}_c = \sum_{i=1}^{n0} g (h + 3) f_e = 128,6562 \text{ m}^3$$

$$\sum_{i=1}^{n0} v_c = 122,0262 \text{ m}^3$$

DG % = - 5,15 %

La fórmula del coeficiente mórfico empírico sobreestima en un 5% el volumen total medido.

Los modelos logarítmicos de volumen resultantes estiman satisfactoriamente los volúmenes totales sobre y bajo corteza de cada árbol individual en plantaciones de *Eucalyptus* sp. con evidente superioridad sobre la fórmula del coeficiente mórfico empírico, además de que esta última no da estimaciones de volumen sin corteza.

Jacobs (1981) resume las principales fórmulas de volumen publicadas y compara sus estimaciones para árboles de 20 cm de diámetro y 20 m de altura que corresponde al tamaño medio para postes largos, para la producción de madera para pasta y leña en edad de rotación, encontrándose que varía desde 0,249 a 0,283 m³; la ecuación propuesta produce un volumen de 0,258 m³ para esas dimensiones. El autor mencionado

considera que teniéndose en cuenta que todas las fórmulas analizadas estiman el volumen en función de las mismas variables independientes (altura total y diámetro), la variación en la estimación es debida a la forma y que en los tamaños de altura 20 m y diámetro 20 cm el coeficiente de forma varía entre cerca de 0,40 a 0,45; al calcular el coeficiente mórfico con el modelo de volumen propuesto se obtiene un valor de 0,41.

"Con rotaciones cortas (diámetro entre 15 y 20 cm) puede esperarse un porcentaje de corteza del 15 % en especies como *E. grandis* y *E. globulus*, y a veces algo mayor (20-25 %) en especies como *E. tereticornis* y *E. camaldulensis*"; afirma Jacobs (1981). El estimado del porcentaje de corteza calculado por las fórmulas propuestas es de 22.2 % para árboles de 20 m de altura y 20 cm de diámetro.

Dado lo anterior puede afirmarse que las ecuaciones resultantes producen estimaciones similares a las ecuaciones de volumen de otras especies y lugares del mundo; corroborándose el criterio de que los eucaliptos de plantaciones tienen formas semejantes.

Las fórmulas propuestas se recomiendan para la estimación del volumen total de grupos de árboles (Alder, 1980). Aunque han sido elaboradas particularmente con datos de la E.F.I. Macurijes, pueden ser aplicadas en otras empresas forestales de la Provincia Pinar del Río.

4.3 Estimación de los surtidos maderables

La ecuación de regresión obtenida entre las variables relativas $y = d/H$ y $x = h/H$ de los 60 árboles de la muestra

n1 es :

$$y = 0,015228 - 0,038587 x + 0,0611776 x^2 - 0,038568 x^3$$

$$R = 0,87 \quad R^2 = 0,76 \quad S = 0,00249$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION				
FUENTE	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUAD. MEDIO	RAZON F
REGRESION	0,015284	3	0,005095	821,43
RESIDUAL	0,004751	766	0,0000062	
TOTAL	0,020034	769		

La ecuación del perfil ajustada se aplica a la data de validación (n2= 52 Árboles, 751 mediciones), obteniéndose los siguientes estadísticos :

$$E = 0,12 \text{ cm}$$

$$S_{res} = 5,2 \text{ cm}$$

Se calculan, también, los estadísticos anteriores por intervalos de alturas relativas (tabla 9).

Se concluye que los errores de estimación más altos se obtienen en el primer 10 % de la altura total, en este resultado influyen, notablemente, las mediciones en el cuello del árbol. Nótese que la exactitud y precisión son mayores de la mitad de la longitud total hacia el ápice, esto sugiere la conveniencia de ajustar el perfil en dos o más partes, sin embargo, para el cumplimiento de los objetivos propuestos se considera satisfactoria la exactitud y precisión promedio obtenida.

Para las estimaciones del diámetro bajo corteza (ds) se ajusta una ecuación de regresión entre ambos diámetros (con y sin corteza), son utilizados 28 árboles de la data de validación (n2) :

$$ds = -0.00049 + 0.9512 d$$

$$r = 0.996 \quad r^2 = 0.993 \quad s = 0.01 \text{ cm}$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION

FUENTE	SUM DE CUADRAD.	G.L.	CUAD MEDIO	F RAZON.
REGRESION	5.3501	1	5.3501	53847.846
RESIDUAL	.0395	398	9.93561E-05	
TOTAL	5.3897	399		

Además de la utilidad de la ecuación del perfil en la caracterización de la forma promedio del fuste del árbol y en la estimación de diámetros a lo largo del fuste, es aún más útil en la estimación del volumen total del fuste o de partes de él.

Transformando la variable $y = d/H$ en $y' = (d/H)^2 0.7854$ se convierte en g/H^2 , el área basal, calculando los valores de esta última variable para las alturas relativas (h/H) desde 0 a 1 y ajustando una ecuación de regresión, se obtiene:

$$y' = 0.000194 - 0.000717 x + 0.001048 x^2 - 0.000531 x^3$$

$$R = .996 \quad R^2 = .997 \quad S = 0.4 \times 10^{-5}$$

El área bajo la curva definida por la ecuación anterior equivale al volumen del árbol, por lo que su integración constituye la expresión para el cálculo del volumen total, el volumen hasta una altura dada o el volumen entre secciones, según se requiera:

$$v = [0.000194 x - 0.000717 x^2/2 + 0.001048 x^3/3 - 0.000531 x^4/4] H^3$$

Demaerschalk (1972, 1973 cit. por Demaerschalk y Kozak, 1977; McTague y Bailey, 1986; McClure y Czaplewski, 1986) define como ecuación compatible: cuando la integración de la función del perfil produce una estimación del volumen igual a la de una ecuación de volumen. Al comparar la estimación del volumen con corteza por la función integrada del perfil

del fuste, con la estimación de volumen realizada por la ecuación logarítmica de la variable combinada, se obtiene una discrepancia en la estimación del volumen total de la muestra de los 301 árboles empleados en la elaboración de la ecuación del modelo logarítmico de +3,4 %; tomándose como referencia el volumen estimado por la ecuación logarítmica. Vale la aclaración de que la comparación con una muestra independiente de volúmenes de árboles tiene un limitado valor, pues el llamado volumen real es obtenido con la fórmula de Huber, método que considera al árbol compuesto de n secciones cilíndricas, es decir, se compara una estimación con otra (Martín, 1984). Sin embargo si se compara el volumen estimado por la función del perfil con las estimaciones hechas por la mencionada ecuación logarítmica de árboles con una relación altura-diámetro definida por el modelo matemático del perfil, la discrepancia se reduce a 0,7 por ciento por lo que pueden considerarse compatibles, prácticamente, ambas formas.

Dada la mayor flexibilidad en la estimación del volumen por la ecuación logarítmica, se propone utilizar la ecuación del perfil para estimar el volumen de partes del fuste, es decir, el volumen de los surtidos maderables y expresarlos como un por ciento del volumen total. Se determina el valor absoluto del volumen de los surtidos multiplicando los por cientos con el volumen total estimado por el modelo de volumen total. Reed y Green (1984) resumen las tendencias en la estimación de surtidos, plantean que expresar el volumen comercial como un por ciento del volumen total es una solución usual y constituye el objetivo de

las llamadas ecuaciones de razón de volumen (volume-ratio equations), como por ejemplo, las presentadas por Cao y col. (1980), Parresol y col. (1986), McTague y Bailey (1986), Lynch (1986) y más recientemente, en Cuba, Báez (1988).

Los surtidos maderables del eucalipto de mayor comercialización son: madera en bolo para aserrar y madera rolliza (postes de servicio público, varas y cujes para el secado del tabaco negro), se ha elaborado un programa de computación (Oyono, 1988) que calcula el volumen de los surtidos mencionados mediante el procedimiento propuesto (tabla 10).

El empleo de la ecuación del perfil en la forma propuesta constituye una solución práctica para la estimación de surtidos maderables y de fácil programación para ser incorporada a modelos de simulación del crecimiento y rendimiento forestal.

4.4. Calidad de sitio

EL resultado del análisis de regresión aplicado para el ajuste del modelo de crecimiento seleccionado es :

$$\ln h_0 = 4,6176 - 2,727 \, 1/A^{0.2}$$

$$r = -0,833 \quad r^2 = 0,694 \quad s = 0,235$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION

FUENTE	SUM DE CUADRADO	G.L.	CUAD MEDIO	F RAZON
REGRESION	8.2718	1	8.2718	149.998
RESIDUAL	3.6397	66	.0551	
TOTAL	11.9115	67		

La ecuación de Schumacher en forma exponencial es :

$$h_0 = 101,25 e^{-2,727/A^{0.2}}$$

$$E = 0,47 \text{ m}$$

$$S_{res} = 4,1738 \text{ m}$$

Representa el crecimiento promedio de la altura dominante de las plantaciones de eucaliptos muestreadas, constituyendo la curva guía para la definición de los índices de sitio.

En la figura 5 se plotean las observaciones y la curva ajustada. El estudio matemático de la curva (Novo, 1988), demuestra que la función posee un punto crítico de segunda especie antes del primer año, por lo que no resulta apropiado emplear dicho valor como edad índice para la definición de los índices de sitio, criterio recomendado por Mogren (1983 cit. por Zepeda y Rivero, 1984); se decide, en este caso, la edad de 10 años como edad base, valor utilizado en la mayoría de las tablas de producción publicadas (Jacobs, 1981).

Atendiendo al grado de dispersión de la altura dominante se propone diferenciar las calidades de sitio por el valor del índice de sitio a la edad de 10 años con intervalos de 3 m, rango utilizado en la URSS y EEUU (Anuchin, 1970) y en México por Aguirre y Zepeda (1985), indicado también por Alvarez y Varona (1988), correspondiendo la curva guía al índice de sitio 18 m. Los índices de sitio propuestos son 15, 18, 21, 24, 27 y 30 metros.

La curva de crecimiento de la altura dominante que determina cada índice de sitio se define como proporcional a la curva guía mediante el cálculo del término independiente:

$$a_i = \ln IS + b/A^k$$

donde :

a_i - término independiente

IS - índice de sitio

Quedan definidas las ecuaciones de cada índice de sitio por:

INDICE DE SITIO	ECUACION
IS = 15 m	$\ln h_0 = 4,4287 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$
IS = 18 m	$\ln h_0 = 4,6110 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$
IS = 21 m	$\ln h_0 = 4,7651 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$
IS = 24 m	$\ln h_0 = 4,8987 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$
IS = 27 m	$\ln h_0 = 5,0164 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$
IS = 30 m	$\ln h_0 = 5,1218 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$

Gráficamente el resultado puede apreciarse en la figura 6.

La tabla 11 contiene los valores predictivos, en intervalos de altura dominante, para la evaluación práctica de la calidad de sitio de las plantaciones.

Las curvas de índices de sitios propuestas permiten clasificar las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río por su productividad potencial. El sistema de índices de sitio expresa directamente la calidad del sitio en valores absolutos de altura dominante y permite la comparación con otras especies y dentro de la misma especie en otras regiones. Se compara gráficamente (figura 7) la tendencia del crecimiento promedio en altura dominante obtenida y curvas de crecimiento de otras especies en dos regiones diferentes del mundo, Africa y Sudamérica, las cuales han sido seleccionadas del resumen de tablas de rendimiento de Jacobs (1981); se toma en cuenta que el valor de la altura dominante a los 10 años fuese próximo a 18 m. De esta manera se seleccionaron las tablas que corresponden al índice de sitio 20 m para el *E. grandis* en Uganda y de Brasil la calidad de sitio V para *E. sp.*; puede afirmarse que la tendencia del crecimiento es muy similar, lo cual

justifica el modelo de crecimiento escogido y el resultado obtenido.

La ecuación de regresión entre la altura dominante (h_o) y la media (h_L) de las parcelas de muestra obtenida, es la siguiente :

$$h_o = 1.1977 + 1.1447 h_L$$

$$r = 0.97 \quad r^2 = 0.95 \quad s = 1.68$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION

FUENTE	SUMA DE CUAD.	G.L.	CUADRADO MED.	RAZON F
REGRESION	3239.2896	1	3239.2896	1150.776
RESIDUAL	185.7816	66	2.8149	
TOTAL	3425.0712	67		

La estimación del Área ocupada por cada calidad de sitio en la provincia es la siguiente:

IS(m)	AREA (%)
15	35.8
18	30.8
21	25.1
24	6.5
27	1.8
30	-

Agrupando los índices de sitio en las tres empresas forestales analizadas (Pinar de Río, Macurijes y Guanahacabibes) se realiza el análisis de varianza y prueba de Duncan, obteniéndose:

EMPRESA	IS MEDIO	SIGNIFICACION	
		0.05	0.01
P. del Río	20.2 m	a	a
Guanahacabibes	19.5 m	a,b	a,b
Macurijes	17.7 m	b	b

Hay diferencias significativas entre los índices de sitio medios, las diferencias se producen entre la Empresa Pinar de Río y la de Macurijes, pues el análisis estadístico no descubre diferencias entre esta última y Guanahacabibes ni

de ésta con la de Pinar de Río.

La explicación de las diferencias no es posible en el marco de este trabajo, se sugiere la investigación de los factores del sitio tales como los topográficos y edáficos como principal fuente de variación del potencial productivo de los sitios.

Investigaciones de este tipo son factibles a partir de los resultados obtenidos, puede considerarse la elaboración de modelos de predicción de la calidad de sitio que incluya variables ambientales como la pendiente y características físicas y químicas del suelo, Alder (1980) sugiere utilizar como variables predictoras el contenido de nutrientes, la profundidad y textura del suelo entre otros, por su parte Yordanov (1989) considera adecuado estudiar la relación entre el índice de sitio y factores tales como la profundidad del suelo, el contenido de humus, la capacidad de retención de agua, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, los niveles de micronutrientes, etc.; estudios efectuados por Keenan y Candy (1983) en rodales de *E. delegatensis* en Australia dan por resultado que los factores del sitio altitud, pendiente, material de origen del suelo, el drenaje, acidez y la exposición están correlacionados significativamente con el índice de sitio.

4.5 Distribución de frecuencias diamétrica

En 30 de las muestras procesadas, la hipótesis de que la distribución es normal no puede ser rechazada para un nivel de significación de 0,05 .

El siguiente resumen expresa los valores promedio de los

estadísticos calculados :

Diámetro relativo mínimo = 0.43 (dr min)
 Diámetro relativo máximo = 1.79 (dr max)
 Coeficiente de variación = 0.31 (CV)
 Coeficiente de simetría = 0.063 (b1)
 Coeficiente de curtosis = 2.73 (b2)

En cuanto al resto de las parcelas cuyas distribuciones no pudieron ser aproximadas a la distribución normal, es consecuencia de la ejecución de cortas no programadas y otros factores que determinan la falta de normalidad de sus distribuciones diamétricas.

Intervalos de confianza del coeficiente de variación :

$$CV = s / \bar{x}$$

$$\bar{x} = dr \text{ medio} = 1$$

$$(CV)^2 = s^2$$

$$(0.31)^2 = 0.098 = s^2$$

Resultan los intervalos de confianza para la varianza:

$$] 0.0621 ; 0.1774 [$$

que es equivalente:

$$0.25 < CV < 0.42$$

Intervalos de confianza de los diámetros relativos mínimo y máximo :

$$0.38 < dr \text{ min} < 0.48 \quad \text{y} \quad 1.7 < dr \text{ max} < 1.9$$

La tabla 12 contiene el análisis de correlación de las variables que caracterizan la distribución de frecuencias diamétricas. De la matriz de correlación se infiere que no puede establecerse dependencia entre el coeficiente de variación (CV), el diámetro relativo mínimo y máximo y los coeficientes de curtosis (b2) y simetría (b1) con la edad (A), no así el diámetro medio absoluto, que como era de esperar tiene una fuerte dependencia de la edad.

En base a los resultados anteriores se puede plantear que el coeficiente de variación promedio estimado $CV = 0.31$ comprendido dentro del intervalo de confianza $[0.25 : 0.42]$ corresponde a la conclusión dada por Prodan (1962 cit. por Anuchin, 1970) de que el coeficiente de variación promedio en rodales homogéneos es de 30 %. Los valores de los coeficientes de simetría y apuntamiento (b_1 y b_2) permiten afirmar que la distribución diamétrica, aunque ajusta satisfactoriamente a la normal, es ligeramente asimétrica y positiva y algo menos apuntada que la distribución normal ($b_1 = 0$ y $b_2 = 3.0$).

Estandarizando el valor del diámetro relativo desde 0.4 a 1.8 en clases de 0.1 de amplitud con un coeficiente de variación de 0.30 mediante la variable normal z , se obtiene la distribución de frecuencias esperadas en cada clase de diámetros relativos (figura 8):

dr	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
%	1.9	3.37	5.51	8.34	10.7	12.7	13.75	12.6	10.7	8.36
dr	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8					
%	5.5	3.37	1.9	0.9	0.4					

Como conclusión, la distribución de frecuencias del diámetro de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. siguen una distribución normal o al menos esa hipótesis no se puede rechazar en base a las muestras analizadas. La distribución encontrada es ligeramente asimétrica, positiva y algo menos apuntada que la distribución normal.

La variabilidad del diámetro puede estimarse en un 30%, valor que coincide con el encontrado por diversos autores:

esta variación está comprendida entre un mínimo de 0,4 y un máximo de 1,8 veces el diámetro promedio.

Este resultado es de importancia en la modelación de la estructura dimensional del rodal, para su aplicación práctica en la estimación de surtidos maderables e investigaciones de manejo silvicultural.

4.6. Índice de Densidad de Reineke

El ajuste a la ecuación logarítmica, básica para la definición del IDR, de los valores del número de Árboles (N) y el diámetro medio (dg) obtenidos de las 58 parcelas seleccionadas, da como resultado :

$$\log N = 2,0246 - 1,3501 \log dg$$

$$r = -0,95 \quad r^2 = 0,90 \quad s = 0,1269$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION

FUENTE	SUM. DE CUADRADO	G.L.	CUAD. MEDIO	RAZON F
REGRESION	8,2426	1	8,2426	512,229
RESIDUAL	0,9011	56	0,0161	
TOTAL	9,1437	57		

La figura 9 ilustra el resultado obtenido, la curva representa la densidad promedio de las parcelas de muestra. En la figura 10 se plotea la ecuación de Reineke junto a la curva de densidad calculada en base al criterio de densidad óptimo recomendado por Jacobs (1955 cit. por Flinta, 1960) para el eucalipto en Australia, quien establece que la relación de espaciamiento normal es igual a 15. De la comparación de ambas curvas se infiere que el *Eucalyptus* sp. en Cuba se distingue por una necesidad mayor de espacio vital, hasta que alcanza 20 cm de diámetro promedio, aproximadamente, similar conclusión establece Stephan (1980)

para *Pinus caribaea* comparado con el *Pinus silvestris* de Europa; después del valor indicado de diámetro se manifiesta una mayor capacidad de soportar disminuciones del área de crecimiento en el *Eucalyptus* sp.

Considerando la línea promedio como densidad máxima permisible para asegurar un adecuado desarrollo de la masa, la misma se convierte en un índice de densidad relativo que indica la densidad 1,0 (100 %). Para su utilización práctica en la regulación de la densidad de rodales en desarrollo es usual (Husch y col., 1982) su representación gráfica en un sistema de ejes coordenados con escalas logarítmicas donde se plotean los valores naturales de diámetro y número de árboles (figura 11).

4.7 Modelo de crecimiento y rendimiento

Como criterio de densidad máxima permisible se emplea la ecuación de Reineke, desarrollada para este estudio. La calidad productiva de los sitios se evalúa por el sistema de curvas de índices de sitio en base al valor de la altura dominante a la edad de 10 años.

El crecimiento en altura dominante es indicador del potencial productivo de un sitio, por lo que se puede afirmar que los demás índices dasométricos del rodal estarán relacionados con este crecimiento, la cual constituye una variable combinada: expresión de calidad productiva y tiempo, por lo que la otra variable de importancia significativa del rodal, el diámetro promedio, es puesta en función de la altura dominante para obtener así un modelo de crecimiento del diámetro promedio (Alder, 1980).

Se obtiene la ecuación de regresión entre el diámetro (d_g) y

la altura dominante (h_0). EL modelo es seleccionado por análisis de regresión paso a paso (Anónimo, 1979); obteniéndose como resultado la función parabólica siguiente:

$$dg = 0.004487 + 0.003803 h_0 + 0.000168 h_0^2$$

$$R^2 = 0.94 \quad R = 0.97 \quad \alpha = 0.02$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION

FUENTE	SUM. DE CUADRADO	G.L.	CUAD. MEDIO	RAZON F
REGRESION	0.390271	2	0.195135	522.233
RESIDUAL	0.024288	65	0.000374	
TOTAL	0.414559	67		

La expresión anterior permite estimar el valor del diámetro medio del rodal en función de la altura dominante y por consiguiente es función del potencial productivo del sitio y de la edad, relación propuesta, también, por Alder (1980) para este fin.

Para la modelación de la estructura dimensional del rodal se utiliza la curva de densidad probabilística normal (curva de Gauss Laplace) como función de distribución diamétrica.

El cálculo del rendimiento total (volumen por hectárea) se realiza mediante el modelo logarítmico de volumen en combinación con la ecuación del perfil del fuste para la estimación de los surtidos maderables típicos. El conjunto de ecuaciones anteriores se programan mediante el sistema SUPERCALC-4 para microcomputadoras IBM y compatibles de manera que funcionen interrelacionadamente y permitan, a conveniencia del usuario, simular el crecimiento y la estructura dimensional del rodal. La composición del modelo de simulación del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de eucaliptos programado es:

A- Sistema de ecuaciones para la determinación de la calidad de sitio :

INDICE DE SITIO	ECUACION	(1)
IS = 15 m	$\ln h_o = 4,4287 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$	
IS = 18 m	$\ln h_o = 4,6110 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$	
IS = 21 m	$\ln h_o = 4,7651 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$	
IS = 24 m	$\ln h_o = 4,8987 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$	
IS = 27 m	$\ln h_o = 5,0164 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$	
IS = 30 m	$\ln h_o = 5,1218 - 2,727 \ 1/A^{0,2}$	

donde : \ln = logaritmo neperiano

A = edad (años)

B - Sistema de ecuaciones para la predicción del rendimiento y la estructura dimensional del rodal :

1-Modelo de crecimiento del diámetro promedio :

$$d_g = 0,004487 + 0,003803 \ h_o + 0,000168 \ h_o^2 \quad (2)$$

2-El valor estimado del diámetro promedio del rodal (ecuación 2) se sustituye en la expresión del índice de Reineke :

$$\log N = 2.02 - 1,35 \log d_g \quad (3)$$

El número de árboles estimado por la ecuación (3) representa la densidad llena correspondiente.

Con el diámetro promedio (d_g) y el número de árboles (N) determinados por las ecuaciones (2) y (3) y utilizando la distribución de frecuencias del diámetro definida por la distribución normal, con media igual a d y un coeficiente de variación del 30 %, diámetros relativos máximo y mínimo de

1,8 y 0,4 respectivamente del valor promedio, se simula la estructura dimensional del rodal.

Teniendo en cuenta la relación que existe entre el diámetro de área basal media (d_g), el diámetro medio aritmético (d) y la varianza (s^2) (Spiegel, 1977; Aldana y col., 1986):

$$s^2 = d_g^2 + d^2$$

es necesario convertir d_g en d para poder entrar en la distribución de frecuencias diamétricas, relación que queda determinada por la expresión :

$$d = \sqrt{d_g^2 / 1.09} \quad (4)$$

3- Calculando para cada clase diamétrica, en la distribución de frecuencias, el volumen y los surtidos maderables mediante el modelo de volumen total y la función del perfil del fuste :

$$v = 0.3168 N(d^2 h)^{0.9155} \quad (5)(6)$$

$$v = [0.0002 x - 0.0007 x^2 / 2 + 0.001 x^3 / 3 - 0.0005 x^4 / 4] h^3$$

donde : v = volumen de la clase diamétrica

d = clase diamétrica

h = altura de la clase diamétrica

x = h_i / h

h_i = altura hasta d_i (diámetro entre el suelo y la punta del árbol)

Los surtidos son calculados por la ecuación 6, los mismos se expresan en porciento del volumen total, valores que se introducen en el programa como un fichero de datos, el cual es leído por la computadora para obtener el valor correspondiente a cada clase diamétrica. Ya que la ecuación (5) emplea como variable independiente la altura por clase diamétrica, se ajusta una ecuación de regresión entre los valores de diámetro y altura de la muestra de árboles usados en la construcción de la tarifa de volumen, escogiéndose

como el mejor modelo :

$$\ln h = 3.871499 - 0.5767448 \ln 1/d \quad (7)$$

$$r^2 = 0,939 \quad r = - 0.969 \quad s = 0.1095$$

ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION				
FUENTE	SUM. DE CUADRADO	G.L.	CUAD. MEDIO	RAZON F
REGRESION	55.510485	1	55.510485	4628.50
RESIDUAL	3.585966	299	0.011993	
TOTAL	59.096451	300		

El modelo elaborado se ha nombrado SIMUCRE (Simulación del Crecimiento y Rendimiento del *Eucalyptus* sp.); tiene una estructura similar a los propuestos por Schreuder y col., (1979) para el *Pinus elliottii*, el de Goodwin y Candy (1986) de *Eucalyptus globulus* y el de Knoebel y col. (1986) para *Liriodendron tulipifera*.

4.7.1. Validación del modelo

La validación es el procedimiento para determinar en qué medida el modelo representa la realidad; dadas las características de la información empleada para la construcción de SIMUCRE, éste resulta especulativo y su verificación directa no es posible por cuanto se necesitaría hacerlo por vía experimental o mediante parcelas permanentes a largo plazo (Alder, 1980). Similar problema enfrentan Goodwin y Candy (1986) en la validación de su modelo; sin embargo la técnica estadística de análisis residual entre los valores estimados por el modelo y los datos para su construcción constituye una alternativa práctica de validación, plantea Alder (1980), quien considera que normalmente es suficiente hacer los estudios de validación sobre el volumen total. Siguiendo el procedimiento se aplica el modelo a 66 parcelas de prueba para predecir los valores

de volumen total, utilizándose como variables independientes el número de árboles y el diámetro promedio. Esto resulta un proceso de validación parcialmente independiente por cuanto el tipo de información utilizada en la construcción del modelo es estadísticamente independiente de la información para la comprobación, aunque provenga de las mismas parcelas de prueba.

Se aplica como criterio estadístico de validación el análisis de los residuos de la diferencia entre el valor observado (V) y el valor estimado por el modelo (V'), criterio universalmente aplicado a este problema (Reynolds, 1984).

La figura 12 representa el ploteo de los residuos ($V - V'$) contra la variable estimada (V') según se indica por Anónimo (1979), Alder (1980), Pupo y col. (1983), Reynolds (1984) y Linares y col. (1986) para el análisis de los residuos.

La inspección visual del ploteo de los residuos y los valores de sus estadísticos: error promedio (E), desviación estandar residual (S_{res}) y el coeficiente de variación residual ($CV_{res}\%$) son indicadores de una predicción satisfactoria; no obstante los residuos se someten a la prueba de Ji-Cuadrado y de Smirnov-Kolgomorov para comprobar la normalidad de su distribución (tabla 13). Puede afirmarse que el modelo SIMUCRE realiza una predicción estadísticamente satisfactoria del volumen total, predicción básica en el pronóstico del rendimiento.

4.8 Norma de densidad

La Norma Ramal 595 para la ejecución de los raleos en los bosques de Cuba (MINAGRI, 1983) establece una escala de

densidades relativas máxima (1.0) indicadas por el valor de área basal para la altura media del rodal. Por medio del modelo SIMUCRE se ha calculado el área basal que corresponde a los valores de altura dados en la escala de densidad de la NRAG 595, ambos conjuntos de valores se representan en la figura 13. La conclusión es evidente, la NRAG 595 establece un límite de densidad que discrepa notablemente con el propuesto en el presente trabajo, con las correspondientes consecuencias para la determinación del momento del aclareo.

4.9. Tablas de crecimiento y rendimiento.

Mediante el procedimiento descrito en 4.7 se han preparado dos conjuntos de Tablas de Crecimiento y Rendimiento (Tablas 14 a 35) donde se tabulan los valores de los índices dasométricos : edad (A), número de árboles (N), altura media de Lorev (hL), altura media dominante (ho), área basal (G), volumen total (V), incremento medio anual de la producción total (IMA) y los volúmenes de los surtidos madera en bolo (B), postes (P), varas (V), cujes (C) y leña (L) hasta la edad de 25 años. Estas tablas se presentan en las dos situaciones posibles: rodales raleados y sin raleos, en dos marcos de plantación 2x2 m y 3x3 m, considerando una supervivencia al concluir el primer año de 80 y 90 % respectivamente, lo cual determina el inicio de la simulación con número de árboles de 2000 y 1000 respectivamente. En las tablas que incorporan los raleos, los mismos se indican por los valores de los índices dasométricos antes y después de efectuado el mismo, la diferencia constituye el resultado del raleo, destacable la coincidencia aproximada del régimen de aclareos indicados

por las tablas con las recomendaciones dadas por Fors (1967) y Betancourt (en prensa b).

Los valores de densidad límite, definidos por la ecuación de Reineke en número de árboles por hectárea para un valor dado de diámetro (dg), pueden ser expresados en cualquier forma por medio del modelo SIMUCRE, así por ejemplo se ha calculado el índice de Hart-Becking antes y después de los raleos simulados en las tablas de rendimiento (ver epígrafe 2.9) dando valores de aproximadamente 15 y 20 % respectivamente, este último valor, es decir, el valor del espaciamiento después del raleo coincide con el indicado para muchas especies en Europa (Vyskot y col., 1978 cit. por Alvarez y Varona, 1988), por lo que se considera que los valores de densidad calculados con la ecuación de Reineke constituyen una medida adecuada para determinar el límite de competencia permisible de las plantaciones de eucaliptos. Las figuras 14, 15, 16 y 17 expresan el desarrollo del volumen en pie para las dos variantes analizadas (con y sin raleos) en ambos marcos de plantación. Al comparar las figuras 14 y 15 (sin raleos), se puede afirmar que la producción del rodal es función de la calidad de sitio y para la densidad inicial mayor se obtienen valores superiores a edades más tempranas. En las figuras 16 y 17, donde se simula el desarrollo del volumen en pie bajo el efecto de las cortas intermedias se observan crecimientos más altos como consecuencia de la redistribución del incremento en los árboles que quedan después de efectuado el raleo. La diferencia en la densidad inicial provoca que la competencia se presente más temprano en el espaciamiento

menor, determinándose la necesidad de la intervención silvícola para anticipar las pérdidas por mortalidad e imprimiendo una mayor velocidad de crecimiento.

Las figuras 18 y 19 ilustran el desarrollo de la producción total del rodal (volumen en pie más el de los aprovechamientos intermedios), es evidente que la producción de rodales con raleos es mucho mayor que en aquellos no raleados, también la producción de rodales raleados con mayor frecuencia es más alta, cuestión esta que es más claramente apreciada en la figura 20; en igualdad de calidad de sitio la producción es mayor en los rodales con densidades iniciales mayores. Estos resultados confirman lo establecido por la práctica silvícola de que a mayor calidad de sitio raleos más frecuentes y que espaciamientos estrechos obligan a raleos más tempranos y frecuentes.

El análisis anterior del desarrollo del volumen forestal en dependencia de la calidad del sitio y el tratamiento silvícola se corresponde con los postulados fundamentales de la teoría dasonómica y se confirma la consistencia del modelo SIMUCRE .

4.10. Fijación del turno.

La determinación del turno constituye una de las decisiones claves que el ordenador forestal debe hacer, su importancia en el manejo de bosques uniformes radica en que la estructura del método de regulación adoptado queda determinado por el período de rotación establecido (Davis, 1954).

La fijación del turno, plantean Bobkó y Aldana (1981), es una tarea de optimización mediante la cual se busca un turno

que además del cumplimiento de las exigencias técnicas (producción máxima de los diversos surtidos maderables) represente el óptimo entre los turnos de máxima producción en volumen y el máximo ingreso financiero.

Los criterios de cortabilidad que se consideran para la definición de los turnos para la obtención de las producciones maderables consideradas (cujes, varas, postes y bolos) son los de cortabilidad absoluta o forestal, técnica y financiera según se definen por Corral (1935), Mackay (1961) Bobkó y Aldana (1981), Mendoza (1983) y Rivero (1984). Para el presente análisis sólo se considera la producción de rodales raleados, por cuanto la alternativa sin raleo constituye una variante poco probable y menos productiva.

La edad de cortabilidad absoluta, forestal o volumétrica se determina por el momento del máximo incremento en volumen, las figuras 21 y 22 representan el desarrollo del incremento medio anual (IMA) de la producción total, es decir, volumen en pie más el de los aprovechamientos intermedios, para las densidades de plantación consideradas, 2500 y 1110 plantas por hectárea. Se puede apreciar que en los rodales establecidos con una densidad inicial superior se obtienen mayores valores de incremento y una más temprana culminación, produciéndose esta entre los 5 y 10 años y en la variante alterna (1110) entre 8 y 22 años, edades comprendidas en el intervalo de culminación del incremento de varias especies de *Eucalyptus* (Jacobs, 1981).

Las tablas 36, 37, 38 y 39 contienen las cifras de la evaluación económica de la producción y su costo, así como

los indicadores económicos sintéticos costo por peso, costo por metro cúbico y rentabilidad para turnos supuestos de 5 a 25 años, los cuales son básicos para fijar la edad de la máxima renta (cortabilidad financiera). Particularmente se evalúan anualmente los mismos para la producción de cujes con las densidades iniciales recomendadas por la Instrucción Técnica No.2 para el manejo de plantaciones de eucalipto para cujes (MINAGRI, 1988 b).

A partir del análisis de estos valores pueden establecerse las siguientes generalizaciones:

- 1.- La edad de cortabilidad financiera está en relación inversa con la calidad de sitio.
- 2.- Los indicadores económicos sintéticos tienen valores similares en las densidades iniciales de plantación analizadas, estableciéndose la diferencia por la mayor producción en la densidad más alta, como consecuencia de los raleos más frecuentes.
- 3.- La producción de cujes no es rentable.

En las condiciones de la economía socialista, el criterio de cortabilidad técnica es de primera importancia por cuanto satisface las necesidades de la economía en surtidos maderables. Esta edad de corta se fija cuando se ha alcanzado la mayor cantidad de madera de la calidad deseada, mediante las tablas de producción propuestas tales edades pueden ser encontradas fácilmente.

En el marco de este trabajo no es posible establecer categóricamente, los turnos para la satisfacción de las necesidades de la economía con los surtidos maderables que producen las plantaciones de eucaliptos, por cuanto

constituyen decisiones de las instancias que determinan la política forestal, por tales motivos sólo se dan opiniones sobre el problema.

Para la producción de cujes deben utilizarse los índices de sitio 15 y 18 m, excepcionalmente el índice de sitio 21 m, con un turno promedio de 4 años, en éste se obtiene la máxima producción de este surtido y dado el crecimiento más lento en estos índices de sitio los árboles tienen más tiempo de lignificar, obteniéndose un producto de más calidad. Al emplear marcos de plantación de 1.3 x 1.3 m se alcanza mayor producción y no tiene diferencia en cuanto a la rentabilidad con el marco de plantación de 1.5 x 1.5 m; no obstante, si este surtido constituye el objetivo principal de producción el manejo debe ser por monte bajo, pudiendo ser aplicables las prácticas silviculturales para los talleres de eucaliptos destinados a la obtención de madera para pasta y carbón, Navarro de Andrade (1961), Jacobs (1980) y Hillis y Brown (1984) consideran conveniente densidades de plantación máximas de 2500 plántulas/ha, para asegurar un buen rebrotado las cepas deben tener entre 10 y 20 cm de diámetro y una altura no mayor de 12 cm, el corte debe ser liso y algo inclinado para facilitar el escurrimiento del agua y si se requieren troncos derechos, como es el caso, es necesario ralea los rebrotes a dos o tres e incluso uno solo; el número de rotaciones parece ser de tres o cuatro como máximo. La producción de cujes por tallar requiere de investigaciones apropiadas.

La producción de postes es preferible obtenerla empleando densidades iniciales de 2500 plantas por hectárea, siempre

que se asegure la ejecución oportuna de los raleos indicados en la tablas de producción, porque se logra una reducción del tiempo para obtener este surtido, si se compara con plantaciones establecidas con densidades iniciales de 1110 plantas por hectárea. Puede fijarse la edad de corta en 10 años y se recomienda utilizar los índices de sitio 21, 24, 27 y 30 m, estos dos últimos por excepción; las varas se obtienen como producción secundaria de este turno.

Los índices de sitio 27 y 30 m, dada su poca representación, es preferible utilizarlos en la producción de madera aserrable con turnos mínimos de 20 a 25 años. Prolongar el turno permitiría elevar la producción, pero se pierde la ventaja principal que radica en la reducción de los ciclos productivos; por otro lado pudiera coincidir con la edad de corta de otras especies de mejor calidad para este surtido (majagua y cedro por ejemplos).

La tabla 40 contiene los valores de las edades de cortabilidad volumétrica, financiera y técnica para cada índice de sitio, para la densidad inicial de 2500 plantas la cual permite obtener los mayores valores de producción, según se ha demostrado.

Los análisis se han limitado a las medidas silvícolas instrumentadas en el país en cuanto a marcos de plantación, intensidad de raleo, etc. cualquier otra alternativa puede se simulada por el modelo SIMUCRE y evaluarse económicamente mediante técnicas de programación dinámica u otras como las empleadas por Brodie y col. (1978), Cawrse y col. (1984), Hoganson y Rose (1984), Hardie y col. (1984) y Riitters y Brodie (1984) para la optimización de regímenes de aclareos.

5. CONCLUSIONES

Del estudio del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río se derivan las siguientes conclusiones :

- 1.- Las plantaciones de *Eucalyptus* sp. no han sido adecuadamente manejadas, por lo que sus índices dasométricos se encuentran por debajo de sus potencialidades.
- 2.- El sistema de curvas de índice de sitios propuesto permite diferenciar las plantaciones en seis calidades de sitios, las cuales quedan determinadas por el valor de la altura dominante. Los índices han sido fijados a la edad de 10 años por los valores 15, 18, 21, 24, 27 y 30 m. Se estima que el 92% de la superficie plantada se encuentra distribuida entre los índices de sitios 15, 18 y 21 m.
- 3.- Los modelos logarítmicos de volumen estiman satisfactoriamente el volumen total de madera con y sin corteza; mediante la ecuación promedio del perfil del tronco se pueden calcular los porcentajes, que representan del volumen total, los distintos surtidos maderables de interés. Estos dos resultados constituyen el instrumento necesario para la cuantificación del rendimiento maderero de las plantaciones.
- 4.- La distribución de frecuencias de los diámetros normales puede ser ajustada por la función probabilística de Gauss; utilizándose la ecuación de predicción de las alturas totales en función de sus diámetros individuales y los modelos de volumen y el del perfil del fuste para el cálculo de los surtidos se determina la estructura dimensional del rodal .
- 5.- El programa SIMUCRE constituye el primer modelo de

simulación dinámica de crecimiento y rendimiento forestal realizado en Cuba, permite predecir el desarrollo de los índices dasométricos de las plantaciones en función de la calidad de sitio, la edad y el método silvícola.

6.-De la comparación de la curva de densidad límite (ecuación de Reineke), expresada en términos de área basal y altura mediante el modelo SIMICRF, con la producida con los valores de la escala de densidades de la Norma Ramal 595 (MINAGRI, 1983) para la definición de los aclareos, resulta que esta última no es un indicador adecuado para el raleo, por cuanto en las etapas de pleno desarrollo de los rodales admite valores máximos de área basal que provocan una competencia inadmisibles para el normal crecimiento de las plantaciones, alterándose la decisión sobre el momento y la necesidad del raleo. Se considera adecuada la intensidad de corta establecida por la norma.

7.-Por medio del modelo SIMICRE y los indicadores económicos necesarios se han valorado cuatro variantes de densidades iniciales de plantación 2500, 1110, 5900 y 4440 plantas por hectárea, las dos primeras para la producción de madera aserrable, postes y madera rolliza (varas), y las dos últimas para la obtención de cujes para el secado del tabaco. Se concluye que para la producción de surtidos maderables gruesos y siempre que se asegure la ejecución del programa de raleos indicado en las tablas de producción resulta más ventajosa la utilización de densidades de plantación de 2500 plantas por hectárea en marco cuadrado de 2 x 2 m. Para la producción de cujes es más conveniente emplear el marco de plantación de 1.3 x 1.3 m el cual

asegura una mayor producción; debe tenerse en cuenta que la primera cosecha de cujes no es rentable con los precios actuales.

8.-La fijación del período del turno para la obtención de los distintos surtidos maderables constituye una decisión que implica el análisis de los distintos factores que lo determinan dentro de los cuales el conocimiento de la edad de cortabilidad es fundamental, la cual ha sido determinada para los criterios volumétrico, financiero y técnico (tabla 40).

6. RECOMENDACIONES

1 - Utilizar las ecuaciones de volúmenes en los trabajos de inventario forestal, como tablas o incorporadas en un programa de procesamiento de datos para computador electrónico, también pueden ser empleadas para calcular coeficientes mórficos, si se prefiere este modo de estimar volumen. Para el cálculo de los surtidos maderables se recomienda el procedimiento explicado, basado en la ecuación del perfil del tronco.

2.- Diferenciar las plantaciones de eucaliptos en calidades de sitios mediante las tablas de índices de sitios propuestas. Debe instruirse para los trabajos de inventario forestal la medición del valor de la altura media dominante.

3.- Manejar las plantaciones de acuerdo con su índice de sitio, empleando las tablas de producción resultantes de este estudio.

4.- Emplear el modelo SIMUCRE para el análisis de otras variantes de manejos silvícolas que se consideren.

5.- Sustituir la escala de densidad de la Norma Ramal 595 de tratamientos silvícolas, para el eucalipto, por la derivada de la ecuación de Reineke.

6.- Para la definición del período del turno de las plantaciones de eucaliptos tener en cuenta las edades de cortabilidad definidas en el trabajo.

7.- Establecer parcelas experimentales para el estudio del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de eucaliptos en condiciones controladas que permitan las comprobaciones y correcciones necesarias al modelo SIMUCRE.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz (1967): La historia me absolverá. 6^{TA} - Edición Homenaje al XIV Aniversario del Asalto al Moncada. Ediciones Políticas. Instituto del Libro. La Habana. 33 p.
- Partido Comunista de Cuba (1987): Programa del Partido Comunista de Cuba. Editora Política. La Habana. 72 p.
- Abbott, I y O. Loneragan (1983): Response of Jarrach (*Eucalyptus marginata*) regrowth to thinning. Australian Forest Research 13 pp 217-229.
- Aguirre, O. A. y E. M. Zepeda (1985): Estimación de índices de sitios para *Pinus pseudoestrobis* Lind. de la región de Iturbide, Nuevo León. Ciencia Forestal N 56 V 10 pp 50-64.
- Aldana, E.; Marisela Frías y A. Zaldivar (1986): Conferencia de Dasometría. Facultad de Ingeniería Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 102 p.
- ✓ Aldana, E. (1983): Ein Beitrag zur Waldinventur in Kuba- Dargestellt an untersuchungen in den Kiefern wäldern der Oberförsterei Cajalbana. Tesis de Candidatura. Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen des Wissenschaftstrates der Technischen Universität Dresden. Sektion Forstwirtschaft. 222 p.
- ✓ Alder, D. (1980): Estimación del volumen y predicción del rendimiento. Vol. 2. Estudio FAO: Montes 22/2 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 118 p.
- Alvarez, P. A. y J.C. Varona (1988): Silvicultura. Pueblo y Educación. Combinado Poligráfico "Juan Marinello". 354p.

- Ancizar, M. J. (1980): Estudio de las posibilidades de obtención de taninos a partir de tres especies de los géneros *Pinus*, *Eucalyptus* y *Casuarina*. Trabajo de Diploma. Unidad Docente de Ingeniería Forestal. Centro Universitario de Pinar del Rio. 30 p.
- Andrulot, E.R., L.P. Blacwell and P.Y. Burns (1972): Effects of thinning on yield of Loblolly Pine in Central Louisiana. Division of Research College of Life Sciences Louisiana Tech. University Ruston Louisiana. Bulletin N 6. 145 p.
- Anónimo (1979): Análisis de regresión aplicado. Universidad de la Habana. Facultad de Economía. Departamento de Estadística. 260 p.
- 0 Anuchin, N.P. (1970): Forest mensuration (Lesnaya taksasiya). Second Edition (1960). Israel Program for Scientific Traslation. Jerusalem. 454 p.
- Báez, R.; A. Bobkó y F. Hernández (1980): Clasificación tipológica de los bosques y su aplicación en la economía forestal. Revista Forestal Baracoa V 10 N 1-2 pp 51-61.
- 0 Báez, R.(1988): Estudios dasométricos de plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst en suelos cenagosos de la Provincia La Habana. Tesis en opción al Grado Científico de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. ISCAH "Fructuoso Rodríguez". INCA. 125 p.
- Bailey, R.L.(1980): Individual tree growth derived from diameter distribution models. Forest Science V 26 N 4 626-632 pp.
- Bailey, R.L.; L.V. Pienaar; B.D. Shiver and J.W. Rheney

(1982): Stand structure and yield of site-prepared Slash Pine plantations. The University of Georgia. College of Agriculture Experiment Stations. Research Bulletin 291 November 1982. 42 p.

Bandé, J. M. (1980): Principales especies madero-melíferas de Cuba. Empresa Cubana de Apicultura. Sub-dirección técnica. 20 p.

• Bara, S. (1966): El conocimiento de la productividad de un suelo forestal por medio de experiencias limitadas. Actas del VI Congreso Forestal Mundial. Madrid. pp 1521-1523.

Bartet, J. H. et R. Bolliet (1976): Methode utilisee pour la construction de tables de production a silviculture variable. Office National des Forets. Section Technique. Document 76-9. Boulevard de Constance 77305. Fontainebleau. 90 p.

Betancourt, A. (en prensa a): Arboles maderables exóticos.

Betancourt, A. (en prensa b) : *Eucalyptus* sp. Capítulo X en Silvicultura especial.

Bitterlich, W. (1960): Die Entwicklung der Winkelzählprobe. Archiv für Forstwesen 9 Band Heft 2. 136-148 pp.

Bobkó, A. y E. Aldana (1981): Ordenación de montes. Partes I y II. Unidad Docente de Ingeniería Forestal. Centro Universitario de Pinar del Rio. 134 p.

Bonilla, R. G. (1988): Comunicación personal. Especialista de la Delegación Provincial del MINAGRI Pinar del Rio.

Borders, B. E. and R. L. Bailey (1986): A compatible system of growth and yield equations for Slash pine fitted with restricted three-stage least squares. Forest

Science V 32 N 1 pp 185-201 .

Borges, M. A.; M. R. Almeida y J. G. R. Magalhaes (1985):
Bosques homogéneos para producción de energía. IX
Congreso Forestal Mundial. Resumen de Ponencias.

Brodie, J. D.; D. M. Adams y C. Kao (1978): Analysis of
economics impacts on thinning and rotation for
Douglas-fir using dynamic programming. Forest Science
V 24 N pp 4513- 4522.

Burley, J; Wright, H. L. y Matos, E. (1971): Tabla de
volumen para el *Pinus caribaea* var *caribaea* en
Cajalbana. Revista Forestal Baracoa 7 (10) pp 7-15.
Cuba .

Bustamante, L. y J. A. de los Santos (1983): Aptitudes de
diferentes especies del género *Eucalyptus* como materia
prima celulósica. Ministerio de Agricultura, Pesca y
Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones
Agrarias. Madrid. 378 p.

9 Caballero, M. (1972): Tablas y tarifas de volúmenes.
Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección
General del Instituto Nacional Forestal. Nota I.N.F.
755 p.

4 Caillez, F. (1980): Estimación del volumen forestal y
predicción del rendimiento. Vol 22/1: Estimación del
volumen. Estudio FAO: Montes Roma. 91 p.

Cao, G. V.; H. E. Burkhart y T.A. Max (1980): Evaluation of
two methods for cubic-volume prediction of loblolly
pine to any merchantable limit. Forest Science 26 pp
71-80.

Cao, G. V. y H. E. Burkhart (1984): A segmented distribution

approach for modeling diameter frequency data. Forest Science V 30 N 1 pp 129-137.

Carpenter, P. (1966): La producción forestal de las masas de Eucalyptus globulus en el Norte de España. Actas del VI Congreso Forestal Mundial. pp 601-604.

CATIE (1986): Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico N 86. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba. Costa Rica. 45 p.

2 Carron, L. T. (1968): An outline of Forest Mensuration with special reference to Australia. Australian National University. Press Canberra. 224 p.

Cawrse, D. C.; D. R. Betters y B. M. Kent (1984): A variational solution technique for determining optimal thinning and rotational schedules. Forest Science V 30 N 3 pp 66-73.

• CIF (1980): Problema Principal Estatal - 010 Recursos Forestales Quinquenio 1976-80. Centro de Investigación Forestal. Informe Final. 32 p.

• CIF (1985): Breve caracterización de la actividad forestal en Cuba. Centro de Investigación Forestal. Ministerio de la Agricultura. CIDA. 52 p.

Cobos, A. (1988): Comunicación personal. Subdirector académico de la Escuela de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.

Cohen, W. E. (1948): Pastas y papel del Eucalyptus australiano. Unasylva V 2 N 6 236-243 pp.

Comité Estatal de Precios (1984): Lista Oficial de Precios

de Productos Forestales. Precios de Producción Nacional. 1-7 pp.

Corral, J. I. (1935): Curso de Ordenación y Valoración de Montes. Imprenta Ramblá, Bouza y Cía. La Habana. 222 p.

Corrales, J. C.; L. D. de la Paz; O. López; P. Luque y C. M. Méndez (1983): Comparación de dos unidades de muestreo. Trabajo de Curso. Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 12 p.

Cuba (1988): Norma Cubana. Sistema Internacional de Unidades. Ministerio de Educación. Editorial Pueblo y Educación. 163 p.

Cué, J. L.; E. Castell y J. M. Hernández (1987): Estadística. Primera Parte. Universidad de la Habana. Facultad de Matemática Cibernética. Ciudad de la Habana. 243 p.

Czarnowski, M. S. (1966): The problem of a probit measure and index of the potential productive capacity of forest land. Actas del VI Congreso Forestal Mundial. Madrid. 1430-1434 pp.

Davis, K. P. (1954): American Forest Management. McGraw-Hill Book Company, Inc. 482 p.

De La Lama, G. (1977): Atlas del eucalipto. Sevilla INIA e ICONA. 4 vols.

De la Rosa, R. (1985): Manual de utilización del paquete de programas estadístico MICROSTAT. SAD MINAGRI. 139 p.

De Nacimiento, J. F. (1979): Comparación de dos unidades de muestreo. Revista Forestal Baracoa V 9 N 1-2 49-55 pp.

De Nacimiento, J. F.; O. González; H. Benítez; E. Abreu y J. Pérez (1983): Tabla preliminar de rendimiento para

Pinus caribaea Pinar del Río. Revista Forestal Baracoa
V 13 N 2 103-123 pp.

Del Valle, J. I. (1986): La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en la determinación de la edad y el crecimiento de árboles tropicales. Revista Facultad Nacional de Agronomía Vol XXXIX N 1. pp 26-34.

Demaerschalk, J. P. and A. Knzak (1977): The whole-bole system a conditioned dual-equation system for precise prediction of tree profiles. Canadian Journal of Forest Research V 7: 488-497 pp.

Díaz, Georgina y G. A. Abrego (1985): Tablas de volúmenes maderables para las plantaciones de Eucalyptus sp. de la E.F.I. Macurijes, Pinar del Río. Trabajo de Diploma. Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 39 p.

Drew, T. J. y J. W. Flewelling (1977): Some recent Japanese theories of yield-density relationships and their application to Monterey pine plantation. Forest Science V 23 N 4 517-534 pp.

Drew, T. J. y J.W. Flewelling (1979): Stand density management an alternative approach and its application to Douglas-fir plantations. Forest Science V 25 N 3 518-532 pp.

Erteld, W. (1952): Vorratsbehandlung Ertrags im Wald. Deutscher Bauernverlag. Berlin. 88 p.

FAO (1961): Segunda Conferencia Mundial del Eucalipto. Informe Final (Edición Provisional) San Paulo. Brazil. 201 p.

Flinta, C. M. (1960): Prácticas de plantación forestal en

América Latina. FAD: Cuadernos de Fomento Forestal N 15. FAD Roma. 497 p.

Fors, A. J. (1936): Contribución al estudio de los eucaliptos en Cuba. Revista de Agricultura. Mayo-Junio. Departamento de Información y Propaganda de la Secretaría de Agricultura. 97-102 pp.

Fors, A. J. (1967): Manual de Selvicultura. 4^{TA} Edición. Instituto del Libro. Habana. 251 p.

Forstwirtschaftlichen Institut (1964): Tafeln für den Gebrauch in der Forsteinrichtung. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. 219 p.

Franz, F. (1967): Verfahren zur Herleitung von Ertragsniveau-Schätzwerten für die Fichte aus einmaigerhobenen Bestandesgössen. IUFRO 14TH Congress Munich. Sect. 25 VI. 287-303 pp.

García, D. (1984): New class of growth models for even-aged stands: *Pinus radiata* in Golden Downs Forest. New Zealand Journal of Forestry Science 14 (1): 65-88.

García, J. L. Y G. Tella (1986): Tablas de producción de densidad variable para *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Pirenaico. I.N.I.A. Comunicaciones. Serie Recursos Naturales N 43. 28 p.

Gausseñ, H. (1954): Théories et classification des climats et microclimats. Proceedings of the Eight International Botanical Congress, Paris. 125-130 pp.

Gómez Ricaño, J. R. (1966): Plantaciones forestales en Cuba. Actas del VI Congreso Forestal Mundial. 1612-1618 pp.

Gómez Ricaño, J. R.; F. Feliciano; A. Eremeev y K. Kalutskii (1976): Clasificación de los bosques de Cuba por la

importancia de las especies forestales. Revista Forestal Baracoa Año 6 N 3-4 27-43 pp.

* González, O. (1981): Ordenación Forestal. Pueblo y Educación. 160 p.

González E. (1985): Beitrag zur Durchforstung von *Pinus caribaea* var *caribaea* in Kuba. Dissertation A. Der Fakultät für Bau-, Wasser- und Forstwesen des Wissenschaftsrates der Technischen Universität Dresden. Sektion Forstwirtschaft. Tharand. TU Dresden. 139 p.

• González, O. y E. Pacheco (1986): Determinación de la ecuación del perfil del fuste del *Eucalyptus* sp.. Trabajo de Diploma. Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Rio. 25 p.

Goodwin, A. N. and S. G. Candy (1986): Growth models for *Eucalyptus globulus* plantation. Australian Forest Research V 16 N 2 pp 133-134.

Gra, H.; K. Lockow; A. Vidal; J. Rodríguez y M. Echevarría (1987): Estudios dasométricos en *Pinus caribaea* var *caribaea* I: Tablas de volumen. Instituto de Investigaciones Forestales. Ministerio de la Agricultura. (sin publicar)

Green, E. J.; H. E. Burkhart and T. R. Clason (1984): A model for basal area distribution in Loblolly Pine. Forest Science Vol 30 N 3 pp 617-628.

• Green, E. J. y W. E. Strawderman (1986): Stein-rule estimation of coefficients for 18 eastern hardwood cubic volume equations. Canadian Journal of Forest Research V 16: 249-255 pp.

Guimaraes, R. (1956): Ensaio de espacamentos em *Eucalyptus saligna* Sm. para producao de lenha. Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Servico Florestal. Boletim N 56. Rio Claro. 28 p.

Hafley, W. L. and H. T. Schreuder (1977): Statistical distribution for fitting diameter and height data in even aged stands. Canadian Journal of Forest Research V 7 : 481-487 pp.

Hardie, J. W.; J. N. Daberkow y K.E. McConnell (1984): A timber harvesting model with variable rotations lengths. Forest Science Vol 30 N 2 511-523 pp.

Hernández, A.; J. M. Pérez; D. Gómez; D. Bosch; A. Marrero y A. Obregón (1973): Estudio genético y uso de los suelos del Plan Forestal Macurijes. Serie Suelos N 17. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana. 27 p.

Hernández, A.; J. M. Pérez; D. Gómez; D. Bosch; E. Camacho; J. Baisse; J. M. Pérez; D. Ascanio; J. Ruiz; L. Avila; N. Castro; A. Cárdenas; R. Delgado; J.E. González y A. Fundora (1980): Clasificación genética de los suelos de Cuba (1979). Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Suelos. Editorial Academia de Ciencias. La Habana. 28 p.

Herrera, F. H.; P. V. Kostrikov; Y. Betancourt y D. A. Alvarez (1987): Tecnología de la producción de muebles con piezas conformadas de chapas de madera tropical. Aspectos teóricos y prácticos. Ministerio de Educación Superior. ENPES. 211 p.

Hillis, W. E. and H.G. Brown (editores) (1984): *Eucalyptus*

for wood production. CSIRO Academic Press. Australia.
434 p.

Hoganson, H. M. y D. W. Rose (1984): A simulation approach
for optimal timber management scheduling. Forest
Science Vol 30 N 1 220-238 pp.

Hunter, I. R. y A. R. Gibson (1984): Predicting *Pinus
radiata* site index from environmental variables. New
Zealand Journal of Forestry Science 14 (1): 53-64 pp.

Husch, B.; C. I. Miller and T.W. Beers (1982): Forest
mensuration. Third Edition. John Wiley and Sons. N. Y.
402 p.

IIF (1987): Apuntes para la definición de la distancia de
plantaciones del *Pinus caribaea var caribaea* Morelet.
Instituto de investigación Forestal. 20 p.
(mimeografiado).

Instituto de Meteorología (1982): Guía climática abreviada
para especialistas de la agricultura. Academia de
Ciencias de Cuba. 306 p.

Jacobs, M. R. (1980): El Eucalipto en la repoblación
forestal. Estudio FAO. Montes. Organización de las
Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Roma. 723 p.

Juárez, L. A. y A. Pollé (1987): Estudio preliminar para la
determinación del tamaño y forma óptima de la parcela
de muestreo para el inventario en la Microreserva de
San Marcos (E.F.I. La Palma). Trabajo de Diploma.
Facultad de Ingeniería Forestal. Centro Universitario
de Pinar del Río. 37 p.

Keenan, R. J. y S. Candy (1983): Growth of young *Eucalyptus*

delagatensis in relation to variation in site factors.

Australian Forest Research V 13 197-205 pp.

Keogh, R. M. (1979): El futuro de la teca en la América Tropical: Estudio sobre *Tectona grandis* en el Caribe, Centroamérica, Venezuela y Colombia. Unasylya V 31 N 126 pp 13-19.

Kinloch, D. y G. Page (1966): Quantitative techniques for relating site conditions to the productivity of certain conifers in North Wales. Actas del VI Congreso Forestal Mundial. Madrid. pp 1438-1441.

Klepac, D. (1976): Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Bosques. México. 365 p.

Koroliuk, V. S. (1986): Manual de la teoría de probabilidades y estadística matemática. Primera Reimpresión. Editorial MIR. Moscú. 579 p.

Knoebel, B. R.; H. E. Burkhart y D. E. Beck (1986): A growth and yield model for thinned stands of Yellow-poplar. Supplement of Forest Science Vol 32 N Monograph 27. 62 p.

Krug, A. G.; E.V. Nordheim and R.L. Giese (1984): Determining initial values for parameters of a Weibull model: A Case Study. Forest Science V 30 N 3 pp 573-581.

Lembcke, G.; E. Knapp y O. Dittmar (1981): Die neue DDR-Kiefernenertragstafel 1975. Beiträge für den Forstwirtschaft Heft 2 55-64 pp.

Lemckert, D. (1980): Tablas de crecimiento de *Pinus caribaea*

- var hondurensis en Costa Rica (preliminar). Documento de trabajo N 1. Proyecto COS/79/001 D.G.F. FAO I.T.C.O. San José Costa Rica. 36 p
- Linares, G.; L. Acosta y V. Sistachs (1986): Estadística multivariada. Universidad de la Habana. Facultad de Matemática Cibernética. 320 p.
- Little, S. N. (1983): Weibull diameter distributions for mixed stand of western conifers. Canadian Journal of Forest Research V13 85-88 pp.
- Lockow, K. W.; E. Hafemann y H. Gra (1982): Schafholzvolumen und schaftholzformzahltafel für Pinus caribaea (Morelet) auf Kuba. Beiträge für den Forstwirtschaft Heft 2 87-89 pp.
- Loetsch, F.; F. Zöhrer and K.E. Haller (1973): Forest inventory. Vol 2. BLV Verlagsgesellschaft München, Bern. Wien. 472 p.
- Lowell, K. E. (1986): A flexible polynomial taper equation and its suitability for estimating stem profiles and volumes of fertilized and unfertilized Radiata Pine trees. Australian Forest Research V16 165-174 pp.
- Lynch, T. B. (1986): Total cubic volume equations implied by diameter-based merchantable to total volume ratio models. Forest Science V 32 N 1 262-267 pp.
- Mackay, E. (1961): Fundamentos y métodos de la ordenación de montes. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Primera Parte. Segunda Edición. Madrid. 336 p.
- Mackay, E. (1964): Dasometría. Escuela Superior de Ingenieros de Montes. Madrid. 760 p.
- Mangieri, H. R. y M. J. Dimitri (1961): Los eucaliptos en la

silvicultura. Editorial ACME, S. A. C. L. Buenos Aires. 226 p.

- Martin, A. J. (1984): Testing volume equation accuracy with water displacement techniques. Forest Science V30 N 1 41-50 pp.

Martínez, D.; P. Cuesta y R. Arencibia (1983): Estudios preliminares para la determinación del rendimiento de las plantaciones de Eucalyptus sp. en la Provincia de Pinar del Río. Trabajo de Diploma. Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 28 p.

Matos, E. (1973): Posibilidades de producción de taninos mediante la utilización de hojas y cortezas de diferentes especies forestales. Revista Forestal Baracoa V 3 N 1-2 25-33 pp.

McClure, J. P. and R. L. Czaplewski (1987): Compatible taper equation for loblolly pine. Canadian Journal of Forest Research V 16 : 1272-1277 pp.

McTague, J. P. and R. L. Bailey (1987): Simultaneous total and merchantable volume equations and a compatible taper function for loblolly pine. Canadian Journal of Forest Research V 17 : 87-92 pp.

Métro, A. (1956): El eucalipto en la repoblación forestal. FAO. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales N 11. 431 p.

Mendoza, M. A. (1983): Conceptos básicos de manejo forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía N 9. 118 p.

- Meng, C. H. y W. Y. Tsai (1986): Selection of weights for a weighted regression of tree volume. Canadian Journal

of Forest Research V 16 : 671-673 pp.

M'Hirit, O. and J. G. Postaire (1985): A non parametric technique for taper function estimation. Canadian Journal of Forest Research V 15 N 5 862-871 pp.

MINAGRI (1979): Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal de la E.F.I. Costa Sur. Ministerio de la Agricultura. Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques. Ciudad de la Habana.

MINAGRI (1980 a): Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal de la E.F.I. Macurijes. Ministerio de la Agricultura. Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques. Ciudad de La Habana.

MINAGRI (1980 b): Mapas de suelos. Clasificación morfológica. Ministerio de la Agricultura.

MINAGRI (1981): Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal de la E.F.I. Pinar del Río. Ministerio de la Agricultura. Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques. Ciudad de La Habana.

MINAGRI (1983): Tratamientos silviculturales . Coníferas y latifolias. Raleos en plantaciones y bosques naturales. Norma Ramal 595. Ministerio de la Agricultura. Dirección de Silvicultura. Cuba. 25 p.

MINAGRI (1984 a): Suelos de la Provincia de Pinar del Río. Ministerio de la Agricultura. Dirección General de Suelos y Fertilizantes. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de la Habana. 177 p.

MINAGRI (1984 b) : Instrucción para la ordenación de los bosques de la República de Cuba. Ministerio de la Agricultura. Unidad de Proyectos de Ordenación de

- Bosques. Ciudad de La Habana. 140 p.
- MINAGRI (1986): Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal de la E.F.I. Guanahacabibes. Ministerio de la Agricultura. Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques. Ciudad de La Habana.
- MINAGRI (1988 a): Dirección de Silvicultura. Información Estadística. Ministerio de la Agricultura.
- MINAGRI (1988 b): Manejo de plantaciones de eucaliptos con el objetivo de cujes para el secado del tabaco. Instrucción Técnica 2. Dirección de Silvicultura. Ministerio de la Agricultura. 2 p.
- MINAGRI (1988 c): Surtidos maderables de eucaliptos. Delegación Provincial del MINAGRI Pinar del Río.
- MINAGRI (1989): Departamento de suelos. Delegación Provincial del MINAGRI Pinar del Río.
- Miranda, M.; R. Pérez y R. D. Henriquez (1981): Estudio de los componentes principales de 19 especies de Eucalyptus aclimatadas en Cuba. *Revista Cubana de Farmacia* V 15 Mayo-Agosto 106-114 pp.
- Mojena, O. y P. Gaona (1987): Estudio preliminar para la determinación del tamaño y forma óptimos de la parcela de muestreo para el inventario forestal en la E.F.I. Guanahacabibes. Trabajo de Diploma. Facultad de Ingeniería Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 37 p.
- Monserud, R. A. (1984): Height growth and site index curves for Inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type. *Forest Science* V 30 N 4 pp 943-965.

- Peñalver, A. (1984): Construcción de una tabla de clases de calidades de sitio para las plantaciones de *Eucalyptus* sp.. de la Provincia de Pinar del Río. Centro Universitario de Pinar del Río. Conferencia de las Brigadas Técnicas Juveniles. 11 p.
- Peñalver, A. (1985): Tabla preliminar de rendimiento para las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río. III Conferencia Científica del Centro Universitario de Pinar del Río. 8 p.
- Peñalver, A. (1987): Estudio de la forma del fuste del *Eucalyptus* sp.. Informe de Investigación. Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 13 p.
- Poore, M. E. D. y C. Fries (1987): Efectos ecológicos de los eucaliptos. Estudio FAD: Montes 59. 106 p.
- Pretzch, H. y H. Bossel (1988): Rahmenbedingungen für die Konstruktion forstlicher Wachstumsmodelle und Simulationsprogramme. Allgemeine Forst Zeitschrift (München) N 22 615-617 pp.
- Pupo, Juana; Ermida González; Doris Menínger y R. Gómez (1983): Análisis de regresión y series cronológicas. Area de Ciencias Económicas. Universidad de la Habana. EMPES. 392 p.
- Quenouille, M. H. (1970): Introductory Statistics. Edición Revolucionaria. Instituto del Libro. 250 p.
- Quert, R. (1985): Comunicación personal. Obtención y caracterización preliminar del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* sp. *bicostata* introducida en Tope de Collantes. Instituto de Investigaciones Forestales.

- Rennolls, K.; D. N. Geary and T. J. A. Rollinson (1985):
Characterizing diameter distributions by the use of
the Weibull distributions. Forestry V 58 N 1 pp 12-23.
- Rennolls, K. and A. Peace (1986): Flow models of mortality
and yield for unthinned forest stands. Forestry V 59 N
1 pp 47-48.
- Reed, D. D. y E. J. Green (1984): Compatible stem taper and
volume ratio equations. Forest Science V 30 N 4 pp
977-990.
- Rensi, A. S.; J. Mascarenhas; H. A. Mello y J. W. Simoes
(1971): Comportamento de especies de eucaliptos face
ao espacamento. Actas del Primer Congreso Forestal
Argentino. 199-212 pp.
- Rivero, P. (1984): Determinación de longitudes de turnos
(Criterios financieros). Ciencia Forestal N 47 V 9
Enero-Febrero. pp 21-47.
- Reynolds, M. R. (1984): Estimation the error in model
predictions. Forest Science V 30 N 2 pp 454-469.
- Riitters, K. y J. D. Brodie (1984): Implementing optimal
thinning strategies. Forest Science V 30 N 1 pp
82-85.
- Rodríguez, F. (1988): Modelación matemática del perfil del
fuste del Eucalyptus sp.. Trabajo de Diploma. Centro
Universitario de Pinar del Río. Facultad de Agronomía
y Forestal. 29 p.
- Sadiq, R. A. and A. F. Becwith (1986): Modified Australian
Stand Growth Formula for managed plantations.
Australian Forest Research V 16 pp. 301-312.
- Samek, V. (1967): Elementos de silvicultura de los pinares.

Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Biología.
Universidad de la Habana. 102 p.

Samek, V. y R. Acosta (1968): Sobre el espaciamiento en las
plantaciones forestales. Serie Forestal N 4. Academia
de Ciencias de Cuba. Departamento de Ecología
Forestal. 16 p.

Samek, V. (1973): Regiones fitogeográficas de Cuba. Serie
Forestal N 15. Academia de Ciencias de Cuba.
Departamento de Ecología Forestal. 63 p.

Samek, V. (1974): Elementos de silvicultura de los bosques
latifolios. Ciencia y Técnica. Instituto Cubano del
Libro, La Habana. 291 p.

Schmidt, M. G. y W. H. Carmean (1988): Jack pine site
quality in relation to soil and topography in north
central Ontario. Canadian Journal of Forest Research V
18: 297-305 pp.

Schreuder, H. T.; W. L. Hafley y F. A. Bennett (1979): Yield
prediction for unthinned natural slash pine stands.
Forest Science V 25 N 1 pp 25-30.

Smith, N. J. y D. W. Hann (1986): A growth model based on
the self-thinning rule. Canadian Journal of Forest
Research V 16: 330-334 pp.

Soest van J.; P. Ayral; R. Schober y F. C. Hummel (1969): La
normalización de los símbolos en Dasometría. FAO.
Roma. 19 p.

Spiegel, M. R. (1977): Teoría y problemas de estadística.
4^{TA} Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación. 358 p.

Sprinz, P. T. y H. E. Burkhart (1987): Relationship between
tree crown, stem and stand characteristics in

unthinned loblolly pine plantations. Canadian Journal of Forest Research V 17 : 534-538 pp.

Stable, A. y R. A. Téllez (1985): Investigaciones preliminares sobre la utilización de la madera de *Eucalyptus* sp. en la Provincia de Pinar del Río y las perspectivas de incrementar su uso en Cuba. Trabajo de Diploma. Centro Universitario de Pinar del Río. Facultad Forestal. 68 p.

Stephan, G. (1980): La variación del número de árboles en plantaciones de *Pinus caribaea*. Technische Universität Dresden. Sektion Forstwirtschaft. 13 p.

Stephan, G. und Y. Betancourt (1983): Beobachtungen zur Ausdehnung der Kronen von *Pinus tropicalis* und *Pinus caribaea*. Beiträge für den Forstwirtschaft V 17 Heft 2 pp 87-89.

Sterba, H. (1987): Estimating potential density from thinning experiments and inventory data. Forest Science V33 N4 1022-1034 pp.

Tesfai, G. (1987): Caracterización silvicultural de las plantaciones de *Eucalyptus* sp. de la Provincia de Pinar del Río. Trabajo de Diploma. Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río. 58 p.

• Thomasius, H. (1974): Reisebericht-Vorlage zum Sommerkurs der Universität Habana-Sommerkurs (no publicado).

Thomasius, H. (1979 a): Berechnung von Pflanzenzahlen und Pflanzverbänden für einige tropische Baumarten. Technische Universität Dresden. Sektion Forstwirtschaft Tharandt. 24 p.

Thomasius, H. (1979 b): Allgemeine Grundsätze für die Anlage

und Behandlung von Pflanzungsbeständen mit tropische Baumarten. Beiträge für den Forstwirtschaft Heft 3 101-108 pp.

Torres, J. M. (1985): Uso de la curva de autoaclareo para la estimación de la producción bruta máxima de rodales coetáneos. Ciencia Forestal N 54 V 10. pp 55-64.

Ugalde, L. A. (1983): Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleo selectivo en *Eucalyptus deglupta* BL. en Turrialba, Costa Rica. Turrialba V 33 N 2 pp 143-150.

Ugalde, L. A. y A. Otarola (1984): Tablas de volumen para *Eucalyptus camaldulensis* en Nicaragua. Turrialba V 34 N 3 pp 377-384.

UPOB (1988): Descripciones de tasación. Unidad de Proyectos de Ordenación de Bosques. Ministerio de la Agricultura.

Valle, M. (1987): Comunicación personal. Actualización de los suelos de la E.F.I. Macurijes con la clasificación genética de 1979. Instituto de Investigaciones Forestales.

Valdes, F. (1988): Methode zur Finanzierung der Walbaumsnahmen in der Republik Kuba. Dissertation A zur Erlangung des akademischen Grades doktor rerum silvaticarum vorgelegt der Fakultät für Bau-, Wasser-und Forstwesen der Technischen Universität Dresden. 158 p.

Volkart, C. M. (1971): Determinación de la relación diámetro copa: diámetro tronco en *Araucaria angustifolia* y *Pinus elliottii* en la Provincia de Misiones. Actas del

Primer Congreso Forestal Argentino. 231-237 pp.

Wadsworth, F. H. (1960): Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales y Centro y Sur América. The Caribbean Forester V 21 Supplement. 105 p.

Walter, H. y H. Lieth (1967): Klimadiagramm-Weltatlas. Jena, Fischer Verlag.

Wensel, L. C. y B. Krumland (1983): Volume and taper relationships for Redwood, Douglas-fir and other conifers in California's North Coast. Division of Agricultural Sciences. University of California. Bulletin 1907.

Wright, H. L. (Editor) (1983): Planning, performance and evaluation of growth and yield studies. C.F.I. (Commonwealth Forestry Institute) Occasional Papers N 20. 62 p.

Yordanov, T. (1989): Comunicación personal. Higher Forestry Institute. Department of Ecology and Environment Protection. Bulgaria.

* Zepeda, E. M y P. Rivero (1984): Construcción de curvas anamórficas de índice de sitio. Ejemplificación del método de la curva guía. Ciencia Forestal V 9 N 51 pp 3-39. México.

Zutter, B. R.; R. G. Oderwald; P. A. Murphy and R. M. Farrar (1986): Characterizing diameter distributions with modified data types and forms of the Weibull distributions. Forest Science V32 N1 37-48 pp.

Zverev, A. (1986): Los bosques y la computarización. Periódico Juventud Rebelde. Martes 28 Octubre.

ANEXO 1- DISTRIBUCION, ECOLOGIA Y CARACTERISTICAS DE LOS
Eucalyptus sp. PLANTADOS EN LA PROVINCIA DE PINAR DEL RIO.

Eucalyptus citriodora Hook f.

Nombre vulgar en Australia : "Lemon-scented gum"

Regiones nativas: Regiones centrales y septentrionales del este de Queensland. Hay dos presencias principales con algunas menores entre ellas. La más grande y más al sur se extiende desde la costa al interior, por más de 300 km. La principal presencia en el norte se halla en el territorio más elevado y bastante seco, a cierta distancia de la costa. La especie se presenta sobre terrenos ondulados, incluyendo mesetas y escarpas áridas. Se halla comúnmente sobre suelos pedregosos bastante pobres, podzoles y podzoles residuales de origen laterítico. Prefiere suelos bien drenados y pedregosos, donde, por lo general, crece con otros eucaliptos útiles como *E. acmenoides*, *E. propinqua* y *E. crebra*; se asocia también con *E. tereticornis*, *E. paniculata*, *E. longifolia*, *E. grandis*, *E. muelleriana*, *E. gummifera* y *E. siderophlora*. Posee lignotuberculos y su variabilidad genética es moderada, se hibrida fácilmente con especies afines.

La presencia meridional (latitudes 22-26° S) se encuentra entre 80 y 300 m s.n.m.m. con temperaturas medias de 29°C y 5°C, máxima y mínima respectivamente; la presencia septentrional (17-19° S de latitudes) se ubica en altitudes de 600-800 m s.n.m.m., las temperaturas medias máxima y mínima son de 35°C y 10°C respectivamente; ambas presencias, meridional y septentrional, se hallan en una zona bastante amplia de precipitaciones del tipo de lluvias estivales con 625-1 250 mm aproximadamente y estación seca de 5-7 meses,

en los meses más fríos puede ser rigurosa.

Se ignora la fecha exacta en que se introdujo en Cuba, pero la misma se menciona con el nombre de eucalipto de olor a limón en el Tercer Informe Anual de la Estación Experimental Agronómica, publicado en 1915.

Características:

Altura del árbol en Australia 30-40 m. Es un hermoso árbol de forma excelente, con una copa bien formada, pero con follaje disperso; corteza lisa, blanca o vagamente azulada; hojas juveniles opuestas luego alternas, estrechas a lanceoladas anchas, con márgenes ondulados, vellosas, muchas peltadas, hojas adultas alternas, lanceoladas estrechas. Ambas hojas, juveniles y adultas tienen un fuerte perfume de citronela al desmenuzarse. Madera de color gris castaño a castaño rojiza densidad de 0.98 g/cm^3 , con 15% de humedad, de fibra recta, dura 913 kg/cm^2 , fuerte y compacta, tracción longitudinal de 9.4% y radial de 6.9%, de larga duración enterrada.

Usos: se utiliza en ebanisteria (Australia y Brasil) y carpinteria, construcciones, minería y mangos de herramientas, tiene condiciones para tableros de madera aglomerada, y para la obtención de aceites esenciales.

Eucalyptus pellita F. Muell.

Nombre vulgar en Australia: "Large-fruited red mahogany"

Regiones nativas: Esta especie tiene dos áreas de presencia muy distanciadas, península del Cabo York, Queensland y cercanías de la isla Fraser, Queensland, al sur de la bahía de Bateman, Nueva Gales del Sur. Se asocia con *Eucalyptus acmenioides*, *E. resinífera*, *E. pilularis* y *E. propinqua*. Crece en suelos arenosos, pobres y bien drenados, subsuelos

con buen drenaje, no arcillosos. Tiene moderada variabilidad genética y posee lignotubérculos. La primera área de dispersión de esta especie se encuentra entre las latitudes 12-18° S, la segunda área entre 27-36° S. Crecen en altitudes de hasta 800 m; las precipitaciones son de tipo uniforme a lluvias de verano con un total de 900-2400 mm, la estación seca es raramente significativa. Las temperaturas medias máximas del mes más cálido están entre 24-33°C las medias mínima del mes más frío entre 12-16°C.

Esta especie fue introducida en Cuba por el Centro de Investigaciones Forestales a principios de la década de los años 70, actualmente es plantada ampliamente en la provincia de Pinar del Río.

Características:

Altura del árbol en Australia, hasta 47 m; buen tronco y copa fuertemente ramificada, corteza fibrosa corta, áspera hasta en las ramas pequeñas; hojas juveniles opuestas y luego subopuestas, pecioladas, lanceoladas las hojas adultas alternas, pero a veces retornan a subopuestas, pecioladas, en ocasiones ligeramente falciformes. Madera roja, rojo oscuro, castaño rojiza claro, con una densidad de 0.9-1.0 g/cm³, fuerte y durable.

Usos: construcciones pesadas y ligeras, fácil de aserrar, construcción naval, muebles, traviezas, pisos, tableros contrachapados y como combustible, y en la obtención de aceites esenciales.

Eucalyptus saligna Sm.

Nombre vulgar en Australia: "Sidney blue gum"

Regiones nativas: Cuencas de los ríos de la costa y mesetas que desembocan en el Océano Pacífico, en el sur de

Queensland y la mayor parte de Nueva Gales del Sur. En pocos lugares forma masas homogéneas. Se asocia con *Eucalyptus pilularis*, *E. resinífera*, *E. microcorys*, *E. propinqua*, *E. acmenioides*, *E. paniculata*, *E. pipenta*, *E. siderophlora*, *E. gummífera*, *Tristana conferta* y *Syncarpia laurifolia*. Crece en suelos sueltos, arenosos o arenosos-arcillosos, profundos húmedos y bien aereados, neutros o ligeramente ácidos, subsuelos arcillosos y frescos, pero no demasiado húmedos, no gusta de las arenas pobres y secas. Se presenta entre las latitudes 28° y 35° S. En su distribución meridional, la especie va desde el nivel del mar hasta cerca de 300 m, siendo principalmente un árbol de valles fértiles. En su distribución nortea, en Nueva Gales del Sur y sur de Queensland, se extiende a las pendientes más altas y crestas a una elevación de hasta 1000 m. Las precipitaciones son desde el tipo de lluvia uniforme en el sur, a lluvias de verano en el norte de Taree, Nueva Gales del Sur, con un total de 800-1200 mm o más en la región de lluvia estival y 800 mm o más en la región de lluvia uniforme, una estación seca de hasta cuatro meses, no rigurosa. Las temperaturas medias máximas del mes más cálido entre 28-30°C y las medias mínimas del mes más frío de 3 y 4°C

Características:

La altura del árbol en Australia es de hasta 55 m, con tronco derecho hasta la mitad o dos terceras partes de la altura total. Corteza generalmente lisa, pero con una acumulación de corteza áspera persistente que se extiende algunos metros arriba sobre el tronco. Hojas juveniles primero opuestas, luego alternas, con corto pecíolo, lanceoladas, hojas adultas alternas, pecioladas,

lanceoladas. Madera rosada a rojiza, de textura gruesa, fibra recta (generalmente), a veces algo entrelazada, contracción radial 6.8 % y tangencial 13.4%, contracción volumétrica 23.4 %, densidad 0.69 g/cm³, dureza 462 kg/cm², fácil de trabajar y pulir, moderadamente durable.

Usos: carpintería, ebanistería, traviezas, minería, postes, construcciones, encofrados, envases, pisos, es buena para la elaboración de pastas papeleras y para tableros aglomerados de fibras; para la obtención de aceites esenciales de las hojas y taninos de la corteza.

ANEXO 2- COMPARACION ESTADISTICA DE LAS REGRESIONES

1- Cálculo de la razón F de los cuadrados medios residuales (C.M.R.):

con corteza	sin corteza
$F = \frac{0,003114}{0,002911} = 1,0697$	$F = \frac{0,0055043}{0,0052275} = 1,0529$

F tabla 95 % probabilidad = 1,28

• Cálculo de la varianza combinada:

$$C.M.R.c = \frac{SSR_0 + SSR_1}{(n_0 - 2) + (n_1 - 2)}$$

donde :

SSR = suma de cuadrados del residuo

C.M.R.c = cuadrado medio residual combinado

Con corteza:

$$C.M.R.c = \frac{0,93109 + 0,404628}{299 + 139} = 0,00304958$$

Sin corteza:

$$C.M.R.c = \frac{1,6458 + 0,726636}{299 + 139} = 0,00541652$$

2-Comparación de los coeficientes de regresión:

Cálculo del error estandar de la diferencia $b_0 - b_1$ (E):

$$E_{b_0 - b_1} = \sqrt{C.M.R.c (1/SSx_0 + 1/SSx_1)}$$

donde :

SSx = suma de cuadrados de la variable independiente

Con corteza:

$$E_{b_0-b_1} = \sqrt{0,003049(1/209,664 + 1/104,635)} = \pm 0,00627248$$

Sin corteza:

$$E_{b_0-b_1} = \sqrt{0,00541652 (1/209,664 + 1/104,635)} = \pm 0,008808$$

Cálculo del estadígrafo de comparación:

$$t \text{ Student} = \frac{b_0 - b_1}{E_{b_0-b_1}}$$

con corteza = 0,5157

sin corteza = 0,2044

t Student tabla 95 % probabilidad = 1,96

Cálculo del coeficiente de regresión combinado (b_c):

$$b_c = \frac{SP_0 + SP_1}{SC_{x_0} + SC_{x_1}}$$

donde :

SP = suma de productos corregidos

Con corteza:

$$b_c = \frac{191,93679 + 95,462644}{209,6641 + 104,6449} = 0,914385$$

Sin corteza:

$$b_c = \frac{202,4334 + 100,85193}{209,66409 + 104,6494} = 0,9649133$$

Comparación de los términos independientes:

Cálculo de la distancia entre líneas ($a_0 - a_1$):

$$a_0 - a_1 = \bar{y}_0 - \bar{y}_1 - b_c (\bar{x}_0 - \bar{x}_1)$$

donde :

\bar{y} = promedio de la variable dependiente

\bar{x} = promedio de la variable independiente

Con corteza:

$$a_0 - a_1 = -0,0014789$$

Sin corteza:

$$a_0 - a_1 = -0,0025862$$

Cálculo del error estandar de la distancia entre líneas:

$$E_{a_0 - a_1} = \sqrt{C.M.R.c [((1/n_0 + 1/n_1 + (\bar{x}_0 - \bar{x}_1)^2 / (SSx_0 + SSx_1))]$$

Con corteza:

$$E_{a_0 - a_1} = 0,0056368$$

Sin corteza:

$$E_{a_0 - a_1} = 0,0075123$$

Cálculo del estadígrafo t de Student:

$$t = \frac{a_0 - a_1}{E_{a_0 - a_1}}$$

$$\text{con corteza } t \text{ Student} = -0,262365$$

$$\text{sin corteza } t \text{ Student} = -0,344262$$

TABLA 1- INDICES DASOMETRICOS DE LAS PLANTACIONES DE
Eucalyptus sp.

CLASE	EDAD	EDAD (años)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (m)	AREA BASAL (m ² ha ⁻¹)	VOLUMEN (m ³ ha ⁻¹)	AREA (%)
I		2,5	7,4	6,5	14,1	52,5	64,0
II		6,9	12,4	12,4	13,7	76,4	4,5
III		11	28	20	13	100	0,2
IV		19	15,7	13,3	10,3	60	2,2
V		21,8	21,8	16,9	13,2	88,8	29,0
PROM		10,6	14,7	11,5	13,5	70,4	

TABLA 2 - DISTRIBUCION DE LOS SUELOS

TIPO DE SUELO	AREA RELATIVA (%)
ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado	38,8
ferralítico rojo lixiviado	14,2
ferralítico cuarcítico amarillo	13,8
arenoso cuarcítico	11,2
ferralítico rojo amarillento	9,3
ferralítico rojo típico	7,8
ciénaga	4,0
esquelético	0,4
ferralítico pardo rojizo	0,3
aluvial	0,1

TABLA 3 - PRECIOS Y COSTOS NORMATIVOS UTILIZADOS PARA LA VALORACION ECONOMICA DE LAS PLANTACIONES DE *Eucalyptus* sp.

TRABAJOS DE LA SILVICULTURA

COSTOS

Producción de posturas

Preparación del sitio para plantar

Plantación

Primer mantenimiento

TOTAL

1147 pesos

(5900 plantas/ha)

Raleo :

madera en bolos

18,53 pesos/m³

madera rolliza

17,0 pesos/m³

leñas

7,31 pesos/m³

Protección forestal

1,85 pesos/ha/año

Explotación forestal :

madera en bolos

14,69 pesos/m³

madera rolliza

13,28 pesos/m³

cujes para tabaco

24,54 pesos/m³

leñas

5,57 pesos/m³

PRECIOS

Surtidos :

madera en bolos

28,9 pesos/m³

postes

18,67 pesos/m³

varas

32,97 pesos/m³

cujes

38,51 pesos/m³

leñas

7,43 pesos/m³

TABLA 4 - INDICES DASOMETRICOS MEDIOS DE LAS PARCELAS

CLASE EDAD	No MUESTRAS	EDAD	N	dg	hL	ho	G	V	IMA
I	44	3	4090	6.3	8.7	11.1	13.0	60.3	20.1
II	7	7	1950	12.0	14.5	18.4	26.1	171.2	24.4
III	2	13.5	1940	13.3	15.5	18.8	27.1	191.0	14.1
IV	13	17.1	1630	15.4	16.0	19.2	31.6	228.5	13.4
V	13	22.6	736	29.1	24.2	29.1	36.8	328.5	14.5
PROM		9.2	2890	12.3	13.0	16.0	21.5	143.2	15.6

TABLA 5- CARACTERIZACION ESTADISTICA DE LA MUESTRA DE
ARBOLES MODELOS

VARIABLE	MEDIA	DESV. ESTANDAR	MINIMO	MAXIMO
d(m)	0.183	0,144	0.044	0,7
h(m)	16,9	7,78	5,4	34.0
vc(m)	0,4054	0,5991	0.0054	3,7403
vs(m)	0,3371	0,5128	0,0025	3,4432

TABLA 6- CORRELACION DE VARIABLES PARA ECUACIONES DE VOLUMEN

	d	h	vc	vs	d ² h	logd
d	1.00000					
h	.94800	1.00000				
vc	.95835	.89066	1.0000			
vs	.94701	.88059	.99621	1.00000		
d ² h	.95052	.86060	.97979	.97552	1.00000	
logd	.97011	.96581	.88388	.87080	.85901	1.00000
logh	.92507	.98852	.84404	.83282	.81188	.96919
logvc	.95963	.97362	.88082	.86872	.84428	.99588
logvs	.95499	.97179	.87554	.86555	.83834	.99396
logd ² h	.96505	.97635	.87955	.86682	.85286	.99839
d ²	.97213	.87458	.97806	.97083	.99344	.89263
logd ²	.97011	.96581	.88388	.87080	.85901	1.00000
\sqrt{d}	.99260	.96506	.92755	.91506	.91007	.99217
1/d	-.88428	-.91613	-.76826	-.75542	-.73623	-.96782
1/d ² h	-.66558	-.73195	-.54544	-.53531	-.51712	-.79048
$\sqrt{d^2h}$	.99698	.95431	.96928	.95924	.96251	.95836
	log h	log vc	log vs	log d ² h	d ²	log d ²
log h	1.00000					
log vc	.97860	1.00000				
log vs	.97834	.99847	1.00000			
log d ² h	.98161	.99736	.99582	1.00000		
d ²	.83515	.87597	.86995	.88428	1.000	
log d ²	.96919	.99588	.99396	.99839	.89263	1.000
\sqrt{d}	.95432	.98498	.98157	.98889	.93829	.99217
1/d	-.94872	-.9684	-.96977	-.96873	-.77587	-.96782
1/d ² h	-.80659	-.79904	-.80566	-.79854	-.55319	-.79048
	\sqrt{d}	1/d	1/d ² h	$\sqrt{d^2h}$		
\sqrt{d}	1.000					
1/d	-.93068	1.000				
1/d ² h	-.72735	.90276	1.000			
$\sqrt{d^2h}$	.9853	-.86472	-.6425	1.000		

VALOR CRITICO (1-COLA, .05) = + 0 - .09502

VALOR CRITICO (2-COLA, .05) = +/- .11308

N = 301

TABLA 7- ECUACIONES DE REGRESION

ECUACION	r^2	s	IF
$vc = 0,035757 + 0,257718 d^2h$	0,9599	0,1200	0,1200
$\log vc = -0,499185 + 0,915449 \log d^2h$	0,9947	0,0558	0,0056
$vs = 0,022119 + 0,219621 d^2h$	0,9516	0,1129	0,1129
$\log vs = -0,603707 + 0,965513 \log d^2h$	0,9916	0,0741	0,0055

TABLA 8- COEFICIENTES DE REGRESION

MUESTRA	coeficientes con corteza		r^2	s
	a	b		
no	-0,499185	0,915449	0,9947	0,0558
n1	-0,499369	0,912214	0,9953	0,0539
sin corteza				
no	-0,603707	0,965513	0,9916	0,0742
n1	-0,602047	0,963712	0,9925	0,0723

TABLA 9- ESTADISTICOS DE LA ECUACION DEL PERFIL DEL FUSTE

	h/H 0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4	0,4 a 0,5
E (cm)	5,3	1,6	1,3	1,4	1,3
Sres (cm)	8,8	4,5	5,0	4,3	3,7
	h/H 0,5 a 0,6	0,6 a 0,7	0,7 a 0,8	0,8 a 0,9	0,9 a 1,0
E (cm)	0,3	0,7	1,2	0,07	1,5
Sres (cm)	2,8	2,1	1,7	1,8	2,0

TABLA 10 - VOLUMEN PORCENTUAL DE SURTIDOS MADERABLES

ALTURA (m)	DIAMETRO (cm)	PORCIENTO DEL VOLUMEN TOTAL				
		BOLO	POSTE	VARA	CUJE	LEÑA
6	6					82,7
7	7				86,1	13,9
8	8				52,4	47,6
10	11				21,5	78,5
12	14				15,8	84,2
14	17			81,8	12,5	5,7
16	20			88,6		11,4
18	23		73,9	16,6		9,5
20	26		78,5	15,8		5,7
22	29	27,5	56,9			15,6
24	32	36,0	52,6			11,4
26	35	41,9	48,9			9,2
28	38	53,0	39,0			8,0
30	41	60,7	32,3			7,0
32	44	66,7	27,7			5,6
34	47	70,8	25,4			3,8
36	50	73,9	22,7			3,4

Dimensiones de los surtidos :

madera en bolos : longitud mínima 2 m
diámetro mínimo en punta delgada 26 cm con corteza

postes de servicio público : longitud mínima 6,7 m
diámetro mínimo en punta delgada 13 cm con corteza

varas : longitud mínima 5,5 m
diámetro mínimo en punta delgada 9 cm con corteza

cujes : longitud 4 m
diámetro en punta delgada 4 cm con corteza

TABLA 11- INDICES DE SITIO. VALORES DE ALTURA EN METROS

EDAD (años)	INDICES DE SITIO		
	IS = 15 m	IS = 18 m	IS = 21 m
5	10,4 - 12,7	12,8 - 15,0	15,1 - 17,3
10	13,5 - 16,5	16,6 - 19,5	19,6 - 22,5
15	15,3 - 18,8	18,9 - 22,3	22,4 - 25,7
20	16,8 - 20,6	20,7 - 24,3	24,4 - 28,1
25	18,0 - 22,0	22,1 - 26,0	26,1 - 30,0

EDAD (años)	INDICES DE SITIO		
	IS = 24 m	IS = 27 m	IS = 30 m
5	17,4 - 19,7	19,8 - 22,0	22,1 - 24,3
10	22,6 - 25,5	25,6 - 28,5	28,6 - 31,5
15	25,8 - 29,1	29,2 - 32,6	32,7 - 36,0
20	28,2 - 31,8	31,9 - 35,6	35,7 - 39,4
25	30,1 - 34,0	34,1 - 38,0	38,1 - 42,0

TABLA 12- CORRELACION DE VARIABLES DE LA DISTRIBUCION
DIAMETRICA

A - edad
d - diámetro medio
dr min - diámetro relativo mínimo
dr max - diámetro relativo máximo
CV - coeficiente de variación
b1 - coeficiente de simetria
b2 - coeficiente de apuntamiento

MATRIZ DE CORRELACION

	A	d	dr min	dr max	CV	b1	b2
A	1,00						
d	0,96	1,00					
d _{min}	0,17	0,18	1,00				
dr max	- 0,49	- 0,48	- 0,43	1,00			
CV	0,00	0,05	- 0,55	0,37	1,00		
b1	0,04	0,04	0,32	- 0,05	- 0,03	1,00	
b2	- 0,33	- 0,30	0,15	0,44	- 0,38	0,11	1,00

VALOR CRITICO (1 - COLA, 0,05) = + o 0,30

VALOR CRITICO (2 - COLA, 0,05) = +/- 0,36

TABLA 13- PRUEBA DE JI-CUADRADO DE LOS RESIDUOS

CLASE	FRECUENCIAS		PROPORCIONES	
	OBSERVADA	ESPERADA	OBSERVADA	ESPERADA
1	1.00	2.00	.0152	.0303
2	3.00	5.00	.0455	.0758
3	11.00	8.00	.1667	.1212
4	16.00	11.00	.2424	.1667
5	16.00	14.00	.2424	.2121
6	4.00	9.00	.0606	.1364
7	4.00	8.00	.0606	.1212
8	6.00	5.00	.0909	.0758
9	2.00	2.00	.0303	.0303
10	2.00	1.00	.0303	.0152
11	1.00	1.00	.0152	.0152
TOTAL	66.00	66.00	1.0000	1.0000

CHI-CUADRADA = 10.961, D.F. = 8, PROB. = .2039

PRUEBA PARA LA BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

CLASE CORRESPONDIENTE A LA MAYOR DIFERENCIA: 5

D MAX = .1061

TABLA 14- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=15 a DENSIDAD INICIAL 2500 80% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES			
									POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	3.1	6.7	5.5	1.5	6.0	6.0					4.3
2	2000	4.4	8.4	7.8	3.1	14.7	7.4				2.0	10.1
3	2000	5.5	9.5	9.4	4.8	24.4	8.1				10.1	12.2
4	2000	6.4	10.4	10.6	6.4	34.6	8.6				17.7	15.1
5	2000	7.2	11.0	11.6	8.1	45.0	9.0				22.8	21.3
6	2000	7.8	11.6	12.5	9.6	55.6	9.3				23.5	31.0
7	2000	8.4	12.1	13.2	11.2	66.3	9.5				25.3	40.3
8	2000	9.0	12.6	13.9	12.7	77.0	9.6				23.8	52.5
9	2000	9.5	13.0	14.5	14.2	87.7	9.7				25.6	61.7
10	2000	10.0	13.4	15.0	15.6	98.4	9.8			1.1	26.4	70.5
11	2000	10.4	13.7	15.5	17.1	109.0	10.0			3.7	28.1	76.8
12	2000	10.8	14.0	15.9	18.5	119.6	10.0			8.9	28.6	81.4
13	2000	11.2	14.3	16.4	19.8	130.2	10.0			9.8	29.5	90.6
14	1948	11.6	14.6	16.7	20.6	137.0	9.8			18.9	28.6	89.3
15	1870	12.0	14.9	17.1	21.0	141.3	9.4			19.7	26.1	95.3
16	1800	12.3	15.1	17.5	21.4	145.3	9.1			20.4	26.0	98.8
17	1738	12.6	15.3	17.8	21.8	149.2	8.8			34.1	24.3	91.0
18	1682	12.9	15.5	18.1	22.1	153.0	8.5			35.3	25.2	92.4
19	1630	13.2	15.7	18.4	22.5	156.5	8.2		1.6	34.6	24.6	95.7
20	1583	13.5	16.0	18.7	22.8	160.0	8.0		1.6	53.3	22.7	82.3
21	1540	13.8	16.1	19.0	23.1	163.3	7.8		1.7	55.1	21.9	84.6
22	1500	14.1	16.3	19.3	23.4	166.6	7.6		5.1	52.9	21.4	87.1
23	1463	14.3	16.5	19.5	23.7	169.7	7.4		5.2	53.9	20.9	89.6
24	1429	14.6	16.7	19.8	24.0	172.7	7.2		5.3	76.3	18.0	73.0
25	1397	14.8	16.8	20.0	24.2	175.6	7.0		12.1	71.4	18.3	73.9

SÍMBOLOS:

A EDAD (años)

N árboles por hectarea

dg diametro de arbol de area basal media (cm)

hL altura media de Lorey (m)

ho altura media dominante (m)

G area basal por hectarea (m²)

V volumen total por hectarea (m³)

IMA incremento medio anual (m³/ha/año)

BOLO, POSTES, VARAS, CUJES, LENAS volumen por hectarea (m³)

TABLA 15-CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=18 a DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES			
									POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	3.7	7.5	6.6	2.1	9.4	9.4				.1	7.1
2	2000	5.5	9.5	9.4	4.8	24.2	12.1				10.0	12.1
3	2000	6.9	10.8	11.3	7.5	41.1	13.7				18.0	12.1
4	2000	8.0	11.8	12.7	10.2	59.3	14.8				22.8	35.9
5	2000	9.0	12.6	13.9	12.9	78.2	15.6				23.9	53.5
6	2000	9.9	13.3	15.0	15.2	97.5	16.2			1.1	26.1	69.9
7	2000	10.7	14.0	15.8	18.1	117.1	16.7			4.0	28.1	84.8
8	1978	11.5	14.5	16.6	20.5	135.5	17.0			10.3	28.4	96.5
9	1830	12.2	15.0	17.3	21.3	143.6	16.0			20.2	26.2	97.0
10	1708	13.8	15.4	18.0	22.0	151.1	15.1			34.9	25.4	90.8
11	1607	13.4	15.8	18.6	22.7	158.2	14.4		1.6	52.4	24.5	79.6
12	1521	13.9	16.2	19.1	23.2	164.9	13.7		5.0	52.3	21.6	85.8
13	1446	14.5	16.6	19.6	23.8	171.2	13.2		5.3	74.3	20.7	70.8
14	1381	15.0	16.9	20.1	24.3	177.2	12.7		12.2	72.0	18.4	74.5
15	1323	15.5	17.2	20.6	24.9	183.0	12.2		12.6	74.3	19.0	77.0
16	1272	15.9	17.5	21.0	25.3	188.4	11.8	.7	23.2	88.7	13.3	62.3
17	1226	16.4	17.8	21.4	25.8	193.7	11.4	.8	23.9	91.2	14.0	63.7
18	1185	16.8	18.1	21.8	26.2	198.7	11.0	2.3	23.9	92.7	14.4	65.4
19	1147	17.2	18.3	22.1	26.6	203.5	10.7	2.4	40.3	81.5	11.3	68.1
20	1113	17.6	18.5	22.5	27.0	208.2	10.4	2.3	41.5	103.7	10.8	49.9
21	1081	18.0	18.8	22.8	27.4	212.7	10.1	5.4	40.8	104.1	10.8	51.6
22	1052	18.3	19.0	23.1	27.7	217.1	9.9	5.8	63.0	84.9	10.8	52.6
23	1025	18.7	19.2	23.4	28.1	221.3	9.6	5.8	64.7	88.4	10.8	51.6
24	1000	19.0	19.4	23.7	28.4	225.4	9.4	10.7	61.8	87.4	7.3	57.7
25	977	19.3	19.6	24.0	28.8	229.4	9.3	11.2	63.9	105.4	1.2	41.7

TABLA 16- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO 15-21 m DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	hg	G	V	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
								BOLD	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	4.4	8.3	7.7	3.0	14.1	14.1				2.0	9.5
2	2000	6.6	10.6	11.0	6.9	37.6	18.8				17.4	18.8
3	2000	8.4	12.1	13.1	11.0	65.3	21.8				25.1	39.6
4	2000	9.8	13.2	14.8	15.2	95.5	23.8			1.1	27.3	66.6
5	2000	11.1	14.2	16.2	19.4	127.1	25.4			9.6	28.8	88.5
6	1811	12.2	15.1	17.4	21.4	144.7	24.2			20.3	26.4	97.7
7	1624	13.3	15.8	18.5	22.5	157.0	22.4		1.6	34.7	24.7	96.0
8	1480	14.2	16.4	19.4	23.5	168.2	21.0		5.2	53.4	21.1	88.4
9	1366	15.1	17.0	20.2	24.5	178.6	19.8		12.3	72.6	18.6	75.1
10	1273	15.9	17.5	21.0	25.3	188.3	18.8	.7	23.2	88.7	13.3	62.2
11	1195	16.7	18.0	21.7	26.1	197.4	16.0	2.3	23.4	92.0	14.3	65.5
12	1128	17.4	18.4	22.3	26.8	206.1	17.2	2.4	40.8	102.6	11.0	49.2
13	1071	18.1	18.8	22.9	27.5	214.4	16.5	5.4	41.0	104.9	10.6	52.2
14	1021	18.7	19.2	23.5	28.1	222.0	15.9	5.7	65.0	88.7	10.9	51.8
15	977	19.3	19.6	24.0	28.8	229.4	15.3	11.2	63.9	105.4	7.2	41.7
16	938	20.0	20.0	24.5	29.3	236.5	14.8	11.8	91.2	84.0	7.0	42.5
17	904	20.5	20.3	25.0	29.9	243.3	14.3	20.0	87.3	84.1	7.0	45.0
18	872	21.0	20.6	25.4	30.4	249.9	13.9	21.6	90.9	86.5	4.4	46.4
19	844	21.6	20.9	25.8	30.9	256.1	13.5	22.7	119.0	63.1	4.5	46.8
20	817	22.1	21.2	26.2	31.3	262.2	13.1	35.5	111.4	71.1	4.4	39.8
21	793	22.6	21.4	26.6	31.8	268.1	12.8	36.2	116.1	72.1	4.3	39.4
22	772	23.0	21.7	27.0	32.2	273.8	12.4	38.6	118.3	75.0	4.4	37.3
23	751	23.5	22.0	27.3	32.6	279.2	12.1	43.2	117.2	76.6	4.5	37.7
24	732	24.0	22.2	27.7	33.0	284.6	11.8	56.0	134.5	47.1	2.4	44.6
25	715	24.4	22.4	28.0	33.4	289.8	11.6	56.4	140.3	47.4	2.4	43.2

TABLA 17- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-24 a DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
								BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	5.1	9.0	8.8	4.1	20.2	20.2				6.4	11.3
2	2000	7.8	11.6	12.5	9.7	55.9	27.9				23.6	31.2
3	2000	10.0	13.4	15.0	15.7	98.9	32.9			1.1	26.5	70.9
4	1905	11.8	14.7	17.0	21.9	139.3	34.8			19.4	28.2	91.5
5	1609	13.4	15.8	18.6	22.6	158.1	31.6		1.6	52.3	24.5	79.5
6	1406	14.8	16.8	19.9	24.1	174.8	29.1		11.8	71.1	18.2	73.5
7	1257	16.0	17.6	21.1	25.5	190.1	27.1	.7	23.5	89.5	13.8	62.5
8	1143	17.2	18.3	22.7	26.7	204.1	25.5	2.4	40.4	81.7	11.3	68.3
9	1052	18.3	19.0	23.1	27.7	217.1	24.1	5.8	63.0	84.9	10.8	52.6
10	978	19.3	19.6	24.0	28.7	229.3	22.9	11.2	63.9	105.3	7.2	41.7
11	917	20.3	20.1	24.8	29.7	240.7	21.9	19.7	86.4	81.8	7.0	45.8
12	864	21.2	20.7	25.5	30.5	251.5	20.9	21.7	91.7	87.1	4.4	46.5
13	819	22.0	21.4	26.2	31.3	261.7	20.1	35.4	111.2	71.0	4.4	39.7
14	780	22.9	21.5	26.8	32.0	271.5	19.4	36.8	118.4	74.4	4.3	37.5
15	746	23.6	22.0	27.4	32.7	280.8	18.7	54.9	133.0	46.5	2.5	43.9
16	715	24.9	22.4	28.0	33.4	289.7	18.1	56.4	140.3	47.3	2.4	43.2
17	688	25.1	22.8	28.5	34.0	298.3	17.5	62.2	141.0	56.3	2.3	36.0
18	663	25.8	23.1	29.0	34.6	306.5	17.0	80.3	132.6	52.6	2.4	38.5
19	641	26.4	23.5	29.5	35.2	314.4	16.5	84.0	156.4	34.2	2.3	37.4
20	621	27.1	23.8	30.0	35.8	322.1	16.1	91.5	155.4	34.7	1.1	39.2
21	602	27.7	24.1	30.4	36.3	329.4	15.7	99.4	154.8	35.7	1.1	38.3
22	585	28.3	24.4	30.8	36.8	336.6	15.3	115.3	148.6	30.3	1.1	41.2
23	570	28.9	24.7	31.2	37.3	343.5	14.9	121.3	149.3	35.0	1.1	36.9
24	555	29.4	25.0	31.6	37.8	350.3	14.6	129.4	147.9	36.2	1.1	35.7
25	541	30.0	25.2	32.0	38.2	356.8	14.3	136.2	142.2	22.1	1.1	35.1

TABLA 18- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO 19-27 a DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
								BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	5.8	9.8	9.9	5.4	28.1	28.1				13.7	12.6
2	2000	9.1	12.7	14.0	13.1	80.1	40.1				26.6	53.1
3	1922	11.7	14.7	16.9	20.8	138.4	46.1			19.1	28.9	90.2
4	1527	14.0	16.2	19.1	23.2	164.3	41.1		5.0	52.2	21.5	85.5
5	1284	15.8	17.4	20.9	25.2	187.1	37.4	.7	23.1	88.1	14.3	60.8
6	1118	17.5	18.5	22.4	26.9	207.5	34.6	2.4	41.2	103.3	10.8	49.7
7	997	19.1	19.4	23.8	28.5	226.0	32.3	10.8	62.4	87.7	7.4	57.7
8	904	20.5	20.2	24.9	29.8	243.1	30.4	19.9	87.2	84.0	7.0	44.8
9	831	21.8	21.0	26.0	31.1	259.0	28.8	33.1	111.8	69.9	4.4	39.8
10	771	23.1	21.7	27.0	32.2	273.9	27.4	38.6	118.4	75.1	4.4	37.4
11	722	24.2	22.3	27.9	33.3	287.8	26.2	55.9	138.6	47.6	2.4	43.2
12	679	25.3	22.9	28.7	34.3	301.1	25.1	66.8	139.5	57.4	2.3	37.4
13	643	26.3	23.4	29.5	35.1	313.6	24.1	83.2	156.4	34.2	2.3	37.4
14	612	27.4	23.9	30.2	36.0	325.6	23.2	93.1	157.3	35.1	1.1	39.0
15	584	28.3	24.4	30.9	36.8	337.0	22.4	115.4	148.8	30.4	1.2	41.2
16	560	29.2	24.9	31.5	37.6	347.9	21.7	128.2	147.0	36.0	1.1	35.7
17	538	30.1	25.3	32.1	38.3	358.4	21.1	136.2	164.9	22.2	1.1	33.9
18	518	31.0	25.7	32.6	39.0	368.5	20.5	145.3	164.6	22.8	1.1	34.5
19	501	31.7	26.1	33.2	39.7	378.2	20.0	169.5	154.0	18.7	.4	35.6
20	485	32.5	26.4	33.7	40.3	387.6	19.4	177.9	153.7	19.1	.4	36.4
21	470	33.3	26.8	34.2	41.0	396.7	19.9	188.9	153.1	19.6	.4	34.6
22	456	34.0	27.1	34.7	41.5	405.5	18.4	198.8	162.8	10.5	.4	32.9
23	444	34.7	27.5	35.1	42.1	414.0	18.0	212.0	157.6	13.0	.4	31.0
24	432	35.4	27.8	35.6	42.6	422.3	17.6	226.7	152.4	9.5	.4	33.2
25	421	36.1	28.1	36.0	43.1	430.3	17.2	234.6	154.0	9.8	.4	31.5

TABLA 19- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=30 m DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ha	G	V	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
								BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	6.6	10.6	11.0	7.0	38.0	38.0				17.6	19.0
2	2000	10.5	13.8	15.6	17.0	111.5	55.8			3.8	27.9	79.4
3	1572	13.6	16.0	18.7	22.8	160.4	53.5		1.6	53.4	21.5	83.8
4	1247	16.2	17.7	21.2	25.6	191.3	47.8	.7	23.6	90.0	13.8	63.0
5	1044	18.4	19.0	23.2	27.9	218.4	43.7	5.8	63.3	85.7	10.8	52.6
6	906	20.4	20.2	24.9	29.8	242.7	40.4	19.8	87.1	83.9	7.0	44.8
7	806	22.3	21.3	26.4	31.5	265.0	37.8	36.3	113.0	71.2	4.4	40.0
8	730	24.0	22.2	27.7	33.1	285.4	35.6	55.8	137.5	47.2	2.4	44.1
9	669	25.6	23.0	28.9	34.5	304.4	33.8	68.2	140.5	58.9	2.3	34.5
10	620	27.1	23.8	30.0	35.8	322.2	32.2	91.1	156.6	34.7	1.1	38.7
11	580	28.5	24.5	31.0	37.0	339.0	30.8	116.5	149.1	30.5	1.1	41.7
12	545	29.8	25.1	31.9	38.1	354.9	29.5	130.9	165.6	22.0	1.1	35.3
13	516	31.1	25.7	32.7	39.1	370.0	28.4	145.9	165.3	22.9	1.1	34.7
14	490	32.3	26.3	33.5	40.1	384.3	27.4	172.6	156.1	19.0	.4	36.1
15	468	33.4	27.0	34.3	41.0	398.0	26.5	190.0	153.6	19.3	.4	36.1
16	448	34.5	27.4	35.0	41.9	411.2	25.7	209.7	157.3	10.9	.5	32.8
17	430	35.5	27.8	35.7	42.7	423.8	24.9	228.0	152.6	9.5	.4	33.3
18	414	36.5	28.3	36.3	43.5	436.0	24.2	242.0	153.9	9.9	.4	29.5
19	400	37.5	28.7	36.9	44.2	447.7	23.5	257.4	150.6	10.2	.4	29.5
20	386	38.4	29.1	37.5	50.0	459.0	23.0	275.1	143.5	10.3	.1	29.9
21	374	39.3	29.5	38.0	45.6	470.0	22.4	288.9	147.2	5.7	.1	28.0
22	363	40.2	30.0	38.5	46.3	480.6	21.8	299.5	149.5	5.8	.1	25.7
23	353	41.1	30.3	39.0	46.9	491.0	21.3	315.3	144.6	3.6	.1	27.1
24	344	42.0	30.6	39.5	47.5	500.9	20.9	331.0	138.4	3.8	.1	27.4
25	335	42.8	30.9	40.0	48.1	510.6	20.4	344.3	136.1	3.8	.1	26.2

TABLA 20- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-15 a DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES			
									POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	3.0	6.7	5.5	.7	3.0	3.0					2.1
2	1000	4.4	8.4	7.8	1.6	7.4	3.7				1.0	5.1
3	1000	5.5	9.5	9.4	2.4	12.2	4.0				5.0	6.1
4	1000	6.4	10.4	10.6	3.2	17.3	4.3				8.9	7.7
5	1000	7.2	11.0	11.6	4.0	22.5	4.5				11.4	10.6
6	1000	7.8	11.6	12.4	4.8	27.8	4.6				11.7	15.5
7	1000	8.4	12.1	13.2	5.6	33.1	4.7				12.6	20.2
8	1000	9.0	12.6	13.9	6.3	38.5	4.8				11.9	26.2
9	1000	9.5	13.0	14.5	7.1	43.8	4.9				12.8	30.7
10	1000	10.0	13.4	15.0	7.8	49.2	4.9			.6	13.2	35.3
11	1000	10.4	13.7	15.5	8.5	54.5	5.0			1.8	14.0	38.4
12	1000	10.8	14.0	15.9	9.2	59.8	5.0			4.5	14.3	14.7
13	1000	11.2	14.3	16.4	9.9	65.0	5.0			4.9	14.7	45.3
14	1000	11.6	14.6	16.8	10.6	70.3	5.0			9.7	14.7	45.8
15	1000	12.0	14.8	17.1	11.2	75.2	5.0			10.5	14.0	51.0
16	1000	12.3	15.1	17.5	11.9	80.7	5.0			11.3	14.4	54.9
17	1000	12.6	15.3	17.8	12.5	85.8	5.0			19.6	14.0	52.1
18	1000	12.9	15.5	18.1	13.2	91.0	5.0			21.0	15.0	54.9
19	1000	13.2	15.7	18.4	13.8	96.0	5.0		1.0	21.2	15.0	58.6
20	1000	13.5	15.9	18.7	14.4	101.0	5.0		1.0	33.7	14.3	52.0
21	1000	13.8	16.1	19.0	15.0	106.0	5.0		1.1	35.8	14.2	54.9
22	1000	14.1	16.3	19.3	15.6	111.0	5.0		3.4	35.2	14.2	58.0
23	1000	14.3	16.5	19.5	16.2	116.0	5.0		3.6	36.8	14.2	6.1
24	1000	14.6	16.7	19.8	16.7	120.1	5.0		3.7	53.4	12.6	51.1
25	1000	14.8	16.8	20.0	17.3	125.7	5.0		8.6	51.0	13.0	52.9

TABLA 21- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=18 ■ DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES			
										POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	3.7	7.5	6.6	1.0	4.7	4.7	4.7				.1	3.6
2	1000	5.5	9.5	9.4	2.4	12.1	7.4	6.0				5.0	6.1
3	1000	6.9	10.8	11.3	3.7	20.6	8.5	6.9				9.0	10.9
4	1000	8.0	11.8	12.7	5.1	29.6	9.0	7.4				11.4	17.9
5	1000	9.0	12.6	13.9	6.4	39.0	9.4	7.8				11.9	26.8
6	1000	9.9	13.5	14.9	7.8	48.7	9.7	8.1			.5	13.0	34.9
7	1000	10.7	14.0	15.8	9.1	58.6	9.9	8.4			2.0	14.1	42.4
8	1000	11.4	14.5	16.6	10.3	68.4	9.8	8.6			5.2	14.4	48.8
9	1000	12.1	15.0	17.3	11.6	78.4	10.0	8.7			11.0	14.3	53.0
10	1000	12.8	15.4	18.0	12.9	88.4	10.0	8.8			20.4	18.4	53.1
11	1000	13.4	15.8	18.6	14.1	98.4	10.0	8.9		1.0	32.6	15.3	49.5
12	1000	13.9	16.2	19.1	15.3	108.4	10.0	9.0		3.3	34.4	14.2	56.4
13	1000	14.5	16.6	19.6	16.4	118.4	10.0	9.1		3.6	51.4	14.3	48.9
14	1000	15.0	16.9	20.1	17.6	128.3	9.9	9.2		8.8	52.1	13.3	54.0
15	1000	15.5	17.2	20.6	18.7	138.2	9.9	9.2		9.5	56.1	14.4	58.1
16	1000	15.9	17.5	21.0	19.9	148.1	9.9	9.2	.6	18.3	69.7	10.5	48.9
17	1000	16.3	17.8	21.4	21.2	157.9	9.8	9.3	.6	19.5	74.6	11.4	52.0
18	1000	16.8	18.1	21.8	22.1	167.7	9.8	9.3	1.9	20.1	78.2	12.1	55.2
19	1000	17.2	18.3	22.1	23.2	177.4	9.7	9.3	2.1	35.1	71.0	9.8	59.3
20	1000	17.6	18.5	22.5	24.3	187.1	9.7	9.3	2.1	37.3	93.1	9.7	44.8
21	1000	17.9	18.8	22.8	25.3	196.7	9.6	9.3	5.0	37.7	96.3	10.0	47.7
22	1000	18.3	19.0	23.1	26.4	206.2	9.5	9.4	5.5	59.8	80.7	10.2	50.0
23	1000	18.7	19.2	23.4	27.4	215.8	9.6	9.4	5.6	63.1	86.2	10.6	50.3
24	1000	19.0	19.4	23.7	28.4	225.3	9.5	9.4	10.7	61.8	87.8	7.3	57.6
25	977	19.3	19.6	24.0	28.8	229.4	4.1	9.2	11.1	64.0	105.4	7.2	41.7

TABLA 22- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-21 a DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	DOLO	SURTIDOS MADERABLES			
									POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	4.4	8.3	7.7	1.5	7.0	7.0				1.0	4.7
2	1000	6.6	10.6	10.9	3.5	18.8	9.4				8.7	9.4
3	1000	8.4	12.1	13.1	5.5	32.7	10.9				12.5	19.8
4	1000	9.8	13.3	14.8	7.6	47.7	11.9			.5	13.7	33.3
5	1000	11.1	14.2	16.2	9.7	63.5	12.7			4.8	14.4	44.3
6	1000	12.2	15.1	17.4	11.8	79.9	13.3			11.2	14.6	54.0
7	1000	13.2	15.8	18.5	13.9	96.6	13.8		1.0	21.3	15.2	59.0
8	1000	14.2	16.4	19.4	15.9	113.6	14.2		3.5	36.1	14.2	59.7
9	1000	15.1	17.0	20.2	17.9	130.7	14.5		9.0	53.1	13.6	54.9
10	1000	16.0	17.5	21.0	19.9	148.0	14.8	.6	18.3	69.7	10.5	48.9
11	1000	16.7	18.0	21.7	21.8	165.3	15.0	1.9	19.5	77.0	12.0	54.8
12	1000	17.4	18.4	22.3	23.8	182.6	15.2	2.1	36.2	90.2	9.8	43.6
13	1000	18.1	18.9	22.9	25.7	200.0	15.4	5.1	38.3	97.9	9.9	48.7
14	1000	18.7	19.2	23.5	27.6	217.3	15.5	5.6	63.5	86.8	10.6	50.7
15	977	19.3	19.6	24.0	28.7	229.4	15.3	11.2	64.0	105.4	7.2	41.7
16	938	19.9	19.9	24.5	29.3	236.5	14.8	11.8	91.3	84.0	7.0	42.5
17	904	20.5	20.3	24.9	29.9	243.3	14.3	19.9	87.3	84.1	7.0	44.9
18	872	21.0	20.6	25.4	30.4	249.9	13.9	21.6	90.9	86.5	4.4	46.4
19	843	21.6	20.8	25.8	30.9	256.1	13.5	22.7	119.0	63.1	4.5	46.8
20	817	22.1	21.2	26.3	31.3	262.2	13.1	35.4	111.4	71.1	4.4	39.8
21	793	22.6	21.4	26.6	31.8	268.1	12.8	36.2	116.1	72.1	4.3	39.4
22	772	23.0	21.7	27.0	32.2	273.8	12.4	38.6	118.0	75.0	4.4	37.3
23	751	23.5	21.9	27.3	32.6	279.3	12.1	43.2	117.3	76.6	4.5	37.7
24	733	24.0	22.2	27.7	33.0	284.6	11.8	56.0	134.6	47.1	2.4	44.6
25	715	24.4	22.4	28.0	33.4	299.8	11.6	56.4	140.3	47.4	2.4	43.2

TABLA 23- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-24 a DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hl	ho	G	V	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
								BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	5.1	9.9	8.8	2.0	10.1	10.1				3.2	5.7
2	1000	7.8	11.6	12.5	4.8	27.9	14.0				11.8	15.6
3	1000	10.0	13.4	15.0	7.8	49.3	16.5			.6	13.2	35.4
4	1000	11.8	14.7	17.0	10.9	73.1	18.3			10.2	14.8	48.0
5	1000	13.4	15.8	18.6	14.0	98.2	19.6		1.0	32.5	15.2	49.4
6	1000	14.8	16.8	20.0	17.2	124.3	20.7		8.5	50.5	12.9	52.3
7	1000	16.0	17.6	21.1	20.3	151.2	21.6	.6	18.7	71.2	11.0	49.8
8	1000	17.2	18.4	22.2	23.3	178.6	22.3	2.0	35.4	71.5	9.9	59.8
9	1000	18.3	19.0	23.1	26.4	206.3	22.9	5.5	59.8	80.7	10.2	50.0
10	978	19.3	19.6	24.0	28.7	229.3	22.9	11.2	63.9	105.3	7.2	41.7
11	917	20.2	20.1	24.8	29.7	240.7	21.8	19.7	86.4	81.8	7.0	45.8
12	864	21.2	20.7	25.5	30.5	251.5	20.9	21.7	91.7	87.1	4.4	46.5
13	819	22.0	21.4	26.2	31.3	261.8	20.1	35.4	111.2	71.0	4.4	39.7
14	780	22.9	21.6	26.8	32.0	271.5	19.4	36.8	118.4	74.4	4.3	37.4
15	746	23.6	22.0	27.4	32.7	280.8	18.7	54.9	133.0	46.4	2.5	43.9
16	715	24.4	22.4	28.0	33.4	289.7	18.1	56.4	140.3	47.3	2.4	43.2
17	688	25.1	22.8	28.5	34.0	298.3	17.5	62.5	141.0	56.6	2.3	36.0
18	663	25.8	23.1	29.0	34.6	306.5	17.0	80.3	132.6	52.6	2.4	38.5
19	641	26.4	23.5	29.5	35.2	314.4	16.5	84.0	156.4	34.3	2.3	37.4
20	621	27.1	23.8	30.0	35.8	322.1	16.1	91.5	155.4	34.7	1.1	39.2
21	602	27.7	24.1	30.4	36.3	329.4	15.7	99.4	154.8	35.7	1.1	38.3
22	585	28.3	24.4	30.8	36.8	336.6	15.3	115.3	148.6	30.3	1.2	41.2
23	569	28.9	24.7	31.2	37.3	343.5	15.0	121.3	149.3	35.0	1.1	36.9
24	555	29.4	25.0	31.6	37.7	350.3	14.6	129.4	147.9	36.2	1.1	35.7
25	541	30.0	25.2	32.0	38.2	356.8	14.3	136.2	162.2	22.1	1.1	35.0

TABLA 24- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=27 ■ DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	S	V	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
								BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	5.8	9.8	9.9	2.7	14.0	14.0				6.9	6.3
2	1000	9.1	12.7	14.0	6.6	40.0	20.0				13.3	26.6
3	1000	11.7	14.7	16.9	10.8	72.0	24.0			9.9	15.0	47.0
4	1000	13.9	16.2	19.1	15.2	107.6	26.9		3.3	34.2	14.1	56.1
5	1000	15.8	17.4	20.9	19.6	145.7	29.1	.6	18.0	68.6	11.1	47.3
6	1000	17.5	18.5	22.4	24.1	185.4	31.0	2.1	36.9	92.4	9.6	44.5
7	997	19.1	19.4	23.8	28.5	226.0	32.3	10.8	62.4	87.7	7.3	57.7
8	904	20.5	20.3	25.0	29.9	243.1	30.4	19.9	87.3	84.0	7.0	44.9
9	831	21.8	21.0	26.0	31.1	259.0	28.8	33.1	111.8	69.9	4.4	37.4
10	771	23.0	21.7	27.0	32.2	273.9	27.4	38.6	118.4	75.1	4.4	37.4
11	722	24.2	22.3	27.9	33.3	287.9	26.2	55.9	138.7	47.6	2.4	43.2
12	679	25.3	22.9	28.7	34.2	301.1	25.1	66.8	139.5	57.4	2.3	34.9
13	643	26.3	23.4	29.5	35.2	313.6	24.1	83.2	156.5	34.2	2.3	37.4
14	612	27.4	23.9	30.2	36.0	325.6	23.2	93.1	157.3	35.1	1.2	39.0
15	584	28.3	24.4	30.9	36.8	336.9	22.5	115.4	148.8	30.4	1.2	41.2
16	560	29.2	24.9	31.5	37.6	347.9	21.7	128.2	147.0	36.0	1.1	35.7
17	538	30.1	25.3	32.1	38.3	358.4	21.1	136.2	165.0	22.2	1.1	33.9
18	518	30.9	25.7	32.6	39.0	368.5	20.4	145.3	164.6	22.8	1.1	34.5
19	501	31.8	26.1	33.2	39.7	378.2	19.9	169.5	154.0	18.7	.4	35.6
20	485	32.5	26.4	33.7	40.3	387.6	19.4	177.9	153.6	19.1	.4	36.4
21	470	33.3	26.8	34.2	40.9	396.7	18.9	188.9	153.0	19.6	.4	34.6
22	456	34.0	27.1	34.7	41.5	405.5	18.4	198.8	162.8	10.5	.4	32.9
23	444	34.7	27.4	35.1	42.1	414.0	18.0	212.0	157.6	12.9	.4	31.0
24	432	35.4	27.8	35.6	42.6	422.3	17.6	226.7	152.4	9.5	.4	33.2
25	421	36.1	28.1	36.0	43.1	430.3	17.2	234.6	154.0	9.8	.4	31.5

TABLA 25- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=30 * DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SOBREVIVENCIA

A	N	dg	hL	ho	G	V	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES			
									POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	6.6	10.6	11.0	3.5	19.0	19.0				8.8	9.5
2	1000	10.5	13.8	15.6	8.7	55.8	27.9			1.9	13.9	39.7
3	1000	13.5	16.0	18.8	14.5	101.7	33.9		1.0	33.9	13.6	53.1
4	1000	16.6	17.6	21.2	20.5	153.4	38.3	.6	18.9	72.3	11.1	50.5
5	1000	18.4	19.0	23.2	26.6	209.1	41.8	5.6	60.6	82.1	10.4	50.3
6	906	20.4	20.2	24.9	29.8	242.7	40.4	19.8	87.1	83.9	7.0	44.8
7	806	22.3	21.3	26.4	31.5	265.0	37.8	36.3	112.9	71.3	4.4	40.4
8	730	24.0	22.2	27.7	33.1	285.4	35.7	55.8	135.7	47.2	2.4	44.1
9	669	25.6	23.0	28.9	34.5	304.4	33.8	68.2	140.5	58.8	2.3	34.4
10	620	27.1	33.8	30.0	35.8	322.2	32.2	91.0	156.6	34.7	1.1	38.6
11	560	28.5	24.5	31.0	37.0	339.0	30.8	116.5	149.1	30.5	1.1	41.7
12	545	29.8	25.1	31.9	38.1	354.9	29.5	130.8	165.6	22.0	1.1	35.3
13	516	31.0	25.8	32.7	39.1	370.0	28.4	145.9	165.3	22.9	1.1	34.6
14	490	32.2	26.3	33.5	40.0	384.3	27.4	172.6	156.1	19.0	.4	36.1
15	468	33.4	26.8	34.3	41.0	398.0	26.5	190.0	153.6	19.3	.4	34.6
16	448	34.5	27.4	35.0	41.9	411.2	25.7	209.7	157.3	10.9	.4	32.8
17	430	35.5	27.8	35.6	42.7	423.8	24.9	227.9	152.6	9.5	.4	33.3
18	414	36.5	28.3	36.3	43.5	436.0	24.2	242.2	153.9	9.9	.4	29.5
19	400	37.5	28.7	36.9	44.0	447.7	23.5	257.4	150.7	10.2	.5	28.9
20	386	38.4	29.1	37.4	44.9	459.0	22.9	275.1	143.5	10.3	.1	29.9
21	374	39.3	29.5	38.0	45.6	470.0	22.3	288.9	147.2	5.6	.1	28.0
22	363	40.2	29.9	38.5	46.3	480.6	21.8	299.5	149.4	5.8	.1	25.7
23	353	41.1	30.2	39.0	46.9	490.9	21.3	315.3	144.6	3.6	.1	27.1
24	344	41.9	30.6	39.5	47.5	500.9	20.9	331.9	138.4	3.7	.1	27.4
25	335	42.7	31.0	40.0	48.1	510.6	20.4	344.3	136.1	3.8	.1	26.2

TABLA 26- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=15m DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

SURTIDOS MADERABLES (m3)

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	3.1	6.7	5.5	1.5	6.0	6.0	6.0					4.3
2	2000	4.4	8.4	7.8	3.1	14.7	8.7	7.4				2.0	10.1
3	2000	5.5	9.5	9.4	4.8	24.4	9.7	8.1				10.1	12.2
4	2000	6.4	10.4	10.6	6.4	34.6	10.2	8.7				17.7	15.1
5	2000	7.2	11.0	11.6	8.1	45.0	10.4	9.0				22.8	21.3
6	2000	7.8	11.6	12.5	9.6	55.6	10.6	9.3				23.5	31.0
7	2000	8.4	12.1	13.2	11.2	66.3	10.7	9.5				25.3	40.3
8	2000	9.0	12.6	13.9	12.7	77.0	10.7	9.6				23.8	52.5
9	2000	9.5	13.0	14.5	14.2	87.7	10.7	9.7				25.6	61.7
10	2000	10.0	13.4	15.0	15.6	98.4	10.7	9.8			1.1	26.4	70.5
11	2000	10.4	13.7	15.5	17.1	109.0	10.6	9.9			3.7	28.1	76.8
12	2000	10.8	14.0	15.9	18.5	119.6	10.6	10.0			8.9	28.6	81.4
13	2000	11.2	14.3	16.4	19.8	130.2	10.6	10.0			9.8	29.5	90.6
14	2000	11.6	14.6	16.8	21.2	140.6	10.4	10.0			19.4	29.3	91.6
14	975	13.9	15.6	16.8	14.8	102.7					19.4	15.7	67.5
15	975	14.3	15.9	17.1	15.7	110.3	7.6	9.9			21.0	15.4	73.8
16	975	14.7	16.2	17.5	16.6	117.9	7.6	9.7			22.7	16.1	79.0
17	975	15.1	16.4	17.8	17.5	125.3	7.4	9.6			39.2	15.0	71.1
18	975	15.5	16.6	18.1	18.4	132.8	7.5	9.5			42.0	15.3	75.4
19	975	15.9	16.9	18.4	19.3	140.2	7.4	9.4		2.0	42.4	15.6	80.2
20	975	16.2	17.0	18.7	20.1	147.6	7.4	9.3		2.1	67.3	13.4	64.8
21	975	16.5	17.3	19.0	21.0	154.9	7.3	9.2		2.2	71.6	14.0	67.0
22	975	16.9	17.5	19.3	21.8	162.1	7.2	9.1		6.8	70.5	14.7	70.0
23	975	17.2	17.6	19.5	22.6	169.3	7.2	9.0		7.1	73.6	14.6	74.0
24	975	17.5	17.8	19.8	23.4	176.5	7.2	8.9		7.4	106.8	10.6	51.6
25	975	17.8	18.0	20.0	24.2	183.6	7.1	8.9		17.3	102.1	11.0	53.1

SÍMBOLOS:

- A EDAD (años)
- N arboles por hectarea
- dg diametro de arbol de area basal media (cm)
- hL altura media de Lorey (m)
- ho altura media dominante (m)
- G area basal por hectarea (m2)
- V volumen total por hectarea (m3)
- ICA incremento corriente anual (m3/ha/año)
- IMA incremento medio anual (m3/ha/año)
- BOLO, POSTES, VARAS, CUJES, LENAS volumen por hectarea (m3)

TABLA 27- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-18 a DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80 % SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
									BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	3.7	7.5	6.6	2.1	9.4	9.4	9.4				.1	7.1
2	2000	5.5	9.5	9.4	4.8	24.2	14.8	12.1				10.0	12.1
3	2000	6.9	10.8	11.3	7.5	41.1	16.9	13.7				18.0	21.7
4	2000	8.0	11.8	12.7	10.2	59.3	18.2	14.8				22.8	35.9
5	2000	9.0	12.6	13.9	12.9	78.2	18.9	15.6				23.9	53.5
6	2000	9.9	13.3	15.0	15.2	97.5	19.3	16.3			1.1	26.1	69.9
7	2000	10.7	14.0	15.8	18.1	117.1	19.6	16.7			4.0	28.1	84.8
8	2000	11.5	14.5	16.6	20.7	137.0	19.9	17.1			10.4	28.7	97.6
8	980	13.7	15.5	16.6	14.5	100.3		17.1			10.4	15.6	74.3
9	980	14.6	16.0	17.3	16.3	114.9	14.6	16.8			22.0	15.7	76.2
10	980	15.3	16.5	18.0	18.0	129.5	14.6	16.6			40.8	15.5	73.1
11	980	16.0	17.0	18.6	19.7	144.1	14.6	16.4		2.0	65.2	15.7	61.2
12	980	16.7	17.4	19.1	21.4	158.8	14.7	16.3		6.6	68.8	14.4	68.9
13	980	17.3	17.7	19.6	23.1	173.4	14.6	16.2		7.3	102.8	14.4	48.8
14	980	17.9	18.1	20.1	24.7	187.9	14.5	16.0		17.6	104.3	11.3	54.7
15	980	18.5	18.4	20.6	26.3	202.4	14.5	15.9		19.0	112.3	12.2	58.9
16	980	19.0	18.7	21.0	27.9	216.9	14.5	15.8	1.2	36.5	139.5	6.9	32.8
17	980	19.6	19.0	21.4	29.5	231.3	14.4	15.8	1.2	39.0	148.7	7.4	34.9
18	980	20.1	19.3	21.8	31.0	245.6	14.3	15.7	3.9	40.3	156.4	7.9	37.5
18	584	21.7	20.1	21.8	21.6	175.7		15.7	3.9	40.3	111.5	.0	20.0
19	584	22.2	20.4	22.1	22.7	185.9	10.2	15.4	4.1	70.3	93.2	.0	18.3
20	584	22.8	20.6	22.5	23.8	196.0	10.1	15.1	4.2	74.6	98.3	.0	18.9
21	584	23.3	20.9	22.8	24.8	206.1	10.1	14.9	10.0	75.4	100.1	.0	20.6
22	584	23.7	21.1	23.1	25.8	216.2	10.1	14.7	11.0	119.6	64.3	.0	21.1
23	584	24.2	21.4	23.4	26.8	226.1	9.9	14.5	11.2	126.2	67.8	.0	20.9
24	584	24.6	21.6	23.7	27.8	236.1	10.0	14.3	21.5	123.5	65.4	.0	25.6
25	584	25.1	21.8	24.0	28.8	245.9	9.8	14.1	22.8	130.8	67.9	.0	24.7

TABLA 28- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=21 a DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80 % SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
									BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	2000	4.4	8.3	7.7	3.0	14.1	14.1	14.1				2.0	9.5
2	2000	6.6	10.6	11.0	6.9	37.6	23.5	18.8				17.4	18.8
3	2000	8.4	12.1	13.1	11.0	65.3	27.7	21.8				25.1	39.6
4	2000	9.8	13.2	14.8	15.2	95.4	30.1	23.9			1.1	27.3	66.6
5	2000	11.1	14.2	16.2	19.4	127.1	31.7	25.4			9.6	28.8	88.5
6	2000	12.2	15.1	17.4	23.6	159.8	32.7	26.6			22.5	29.2	107.9
6	980	14.6	16.1	17.4	16.5	117.0					22.5	16.0	78.5
7	980	15.9	16.9	18.5	19.4	141.5	24.5	26.3		2.0	42.7	15.8	81.0
8	980	17.0	17.6	19.4	22.3	166.4	24.9	26.2		7.0	72.1	14.9	72.3
9	980	18.0	18.2	20.2	25.1	191.5	25.1	26.0		17.9	106.2	11.5	55.7
10	980	19.0	18.7	21.0	27.9	216.7	25.2	26.0	1.2	36.5	139.3	6.9	32.7
11	980	20.0	19.2	21.7	30.6	242.1	25.4	25.9	3.8	39.0	154.0	7.8	37.4
11	586	21.6	20.0	21.7	21.4	173.6			3.8	39.0	110.1		20.6
12	586	22.5	20.5	22.3	23.3	191.9	18.3	25.3	4.2	72.4	96.4		18.9
13	586	23.4	21.0	22.9	25.2	210.1	18.2	24.7	10.2	76.7	102.2		21.0
14	586	24.2	21.4	23.5	27.1	228.4	18.3	24.3	11.3	127.1	68.9		21.1
15	586	25.0	21.8	24.0	28.9	246.6	18.2	23.9	22.8	130.8	68.4		24.5
16	586	25.8	22.2	24.5	30.7	264.8	18.2	23.5	25.2	185.3	30.0		24.3
16	368	27.2	22.8	24.5	21.5	188.4			25.2	128.8	17.3		17.7
17	368	28.0	23.2	25.0	22.7	201.9	13.5	22.9	44.1	129.1	9.5		25.1
18	368	28.8	23.5	25.4	24.0	214.8	12.9	22.3	49.7	131.2	9.2		24.6
19	368	29.5	23.9	25.8	25.2	227.7	12.9	21.8	53.9	139.0	9.8		25.0
20	368	30.2	24.2	26.2	26.3	240.5	12.8	21.4	80.8	126.4			33.1
21	368	30.9	24.5	26.6	27.6	253.3	12.8	21.0	85.0	136.6			31.7
22	368	31.5	24.8	27.0	28.7	266.0	12.7	20.6	93.7	139.9			32.4
23	368	32.1	25.1	27.3	29.9	278.7	12.7	20.2	108.3	137.3			33.0
24	368	32.7	25.4	27.7	31.0	291.3	12.6	19.9	114.1	142.8			34.4
25	368	33.3	25.6	28.0	32.2	303.8	12.5	19.6	117.8	154.9			31.2

TABLA 29- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=24 ■ DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES				LENAS
										POSTES	VARAS	CUJES		
1	2000	5.1	9.1	8.8	4.1	20.2	20.2	20.2					6.5	11.3
2	2000	7.8	11.6	12.5	9.7	55.9	35.7	28.0					23.6	31.2
3	2000	10.0	13.4	15.0	15.7	98.9	43.0	33.0			1.1		26.5	70.9
4	2000	11.8	14.7	17.0	21.9	146.2	47.3	36.6				20.3	29.6	96.0
4	980	14.1	15.8	17.0	15.3	107.1						20.3	15.5	71.2
5	980	16.0	16.9	18.6	19.7	143.9	36.8	36.6		2.0	65.0		15.7	61.0
6	980	17.7	17.9	19.9	24.1	182.1	38.2	36.9			17.0	101.1	11.0	53.0
7	980	19.2	18.8	21.1	28.4	221.5	39.4	37.2	1.2	37.3	142.4		7.1	33.5
8	980	20.6	19.6	22.2	32.7	261.6	40.1	37.6	4.1	70.8	143.0		2.3	41.4
8	586	22.3	20.4	22.2	22.9	187.6			4.1	70.8	94.2			18.5
9	586	23.7	21.1	23.1	25.9	216.8	29.2	36.7	11.0	119.7	64.8			21.2
10	586	25.0	21.8	24.0	28.8	246.2	29.4	35.9	22.8	130.6	68.3			18.5
11	586	26.3	22.4	24.8	31.8	275.9	29.7	35.4	43.0	179.0	22.5			31.4
11	370	27.7	23.0	24.8	22.3	197.3			43.0	120.5	9.4			24.5
12	370	28.9	23.6	25.5	24.3	218.7	21.4	34.2	50.2	134.3	9.5			24.6
13	370	30.1	24.2	26.2	26.3	240.0	21.3	33.2	80.6	126.1				33.3
14	370	31.2	24.7	26.8	28.3	261.5	21.5	32.4	88.2	140.6				32.7
15	370	32.3	25.2	27.4	30.3	283.0	21.5	31.6	109.9	139.5				33.5
16	370	33.3	25.6	28.0	32.2	304.3	21.3	31.0	117.9	155.2				31.3
17	370	34.3	26.1	28.5	34.1	325.8	21.5	30.4	139.7	153.0				33.1
18	370	35.2	26.5	29.0	36.0	347.1	21.3	29.9	159.1	156.2				31.8
19	370	36.1	26.9	29.5	37.9	368.5	21.4	29.5	175.5	160.7				32.2
20	370	37.0	27.2	30.0	39.7	389.8	21.3	29.1	200.9	154.7				34.1
21	370	37.8	27.5	30.4	41.6	411.0	21.2	28.7	217.9	159.4				33.8
22	370	38.7	27.9	30.8	43.4	432.2	21.2	28.4	237.0	163.9				31.2
23	370	39.4	28.2	31.2	45.2	453.3	21.1	28.0	251.1	170.0				33.2
24	370	40.2	28.6	31.6	46.9	474.3	21.0	27.7	280.9	163.3				30.0
24	235	42.1	29.3	31.6	32.8	336.9			214.3	104.3				18.3
25	235	42.9	29.6	32.0	34.0	351.8	14.9	27.2	224.6	108.2				19.0

TABLA 30- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=27 ■ DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	H	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES				LENAS
										POSTES	VARAS	CUJES		
1	2000	5.8	9.8	9.9	5.4	28.1	28.1	28.1					13.7	12.6
2	2000	9.1	12.7	14.0	13.1	80.1	52.0	40.1					26.6	53.1
3	2000	11.7	14.7	16.9	21.6	144.0	63.9	48.0				19.9	30.0	93.8
3	980	14.0	15.7	16.9	15.1	105.5						19.9	16.2	69.4
4	980	16.6	17.3	19.1	21.3	157.6	52.1	49.0		6.5	68.3	14.3	68.4	
5	980	18.9	18.7	20.9	27.5	213.4	55.8	50.4	1.1	36.0	137.2	6.8	32.2	
6	980	21.0	19.8	22.4	33.8	271.8	58.4	51.7	4.2	73.8	162.3	2.1	29.3	
6	586	22.7	20.6	22.4	23.7	195.0		51.7	4.2	73.8	97.9		19.0	
7	586	24.6	21.6	23.7	28.0	238.2	43.2	50.5	21.6	125.2	65.7		25.6	
8	586	26.5	22.5	24.9	32.4	282.5	44.3	49.7	44.0	183.2	23.0		32.2	
9	586	28.3	23.4	26.0	36.7	327.5	45.0	49.2	79.7	194.3	12.7		40.7	
10	586	29.9	24.1	27.0	41.0	373.1	45.6	48.8	100.1	218.9	13.2		40.8	
10	367	31.5	24.8	27.0	28.7	265.7			93.7	139.7			32.3	
11	367	33.1	25.5	27.9	31.7	298.5	32.8	47.4	115.4	152.2			30.9	
12	367	34.6	26.2	28.7	34.6	331.5	33.0	46.2	151.4	147.2			33.0	
13	367	36.1	26.8	29.5	37.5	364.7	33.2	45.2	172.2	160.4			32.1	
14	367	37.4	27.4	30.2	40.4	398.1	33.4	44.3	208.8	154.9			34.4	
15	367	38.7	27.9	30.9	43.3	431.4	33.3	43.6	236.9	163.4			31.1	
16	367	40.0	28.5	31.5	46.1	464.9	33.5	43.0	274.2	160.3			30.4	
17	367	41.2	28.9	32.1	48.9	498.3	33.4	42.4	296.2	170.7			31.4	
17	234	43.1	29.7	32.1	43.2	354.2			226.2	108.9			19.1	
18	234	44.3	30.1	32.7	36.2	378.0	23.8	41.4	251.7	105.8			20.5	
19	234	45.5	30.6	33.2	38.1	401.7	23.7	40.4	277.0	108.5			16.2	
20	234	46.6	31.0	33.7	40.0	425.5	23.8	39.6	302.6	104.7			18.1	
21	234	47.7	31.4	34.2	41.9	449.1	23.6	38.9	321.6	108.7			18.8	
22	234	48.7	31.8	34.7	43.7	472.8	23.7	38.2	344.6	111.3			16.8	
23	234	49.7	32.2	35.1	45.6	496.3	23.5	37.5	370.9	108.8			16.6	
24	234	50.7	32.6	35.6	47.4	519.9	23.6	36.9	391.2	111.6			17.0	
25	234	51.7	32.9	36.0	49.2	543.3	23.4	36.4	414.6	111.6			17.1	

TABLA 31- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=30 m DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS 80% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES				LENAS
										POSTES	VARAS	CUJES		
1	2000	6.7	10.6	11.0	7.0	30.0	30.0	30.0					17.6	19.0
2	2000	10.5	13.8	15.6	17.4	111.6	81.6	55.8				3.8	27.9	79.4
3	2000	13.6	16.0	18.8	28.9	203.4	91.8	67.8			2.1	67.8	27.2	106.2
3	975	16.2	17.1	18.8	20.2	148.5					2.1	67.8	13.5	65.2
4	975	19.3	18.9	21.2	28.7	224.0	75.5	69.7	1.2	37.9	144.5	7.1	33.8	
5	975	22.0	20.4	23.2	37.3	305.4	81.4	72.1	11.2	121.3	138.3	2.3	32.8	
5	584	23.9	21.2	23.2	26.1	219.2			11.2	121.3	65.7		20.9	
6	584	26.5	22.5	24.9	32.2	280.6	61.4	70.3	43.8	182.0	22.8		32.0	
7	584	28.9	23.7	26.4	38.3	344.3	63.7	69.3	90.0	200.3	12.1		42.0	
8	584	31.1	24.7	27.7	44.4	409.7	65.4	68.9	147.2	210.1			52.4	
8	367	32.8	25.4	27.7	31.1	292.6			114.0	145.6			33.0	
9	367	35.0	26.4	28.9	35.4	340.2	47.6	66.5	157.2	149.4			33.6	
10	367	37.0	27.4	30.0	39.6	388.6	48.4	64.7	200.5	154.2			33.9	
11	367	38.9	28.0	31.0	43.8	437.6	49.0	63.3	241.8	163.6			32.2	
12	367	40.8	28.9	31.9	48.0	487.0	49.4	62.1	289.4	166.8			30.7	
13	367	42.4	29.5	32.7	52.1	536.7	49.7	61.1	337.1	166.7			33.0	
13	234	44.5	30.2	32.7	36.4	381.5			254.1	106.8			20.7	
14	234	46.2	30.9	33.5	39.3	417.0	35.5	59.3	289.0	111.3			16.7	
15	234	47.8	31.5	34.3	42.1	452.7	35.7	57.7	226.3	118.7			18.7	
16	234	49.4	32.1	35.0	44.9	488.5	35.8	56.4	361.4	110.2			16.9	
17	234	50.9	32.7	35.7	47.7	524.3	35.8	55.2	396.6	110.7			16.9	
18	234	52.4	33.2	36.3	50.5	560.2	35.9	54.1	433.3	109.7			17.2	
19	234	53.8	33.7	36.9	53.2	596.0	35.8	53.1	468.0	110.4			17.6	
20	234	5.1	34.2	37.4	55.9	631.8	35.8	52.3	502.1	112.0			17.7	
21	234	56.4	34.6	38.0	58.6	667.6	35.8	51.5	542.2	107.6			17.8	
22	234	57.7	35.1	38.5	61.2	703.4	35.8	50.8	578.4	107.0			17.9	
22	154	59.6	35.7	38.5	43.0	500.5			417.4	70.9			12.2	
23	154	60.9	36.2	39.0	44.9	525.9	25.4	49.7	440.0	73.2			12.6	
24	154	62.1	36.6	39.5	46.7	551.2	25.3	48.6	466.0	72.3			12.9	
25	154	63.3	37.0	40.0	48.6	576.5	25.3	47.7	488.9	74.2			13.4	

TABLA 32- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=21 a DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	INA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES			
										POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	4.4	8.3	7.7	1.5	7.0	7.0	7.0				1.0	4.7
2	1000	6.6	10.6	10.9	3.5	18.8	11.8	9.4				8.7	9.4
3	1000	8.4	12.1	13.1	5.5	32.7	13.9	10.9				12.5	19.8
4	1000	9.8	13.3	14.8	7.6	47.7	15.0	11.9			.5	13.7	33.3
5	1000	11.1	14.2	16.2	9.7	63.5	15.8	12.7			4.8	14.4	44.3
6	1000	12.2	15.1	17.4	11.8	79.9	16.4	13.3			11.2	14.6	54.0
7	1000	13.2	15.8	18.5	13.9	96.6	16.7	13.8		1.0	21.3	15.2	59.0
8	1000	14.2	16.4	19.4	15.9	113.6	17.0	14.2		3.5	36.1	14.2	59.7
9	1000	15.1	17.0	20.2	17.9	130.7	17.1	14.5		9.0	53.1	13.6	54.9
10	1000	16.0	17.5	21.0	19.9	148.0	17.3	14.8	.6	18.3	69.7	10.5	48.9
11	1000	16.7	18.0	21.7	21.8	165.3	17.3	15.0	1.9	19.5	77.0	12.0	54.8
12	1000	17.4	18.4	22.3	23.8	182.6	17.3	15.2	2.1	36.2	90.2	9.8	43.6
13	1000	18.1	18.9	22.9	25.7	200.0	17.4	15.4	5.1	38.3	97.9	9.9	48.7
14	1000	18.7	19.2	23.5	27.6	217.3	17.3	15.5	5.6	63.5	86.8	10.6	50.7
15	1000	19.3	19.6	24.0	29.4	234.7	17.4	15.6	11.4	65.4	107.8	7.3	42.7
15	489	23.2	21.0	24.0	20.6	171.8			11.4	65.4	76.7		18.2
16	489	23.9	21.3	24.5	21.9	184.5	12.7	15.5	12.6	97.2	56.1		18.5
17	489	24.5	21.7	25.0	23.2	197.1	12.6	15.3	22.0	96.7	56.5		21.9
18	489	25.2	22.0	25.4	24.4	209.7	12.6	15.1	24.8	104.2	59.8		20.9
19	489	25.8	22.3	25.8	25.6	222.3	12.6	15.0	26.9	141.0	32.9		21.3
20	489	26.4	22.6	26.2	26.9	234.8	12.5	14.9	43.4	136.3	28.1		26.9
21	489	27.0	22.9	26.6	28.1	247.2	12.4	14.8	45.6	146.2	28.9		26.4
22	489	27.6	23.2	27.0	29.3	259.7	12.5	14.7	50.0	153.4	30.7		25.5
23	489	28.1	23.5	27.3	30.4	272.0	12.3	14.6	57.5	156.0	32.2		26.3
24	489	28.7	23.7	27.7	31.6	284.3	12.3	14.5	76.4	162.4	12.1		33.5
25	489	29.2	24.0	28.0	32.7	296.6	12.3	14.4	78.9	174.0	11.8		31.9

TABLA 33- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS=24 a DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ha	G	V	ICA	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES				
										POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	
1	1000	5.1	9.9	8.8	2.0	10.1	10.1	10.1					3.2	5.7
2	1000	7.8	11.6	12.5	4.8	27.9	17.8	14.0					11.8	15.6
3	1000	10.0	13.4	15.0	7.8	49.3	21.4	16.4			.6		13.2	35.4
4	1000	11.8	14.7	17.0	10.9	73.1	23.8	18.3				10.2	14.8	48.0
5	1000	13.4	15.8	18.6	14.0	98.2	25.1	19.6		1.0	32.5	15.2	49.4	
6	1000	14.8	16.8	20.0	17.2	124.3	26.1	20.7		8.5	50.5	12.9	52.3	
7	1000	16.0	17.6	21.1	20.3	151.2	26.9	21.6	.6	18.7	71.2	11.0	49.8	
8	1000	17.2	18.4	22.2	23.3	178.6	27.4	22.3	2.0	35.4	71.5	9.9	59.8	
9	1000	18.3	19.0	23.1	26.4	206.3	27.7	22.9	5.5	59.8	80.7	10.2	50.0	
10	1000	19.3	19.6	24.0	29.4	234.3	28.0	23.4	11.4	65.3	107.6	7.3	42.6	
10	489	23.1	21.0	24.0	20.6	171.5			11.4	65.3	76.2		18.2	
11	489	24.2	21.5	24.8	22.7	192.2	20.7	23.2	21.5	94.3	54.5		22.0	
12	489	25.4	22.1	25.5	24.7	213.0	20.8	23.0	25.1	106.1	60.7		21.0	
13	489	26.4	22.6	26.2	26.8	233.8	20.8	22.8	43.2	135.7	28.0		26.8	
14	489	27.3	23.1	26.8	28.8	254.7	20.9	22.7	47.2	151.7	30.1		25.6	
15	489	28.3	23.5	27.4	30.8	275.5	20.8	22.6	73.6	157.7	11.8		32.5	
16	489	29.2	24.0	28.0	32.7	296.4	20.9	22.5	78.8	173.9	11.8		31.8	
17	489	30.0	24.4	28.5	34.6	317.3	20.9	22.4	90.5	181.1	12.6		33.1	
18	489	30.9	24.7	29.0	36.6	338.1	20.8	22.3	121.0	173.7	3.6		39.8	
19	489	31.6	25.1	29.5	38.5	358.9	20.8	22.2	131.0	184.9	3.8		39.1	
20	489	32.4	25.4	30.0	40.4	379.6	20.7	22.1	147.3	187.2	3.7		41.3	
21	489	33.1	25.8	30.4	42.2	400.3	20.7	22.1	165.0	190.4	3.9		40.9	
21	292	35.9	26.8	30.4	29.5	286.9			139.5	121.2			26.2	
22	292	36.6	27.1	30.8	30.8	301.7	14.8	21.7	150.4	126.3			25.0	
23	292	37.4	27.5	31.2	32.1	316.4	14.7	21.4	164.0	125.7			26.7	
24	292	38.1	27.8	31.6	33.5	331.1	14.7	21.1	181.9	123.7			25.5	
25	292	38.8	28.0	32.0	34.6	345.8	14.7	20.9	190.4	128.8			26.5	

TABLA 34- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-27 ■ DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	SURTIDOS MADERABLES				
									BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS
1	1000	5.8	9.8	9.9	2.7	14.0	14.0	14.0				6.9	6.3
2	1000	9.1	12.7	14.0	6.6	40.0	26.0	20.0				13.3	26.6
3	1000	11.7	14.7	16.9	10.8	72.0	32.0	24.0				15.0	47.0
4	1000	13.9	16.2	19.1	15.2	107.6	35.6	26.9			9.9	14.1	56.1
5	1000	15.8	17.4	20.9	19.6	145.7	38.1	29.1	.6	18.0	68.6	11.1	47.3
6	1000	17.5	18.5	22.4	24.1	185.4	39.7	30.9	2.1	36.9	92.4	9.6	44.5
7	1000	19.0	19.4	23.8	28.5	226.7	41.3	32.4	10.8	62.6	88.0	7.4	57.9
8	1000	20.5	20.3	25.0	33.0	268.8	42.1	33.6	22.0	96.5	92.9	7.8	49.6
8	489	24.5	21.7	24.9	23.1	196.8			22.0	96.5	56.4		21.9
9	489	26.1	22.5	26.0	26.2	228.1	31.3	33.3	39.8	134.5	27.2		26.5
10	489	27.6	23.2	27.0	29.3	259.2	31.1	33.1	50.0	153.5	30.8		25.5
11	489	29.0	23.9	27.9	32.3	292.0	32.8	33.1	77.5	170.3	12.4		31.8
12	489	30.3	24.5	28.7	35.3	324.3	32.3	33.0	98.3	180.2	13.0		32.7
13	489	31.6	25.1	29.5	38.3	356.7	32.4	33.0	129.4	184.6	3.8		39.0
14	489	32.8	25.6	30.2	41.3	389.3	32.6	33.0	152.0	192.2	3.8		41.3
15	489	33.9	26.1	30.8	44.2	422.0	32.7	32.9	185.2	193.4			43.4
15	292	36.7	27.2	30.9	30.9	302.5			150.8	126.6			25.0
16	292	37.9	27.7	31.5	32.9	325.9	23.4	32.3	178.4	122.0			25.5
17	292	39.0	28.1	32.1	34.9	349.4	23.5	31.8	191.4	133.1			24.8
18	292	40.1	28.6	32.7	36.9	372.8	23.4	31.4	214.4	132.5			25.9
19	292	41.1	29.0	33.2	38.8	396.3	23.5	30.9	242.5	130.2			23.5
20	292	42.1	29.4	33.7	40.8	419.6	23.3	30.6	265.3	129.4			25.0
21	292	43.1	29.8	34.2	42.7	443.0	23.4	30.2	286.1	131.3			25.6
22	292	44.0	30.2	34.7	44.6	466.3	23.3	29.9	312.8	131.5			22.0
23	292	45.0	30.6	35.1	46.5	489.6	23.3	29.6	333.0	134.0			22.5
24	292	45.9	30.9	35.6	48.3	512.7	23.1	29.3	357.6	130.9			24.2
25	292	46.7	31.2	36.0	50.2	535.9	23.2	29.1	376.7	134.2			24.9

TABLA 35- CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO IS-30 a DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS 90% SUPERVIVENCIA, CON RALEOS

A	N	dg	hL	ho	G	V	ICA	IMA	BOLO	SURTIDOS MADERABLES				LENAS
										POSTES	VARAS	CUJES		
1	1000	6.6	10.6	11.0	3.5	19.0	19.0	19.0					8.8	9.5
2	1000	10.5	13.8	15.6	8.7	55.8	36.8	27.9				1.9	13.9	39.7
3	1000	13.5	16.0	18.8	14.5	101.7	45.9	33.9		1.0	33.9	13.6	53.1	
4	1000	16.6	17.6	21.2	20.5	153.4	51.7	38.4	.6	18.9	72.3	11.1	50.5	
5	1000	18.4	19.0	23.2	26.6	209.1	55.7	41.8	5.6	60.6	82.1	10.4	50.3	
6	1000	20.4	20.2	24.9	32.9	267.7	58.6	44.6	21.9	96.1	92.5	7.7	49.4	
6	489	24.5	21.6	24.9	23.0	196.0			21.9	96.1	56.1		21.8	
7	489	26.7	22.8	26.4	27.4	240.5	44.5	44.6	45.0	140.1	28.2		27.3	
8	489	28.7	23.7	27.7	31.8	286.2	45.7	44.7	76.5	164.5	12.2		32.9	
9	489	30.6	24.6	28.9	36.1	332.8	46.6	44.9	101.9	184.0	13.4		33.5	
10	489	32.4	25.5	30.0	40.3	380.1	47.3	45.2	146.8	189.1	3.7		40.5	
11	489	34.1	26.2	31.0	44.7	428.0	47.9	45.4	188.6	195.1			44.3	
11	292	36.9	27.3	31.0	31.3	306.8			153.7	127.4			25.7	
12	292	38.6	28.0	31.9	34.2	341.4	34.6	44.5	188.0	127.2			26.2	
13	292	40.2	28.6	32.7	37.2	376.3	34.9	43.8	216.4	133.8			26.1	
14	292	41.8	29.3	33.5	40.1	411.4	35.1	43.2	252.4	134.5			24.4	
15	292	43.3	29.9	34.3	43.0	446.5	35.1	42.6	289.5	131.4			25.7	
16	292	44.7	30.4	35.0	45.8	481.8	35.3	42.2	325.8	133.5			22.5	
17	292	46.0	31.0	35.7	48.7	517.1	35.3	41.8	361.7	131.2			24.2	
18	292	47.3	31.5	36.3	451.5	552.5	35.4	41.4	398.5	133.6			20.3	
19	292	48.6	31.9	36.9	54.3	587.9	35.4	41.1	430.7	136.4			20.8	
19	184	51.3	32.9	36.9	38.0	419.2			320.1	85.8			13.5	
20	184	52.6	33.4	37.5	39.9	444.4	25.2	40.2	342.4	88.3			13.7	
21	184	53.8	33.8	38.0	41.8	469.6	25.2	39.5	369.9	85.9			13.8	
22	184	55.1	34.2	38.5	43.7	494.7	25.1	38.9	395.4	85.6			13.8	
23	184	56.2	34.7	39.1	45.6	519.9	25.2	38.3	418.2	87.5			14.1	
24	184	57.4	35.1	39.5	47.5	545.0	25.1	37.7	441.7	88.7			14.5	
25	184	58.5	35.4	40.0	49.3	569.9	24.9	37.2	470.5	84.9			14.5	

TABLA 36.-INDICADORES ECONOMICOS DENSIDAD INICIAL 1110 PLANTAS

PRODUCCION TALA FINAL										PRODUCCION DE RALEO									
IS=15:	TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCCION	GANANCIA	C/P	COST/m3	RENT. (%)	
	5:	22				11.4	10.6:	0						22.00	-46.07	1.09	25.63	-8.17	
	10:	49.1				13.2	35.3:	0						49.10	27.58	.97	15.54	3.62	
	15:	75.5				14	51:	0						75.50	253.64	.80	13.39	25.1	
	20:	101				33.7	52:	0						101.00	712.64	.66	13.41	52.63	
	25:	125.5				51	52.9:	0						125.50	1068.51	.61	13.28	64.09	
PRODUCCION TALA FINAL										PRODUCCION DE RALEO									
IS=18:	TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCCION	GANANCIA	C/P	COST/m3	RENT. (%)	
	5:	38.7				11.9	26.8:							38.70	-8.95	1.01	17.22	-1.34	
	10:	91.9				18.4	53.1:							91.90	523.20	.71	13.63	41.77	
	15:	138.1				14.4	58.1:							138.10	1221.51	.59	12.97	68.18	
	20:	187				9.7	44.8:							187.00	2030.07	.55	13.38	81.11	
	25:	229.4				7.2	41.7:							229.40	2494.12	.55	13.44	80.88	
PRODUCCION TALA FINAL										PRODUCCION DE RALEO									
IS=21:	TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCCION	GANANCIA	C/P	COST/m3	RENT. (%)	
	5:	63.5				14.4	44.3:	0						63.50	153.04	.85	14.00	17.22	
	10:	148				10.5	48.9:	0						148.00	1482.90	.57	13.12	76.37	
	15:	234.6				7.3	42.7:	0						234.60	2574.94	.55	13.33	82.32	
	20:	234.7				26.9:	62.9	31.1						297.60	2358.53	.63	13.63	58.16	
	25:	296.6				31.9:	62.9	31.1						399.50	2745.29	.64	13.62	56.05	
PRODUCCION TALA FINAL										PRODUCCION DE RALEO									
IS=24:	TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCCION	GANANCIA	C/P	COST/m3	RENT. (%)	
	5:	98.1				15.2	49.4:	0						98.10	724.50	.65	13.44	54.97	
	10:	234.2				7.3	42.6:	0						234.20	2579.53	.55	13.30	82.83	
	15:	275.5				32.5:	62.7	31						338.20	2598.16	.64	13.56	56.67	
	20:	379.5				41.3:	62.7	31						442.20	3654.04	.62	13.59	60.79	
	25:	355.7				26.5:	176.1	34.9						531.80	4341.07	.64	14.49	56.35	
PRODUCCION TALA FINAL										PRODUCCION DE RALEO									
IS=27:	TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCCION	GANANCIA	C/P	COST/m3	RENT. (%)	
	5:	145.6				11.1	47.3:	0						145.60	1474.28	.57	13.19	76.8	
	10:	259.8				25.5:	72	36.5						331.80	2711.46	.62	13.60	60.07	
	15:	422				43.4:	72	36.5						494.00	4265.31	.61	13.62	63.38	
	20:	419.7				25:	191.5	34.4						611.20	5485.42	.62	14.51	61.85	
	25:	535.8				24.9:	191.5	34.4						727.30	7084.85	.60	14.54	66.98	
PRODUCCION TALA FINAL										PRODUCCION DE RALEO									
IS=30:	TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCCION	GANANCIA	C/P	COST/m3	RENT. (%)	
	5:	209				10.4	50.3:	0						209.00	2036.56	.57	13.10	74.39	
	10:	380.1				3.7	40.5:	71.7						451.80	3768.42	.62	13.56	61.51	
	15:	446.6				13.7:	25.7:	192.9						639.50	5853.75	.61	14.49	63.15	
	20:	444.4				14.5:	13.7:	360						804.40	7562.69	.62	15.36	61.22	
	25:	589.9				14.5:	14.5:	360						929.90	9356.90	.60	15.27	65.88	

YBLA 37-INDICADORES ECONOMICOS DENSIDAD INICIAL 2500 PLANTAS

PRODUCCION TALA FINAL															PRODUCCION DE RALEO														
TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCC	GANANCIA	C/P	COST/M3RENT. C2)													
5:	44.1				22.8	21.3:	0						44.10	-137.13	1.13	26.61													
10:	98			1.1	26.4	70.5:	0						98.00	17.08	.99	15.91													
15:	110.2			21	15.4	73.8:	37.7						147.90	547.56	.78	13.45													
20:	147.6		2.1	67.3	13.4	64.8:	37.7						185.30	1416.59	.64	13.72													
25:	183.5		17.3	102.1	11	53.1:	37.7						221.20	2119.19	.59	13.97													
PRODUCCION TALA FINAL															PRODUCCION DE RALEO														
TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCC	GANANCIA	C/P	COST/M3RENT. C2)													
5:	77.4				23.9	53.5:	0						77.40	-61.87	1.05	17.83													
10:	129.4			40.8	15.5	73.1:	36.5						165.90	938.06	.70	13.43													
15:	202.4		19	112.3	12.2	58.9:	36.5						238.90	2366.55	.58	13.73													
20:	196		4.2	74.6	0	18.9:	106.4						302.40	3083.62	.59	14.56													
25:	246.2		22.8	130.8	0	24.7:	106.4						352.60	3053.80	.62	14.35													
PRODUCCION TALA FINAL															PRODUCCION DE RALEO														
TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCC	GANANCIA	C/P	COST/M3RENT. C2)													
5:	126.9			9.6	28.8	88.5:	0						126.90	280.70	.87	14.36													
10:	242		3.8	39	7.8	37.4:	42.5						284.50	3255.79	.55	13.92													
15:	246.5		22.8	130.8	0	24.5:	110.9						357.40	3062.19	.62	14.18													
20:	240.3		80.8	126.4	0	33.1:	186.7						427.00	2820.41	.69	14.60													
25:	303.9		117.8	154.9	0	31.2:	186.7						490.60	3487.01	.67	14.58													
PRODUCCION TALA FINAL															PRODUCCION DE RALEO														
TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCC	GANANCIA	C/P	COST/M3RENT. C2)													
5:	143.7		2	65	15.7	61:	38.9						182.60	1434.42	.64	13.86													
10:	246.1		22.8	130.6	0	24.4:	112.9						359.00	3049.86	.62	14.13													
15:	282.9		109.9	139.5	0	33.5:	191.4						474.30	3306.10	.68	14.53													
20:	389.7		200.9	154.7	0	34.1:	191.4						581.10	4673.00	.64	14.53													
25:	346.4		224.6	102.8	0	19:	329.9						676.30	5491.22	.65	15.33													
PRODUCCION TALA FINAL															PRODUCCION DE RALEO														
TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCC	GANANCIA	C/P	COST/M3RENT. C2)													
5:	213.3		1.1	36	6.8	32.2:	38.3						251.60	2870.54	.55	14.19													
10:	373		100.1	218.9	0	40.8:	134.1						507.10	4216.91	.63	14.25													
15:	431.4		236.9	163.4	0	31.1:	241.4						672.80	5985.98	.83	14.91													
20:	425.4		302.6	104.7	0	18.1:	385.5						810.90	7400.33	.63	15.53													
25:	543.3		414.6	111.6	0	17.1:	385.5						928.90	9017.94	.61	15.43													
PRODUCCION TALA FINAL															PRODUCCION DE RALEO														
TURNOS:	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	PRODUCC	GANANCIA	C/P	COST/M3RENT. C2)													
5:	305.9		11.2	121.3	2.3	32.8:	54.8						360.70	3435.72	.59	13.53													
10:	398.6		200.5	154.2	0	35.9:	258.3						646.90	5203.56	.64	14.58													
15:	463.7		326.5	118.7	0	18.7:	413.5						877.20	7724.53	.63	15.25													
20:	631.8		502.1	112	0	17.7:	413.5						1045.90	10175.42	.61	15.19													
25:	576.5		488.9	74.2	0	13.4:	616.4						1192.90	11498.9	.62	15.76													

TABLA 38-INDICADORES DE PRODUCCION DE CUJES DENSIDAD INICIAL 5900 PLANTAS

IS=15 m : PRODUCCION TALA FINAL										
TURNO	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)
1:	10.2					10.2:	-1129.88	15.91	118.20	-93.71
2:	28.7				4.8	23.9:	-1039.19	3.87	48.84	-74.14
3:	52.6				23.8	28.8:	-766.50	1.68	36.06	-40.41
4:	78.5				41.9	36.6:	-500.98	1.27	30.40	-20.99
5:	104.1				53.9	50.2:	-309.90	1.13	26.50	-11.23

IS=18 m : PRODUCCION TALA FINAL										
TURNO	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)
1:	17.1				.3	16.8:	-1113.41	9.16	73.09	-89.09
2:	52.2				23.6	28.6:	-767.81	1.68	36.19	-40.64
3:	93.7				42.4	51.3:	-464.80	1.23	26.45	-18.75
4:	138.5				53.8	84.7:	-245.27	1.09	21.27	-8.32

IS=21 m : PRODUCCION TALA FINAL										
TURNO	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)
1:	27.2				4.8	22.4:	-1040.13	3.96	51.15	-74.75
2:	85.4				41.1	44.3:	-494.14	1.26	28.17	-20.54
3:	152.7				59.2	93.5:	-151.62	1.05	20.47	-4.85

IS=24 m : PRODUCCION TALA FINAL										
TURNO	Vtotal	BOLO	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)
1:	42.1				15.3	26.8:	-885.26	2.12	39.75	-52.90
2:	129.2				55.6	73.6:	-237.07	1.09	22.64	-8.10
3:	232.1				2.6	62.5	167.0:	.98	15.73	2.26

TABLA 39-INDICADORES DE PRODUCCION DE CUJES DENSIDAD INICIAL 4440 PLANTAS

IS=15 m : PRODUCCION TALA FINAL										
TURNO :	Vtotal	BOLD	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS :	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)
1:	7.6					7.6:	-850.88	16.07	119.39	-93.78
2:	21.4				3.6	17.8:	-783.47	3.89	49.27	-74.31
3:	39.6				17.9	21.7:	-578.29	1.68	36.08	-40.47
4:	59.0				31.5	27.5:	-379.36	1.27	30.45	-21.11
5:	78.2				40.5	37.7:	-236.51	1.13	26.55	-11.39
6:	96.6				41.6	55.0:	-190.81	1.09	22.79	-8.67
7:	116.5				44.9	71.6:	-115.69	1.05	20.40	-4.87

IS= 18 m : PRODUCCION TALA FINAL										
TURNO :	Vtotal	BOLD	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS :	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)
1:	12.8				.2	12.6:	-838.79	9.28	73.45	-89.22
2:	39.4				17.9	21.5:	-576.81	1.68	36.19	-40.45
3:	70.5				31.9	38.6:	-351.28	1.23	26.48	-18.82
4:	104.2				40.5	63.7:	-186.30	1.09	21.30	-8.39
5:	137.4				42.4	95.0:	-103.39	1.04	17.77	-4.23

IS=21 m : PRODUCCION TALA FINAL											
TURNO :	Vtotal	BOLD	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS :	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)	
1:	20.5				3.6	16.9:	-783.29	3.96	51.10	-74.78	
2:	64.3				30.9	33.4:	-373.07	1.26	28.17	-20.60	
3:	114.8				44.5	70.3:	-116.29	1.05	20.49	-4.94	
4:	168.7				1.9	48.5	118.3:	64.43	.98	16.27	2.35

IS=24 m : PRODUCCION TALA FINAL											
TURNO :	Vtotal	BOLD	POSTES	VARAS	CUJES	LENAS :	GANANC.	C/P	COST/m3	RENT.(%)	
1:	31.5				11.4	20.1:	-668.37	2.14	39.90	-53.18	
2:	97.1				41.8	55.3:	-180.06	1.09	22.66	-8.18	
3:	174.8				2.0	47.0	125.8:	61.24	.98	15.73	2.23

TABLA 40- EDADES DE CORTABILIDAD

CRITERIO DE CORTABILIDAD	INDICE DE SITIO (m)					
	15	18	21	24	27	30
EDAD DE CORTABILIDAD EN AÑOS						
VOLUMETRICA	10	8	6	8	6	5
FINANCIERA	25	15	10	10	5	5
TECNICA :						
cujes	5	4	3			
varas	24	18	11	8	6	4
postes	-	25	16	11	10	8
bolo	-	-	25	25	20	20

FIG. 1. Climadiagramas

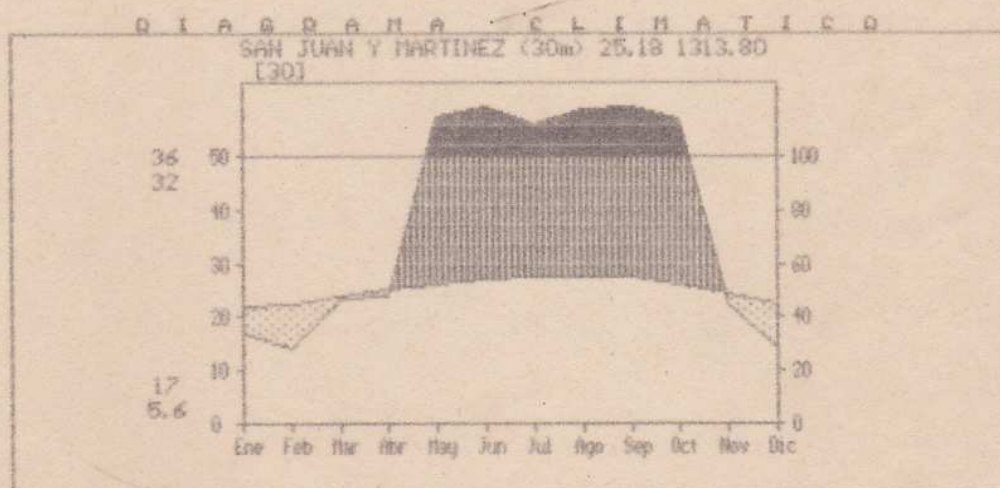
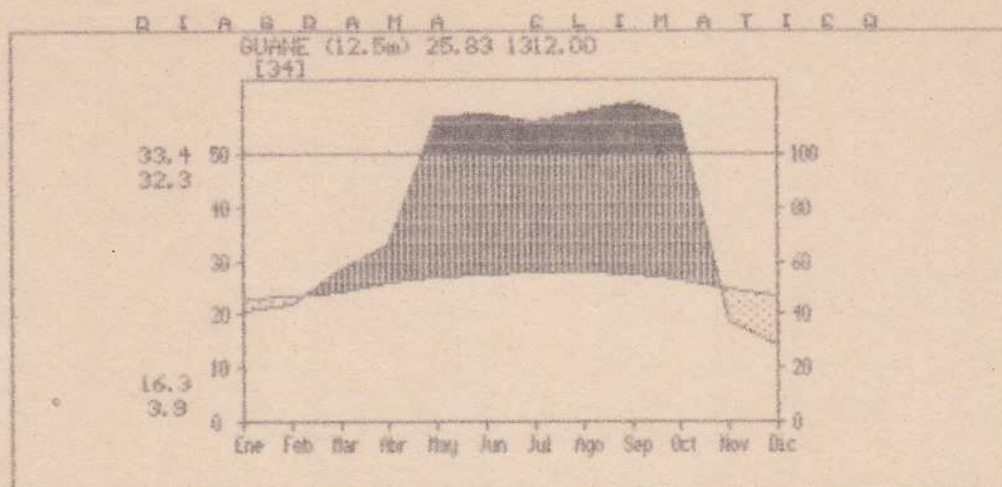


FIG. 1. Climadiagramas (Continuacion).

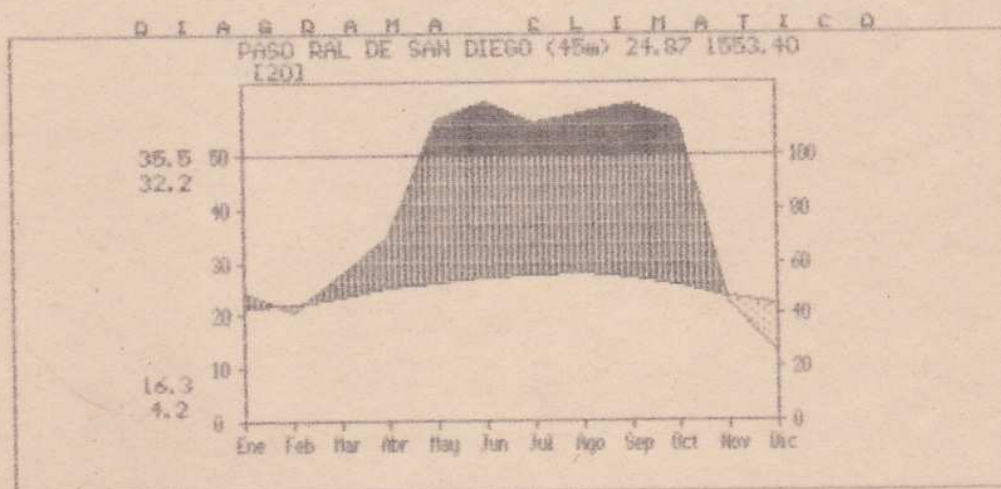
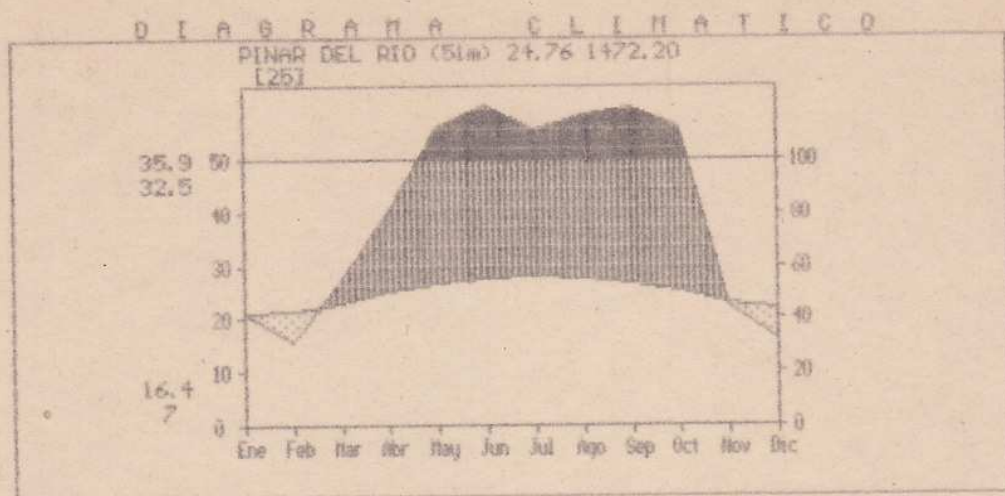
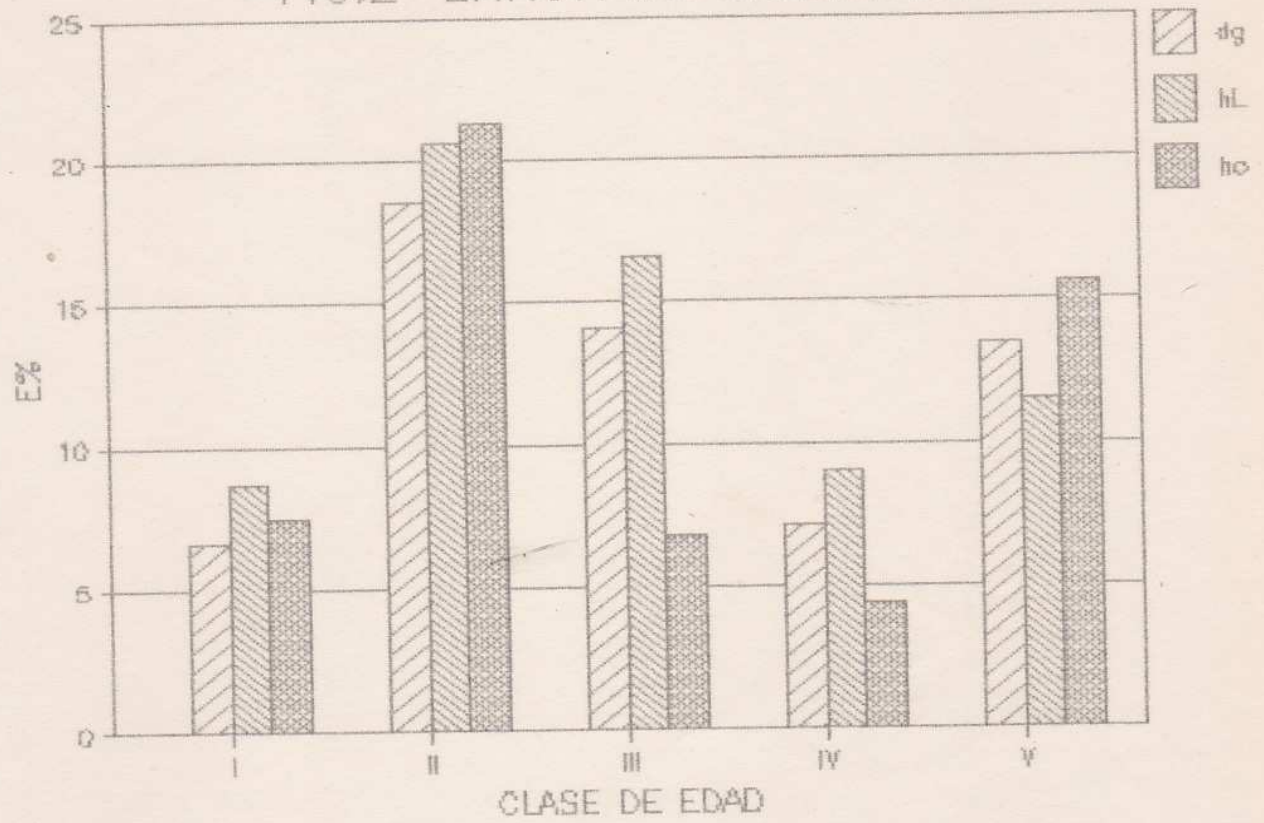


FIG.2—ERROR DE MUESTREO



100 VC
 .5729064373

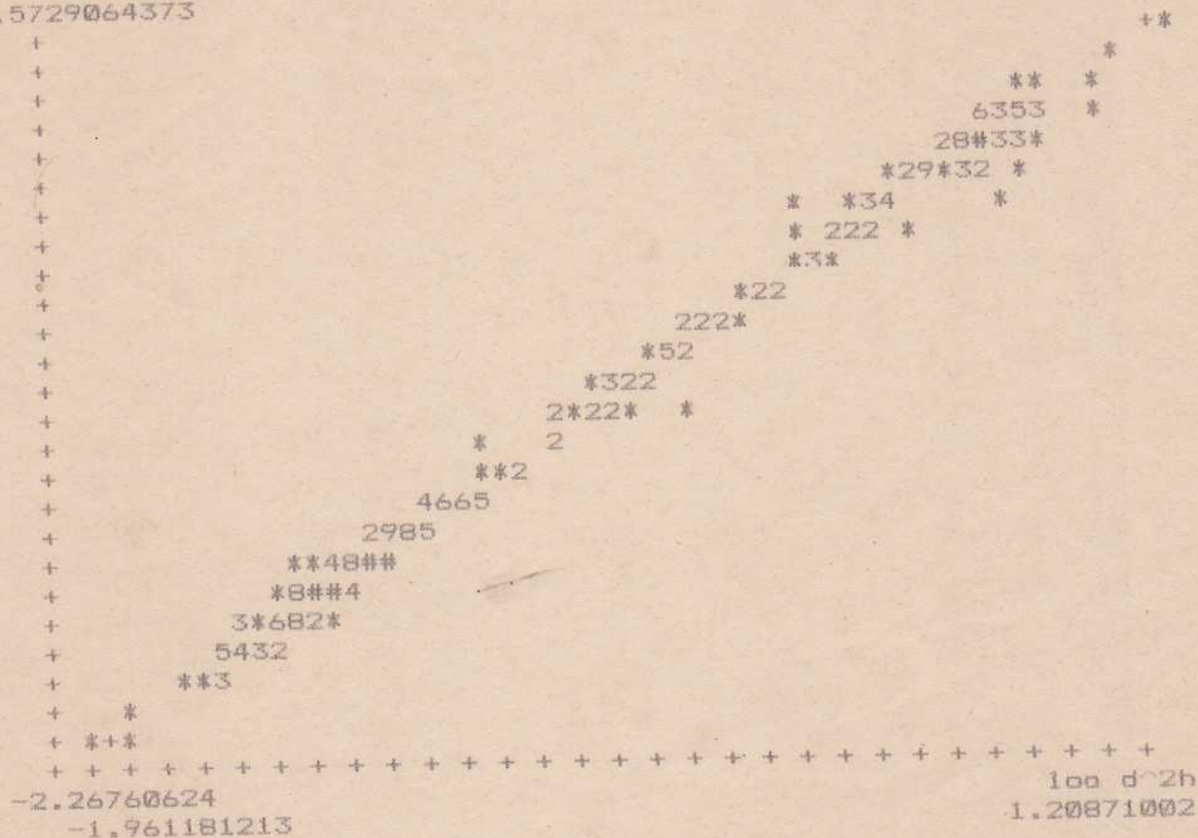


FIG. 3.- ECUACION DE VOLUMEN CON CORTEZA

HEADER DATA FOR: B:OYONO LABEL: datos d h y Eu sp.
 NUMBER OF CASES: 301 NUMBER OF VARIABLES: 3

REGRESSION EQUATION (Shown by + 's on scatterplot):

INTERCEPT= -.49918472418841 SLOPF= .91544923198747

$r = .9974$ $r^2 = .9947$

inn vs
 .5369622497

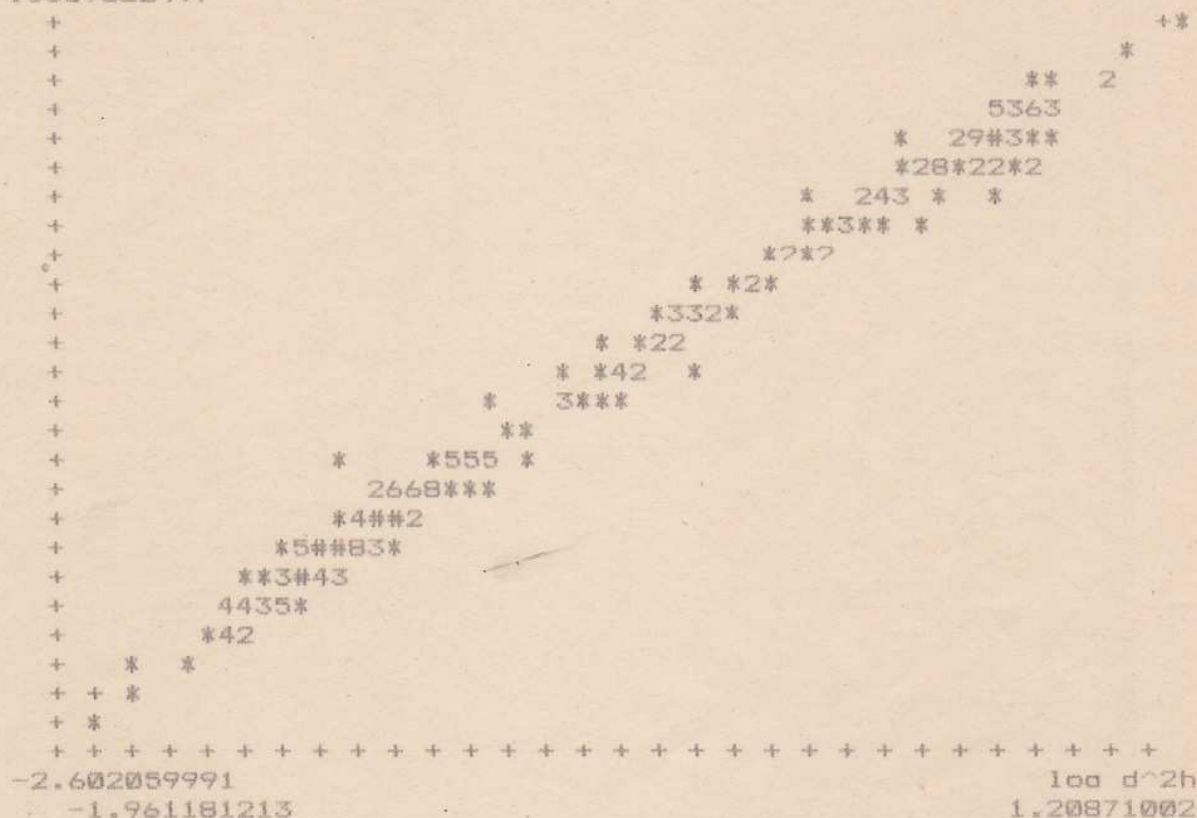


FIG. 4.- ECUACION DE VOLUMEN SIN CORTEZA

HEADER DATA FOR: B:OYONO LABEL: datos d h y Eu so.
 NUMBER OF CASES: 301 NUMBER OF VARIABLES: 3

REGRESSION EQUATION (Shown by +'s on scatterplot):

INTERCEPT= -.60370680101297 SLOPF= .96551321105442

r = .9958 r squared = .9916

FIG.5-ECUACION DE SCHUMACHER

$E=0.47$ m $S_{res}=4.17$ m

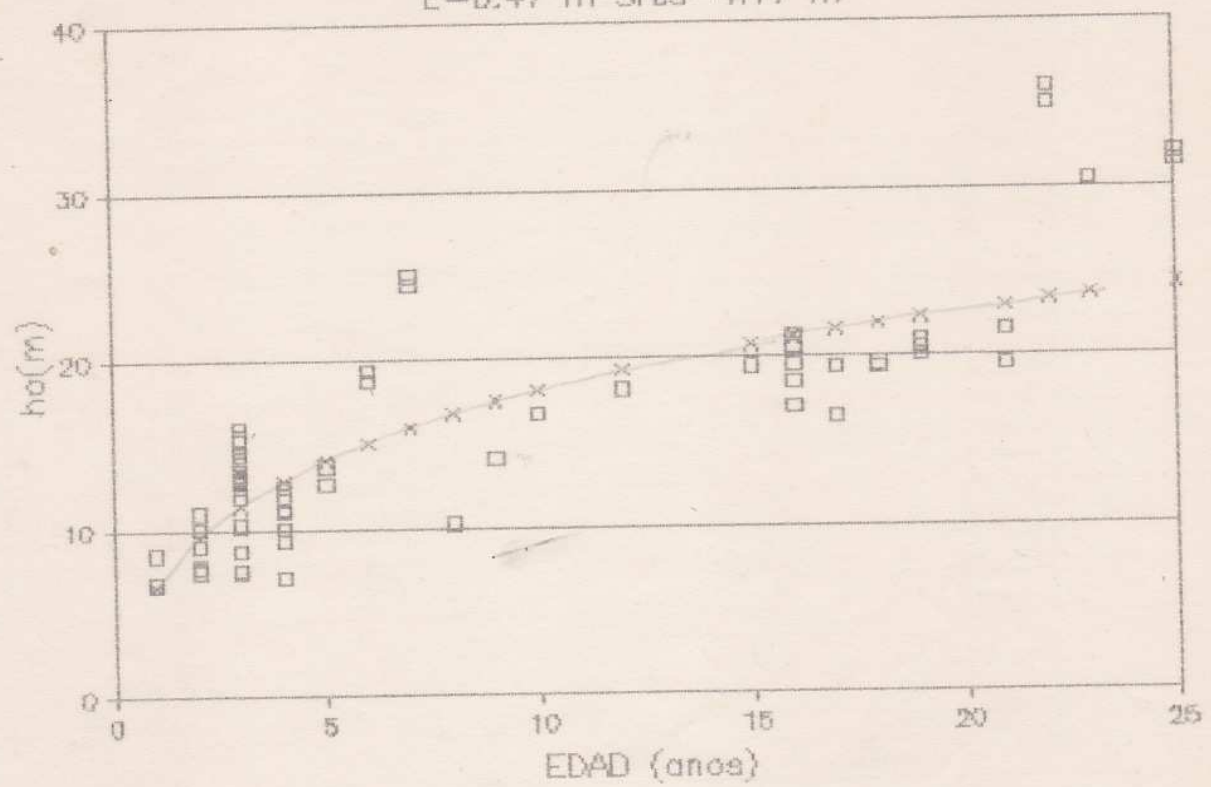


FIG. 6—CURVAS DE INDICE DE SITIO

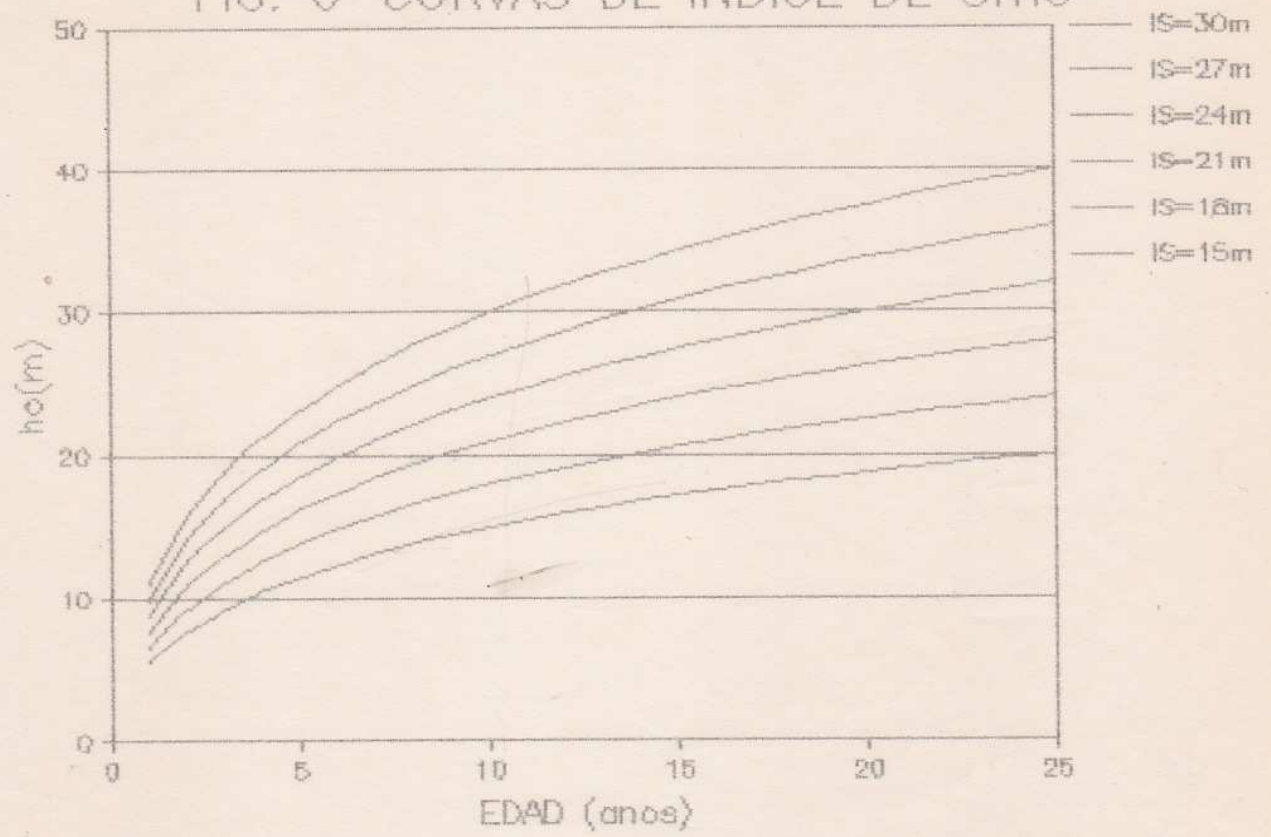


FIG.7—CURVAS DE CRECIMIENTO
ALTURA DOMINANTE

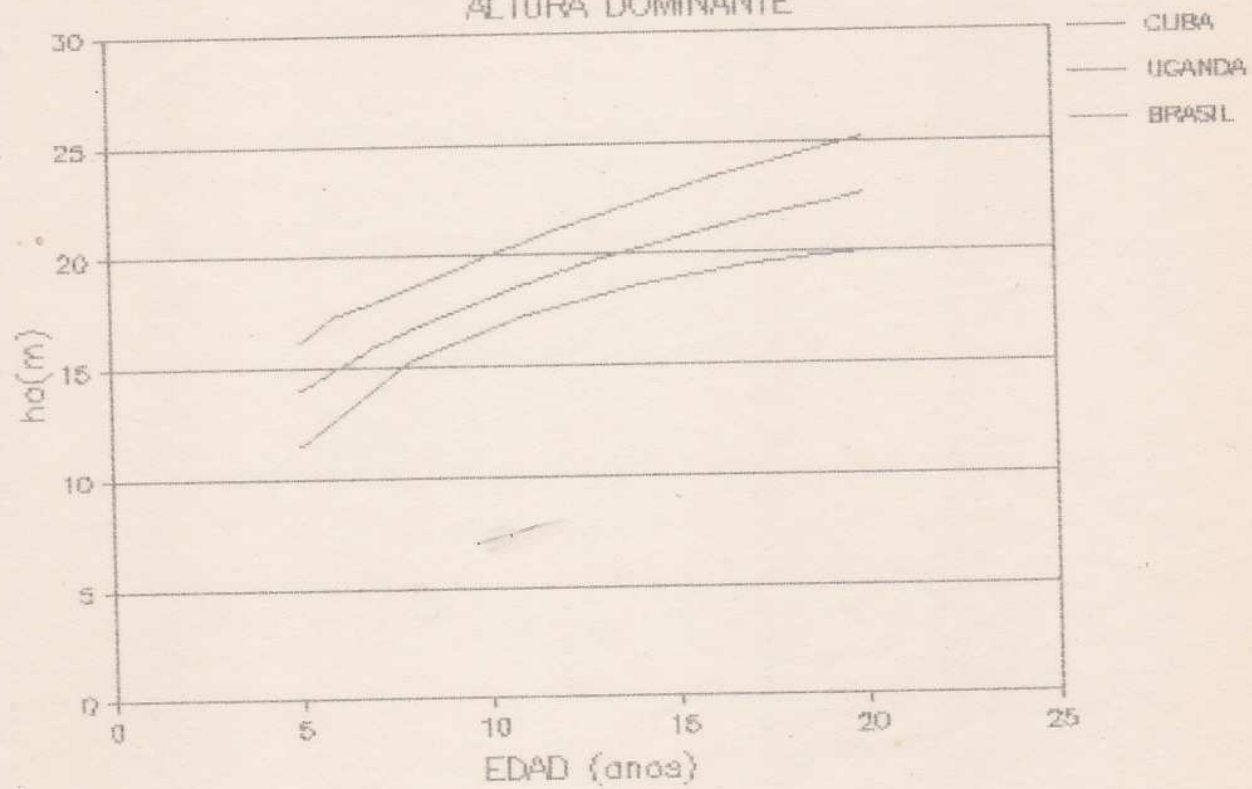


FIG.8—DISTRIBUCION DIAMETRICA

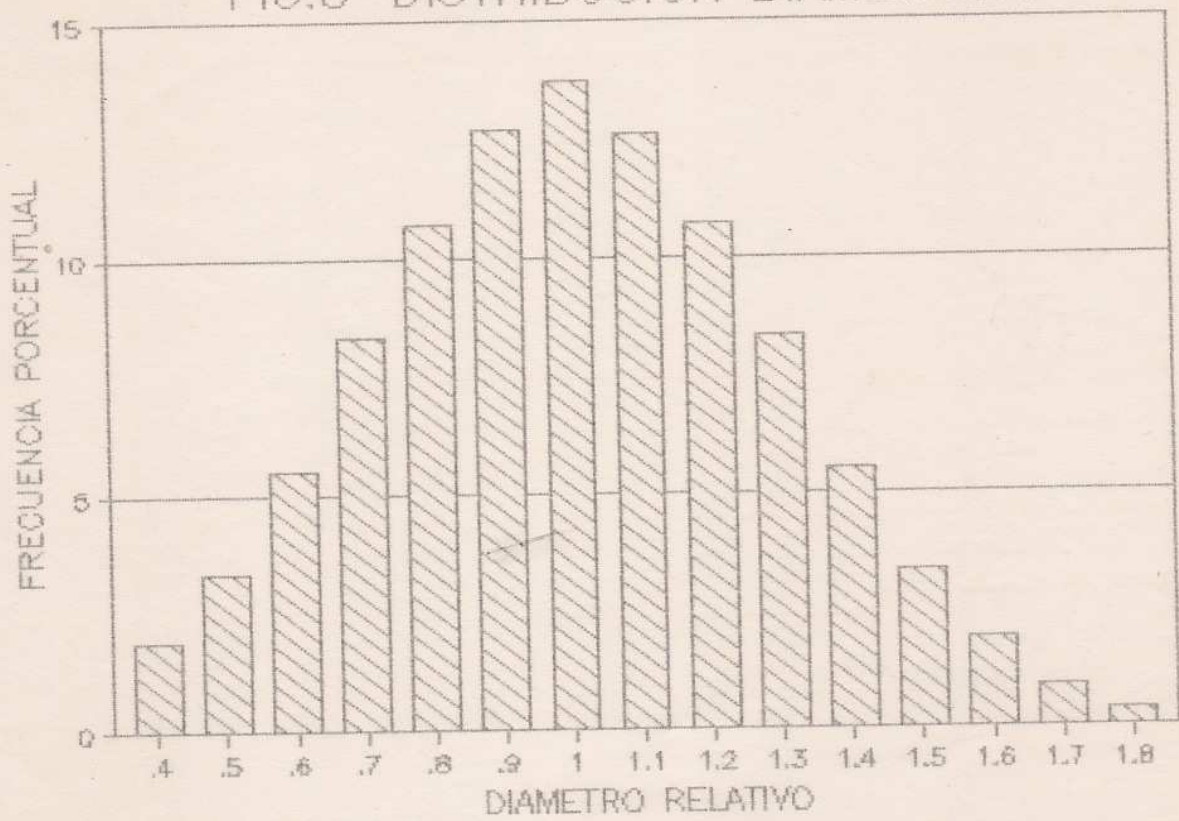


FIG.9—ECUACION DE REINEKE

$E=52\text{arb/ha}$ $S_{res}=1020.5\text{arb/ha}$

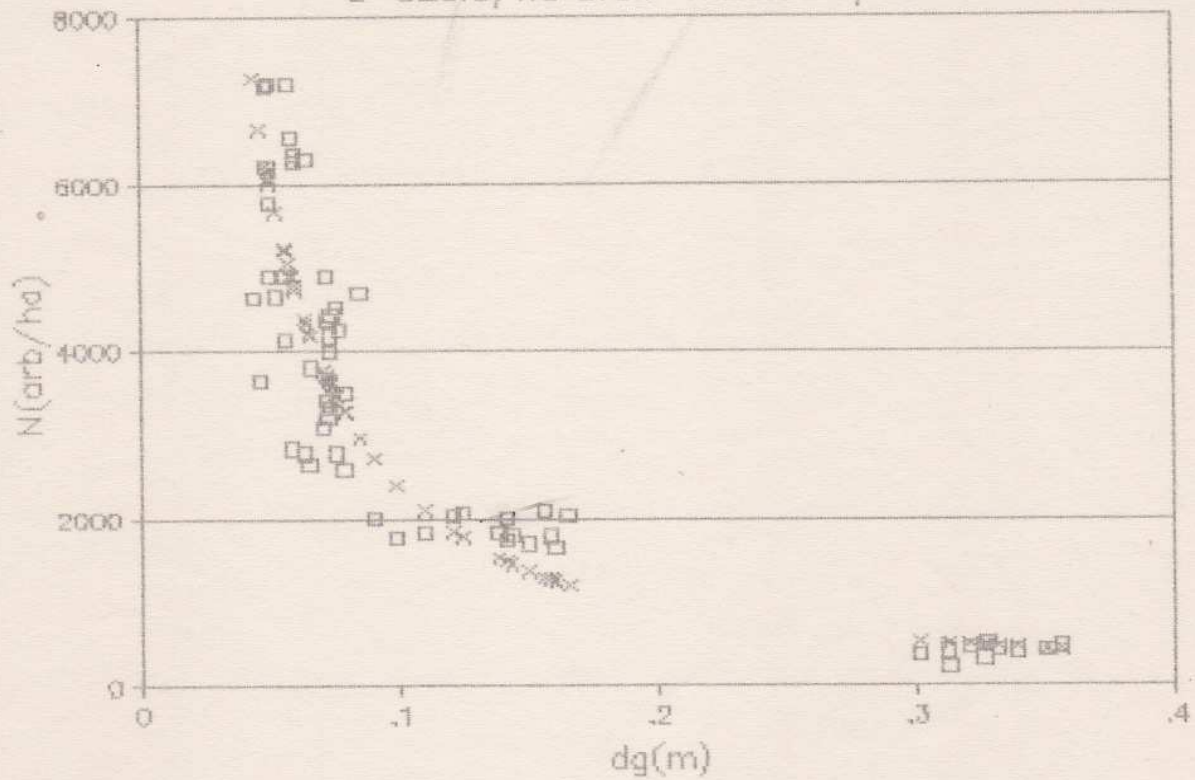


FIG.10—CURVAS DE DENSIDAD

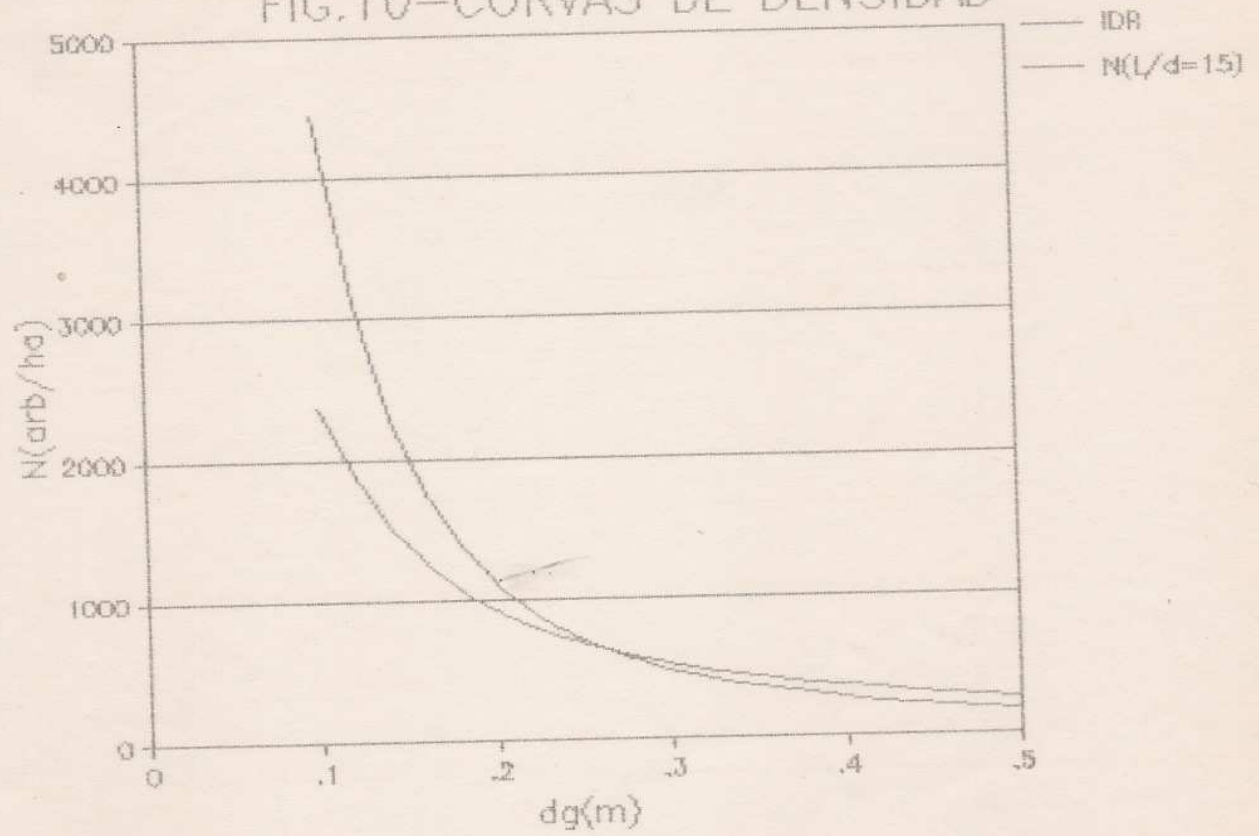


FIG. II INDICE DE DENSIDAD DE REINEKE

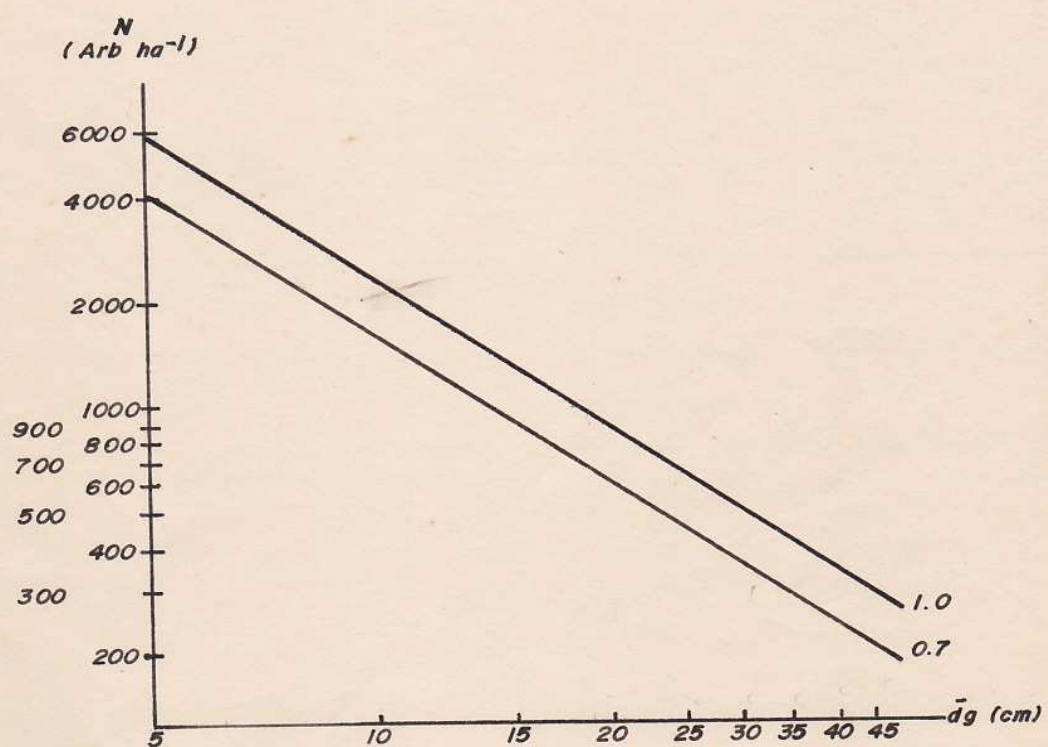


FIG.12—PLOT DE RESIDUALES

$E = -2.7$ $S_{res} = 11.2$ $N = 67$ $CV_{res} = 7.7\%$

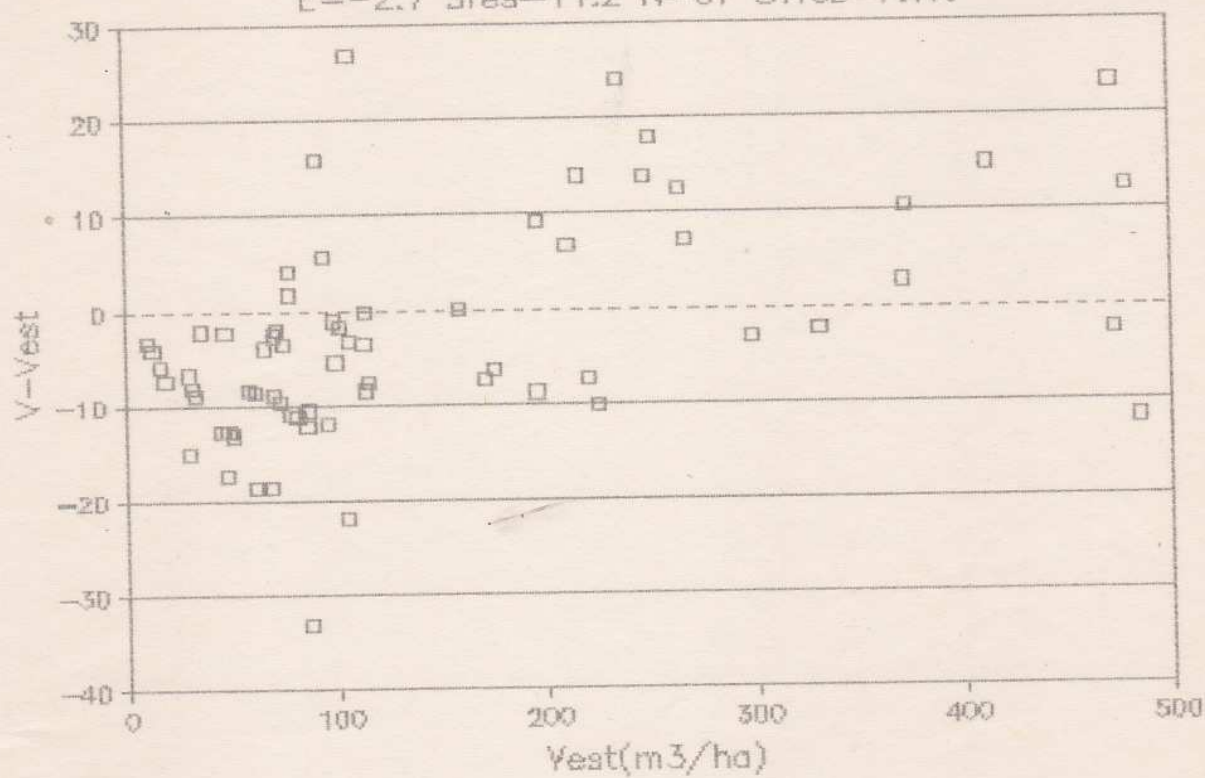


FIG.13—DENSIDAD MAXIMA

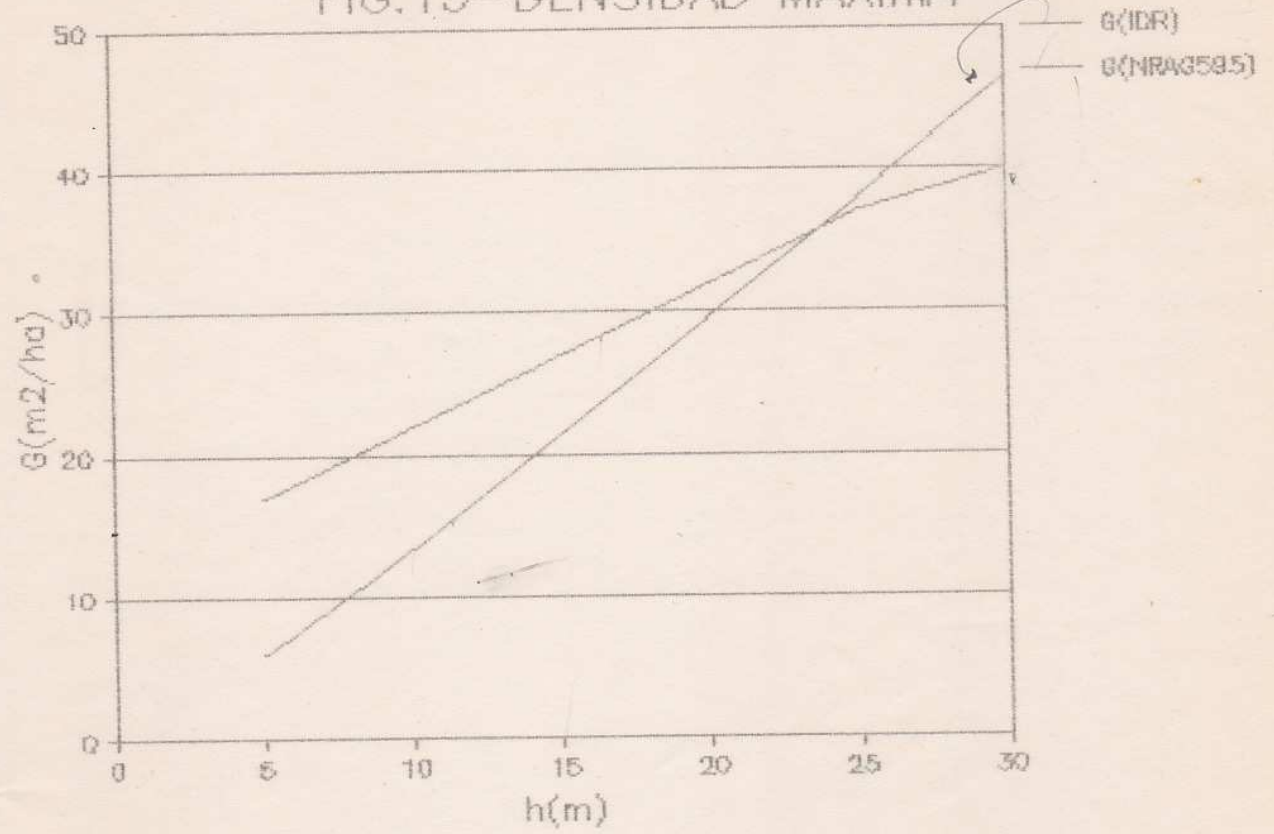


FIG.14—DESARROLLO DEL VOLUMEN
2 X 2 m SIN RALEOS

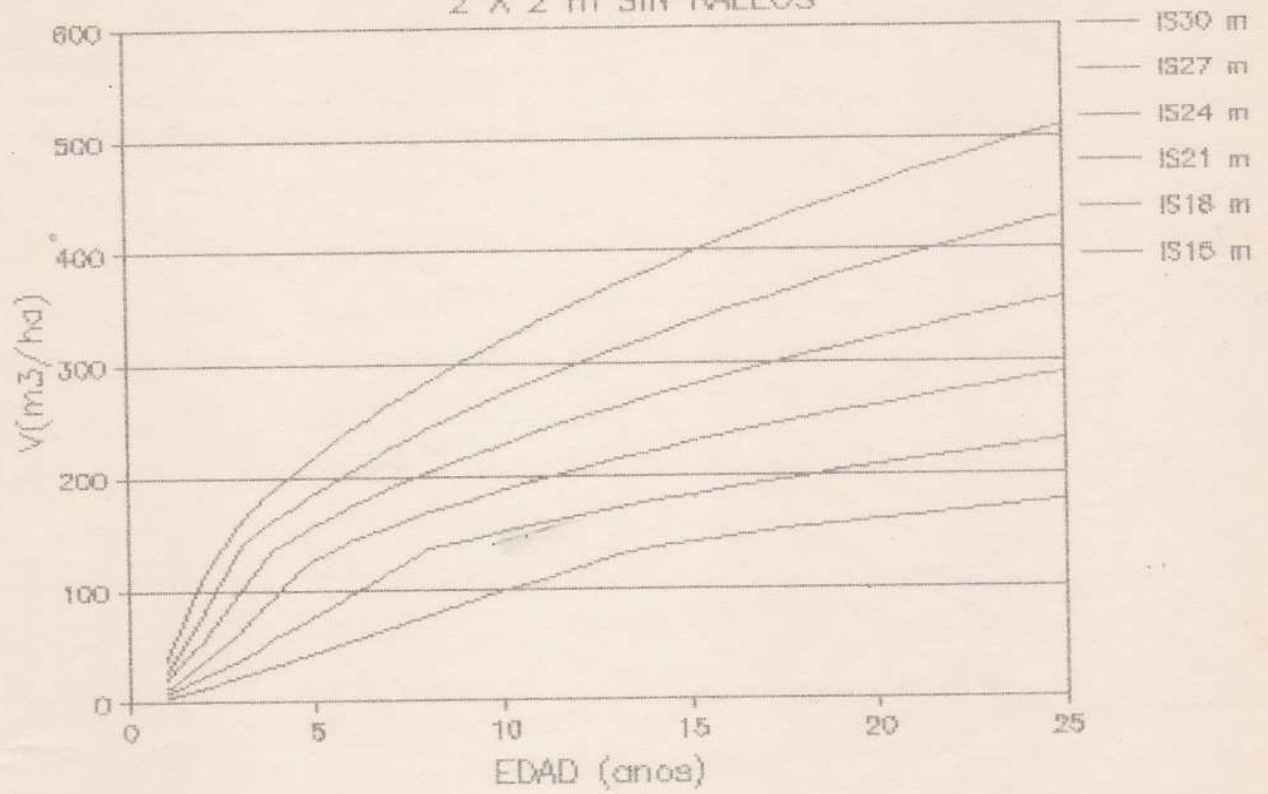


FIG. 15- DESARROLLO DEL VOLUMEN
3X3 m SIN RALEOS

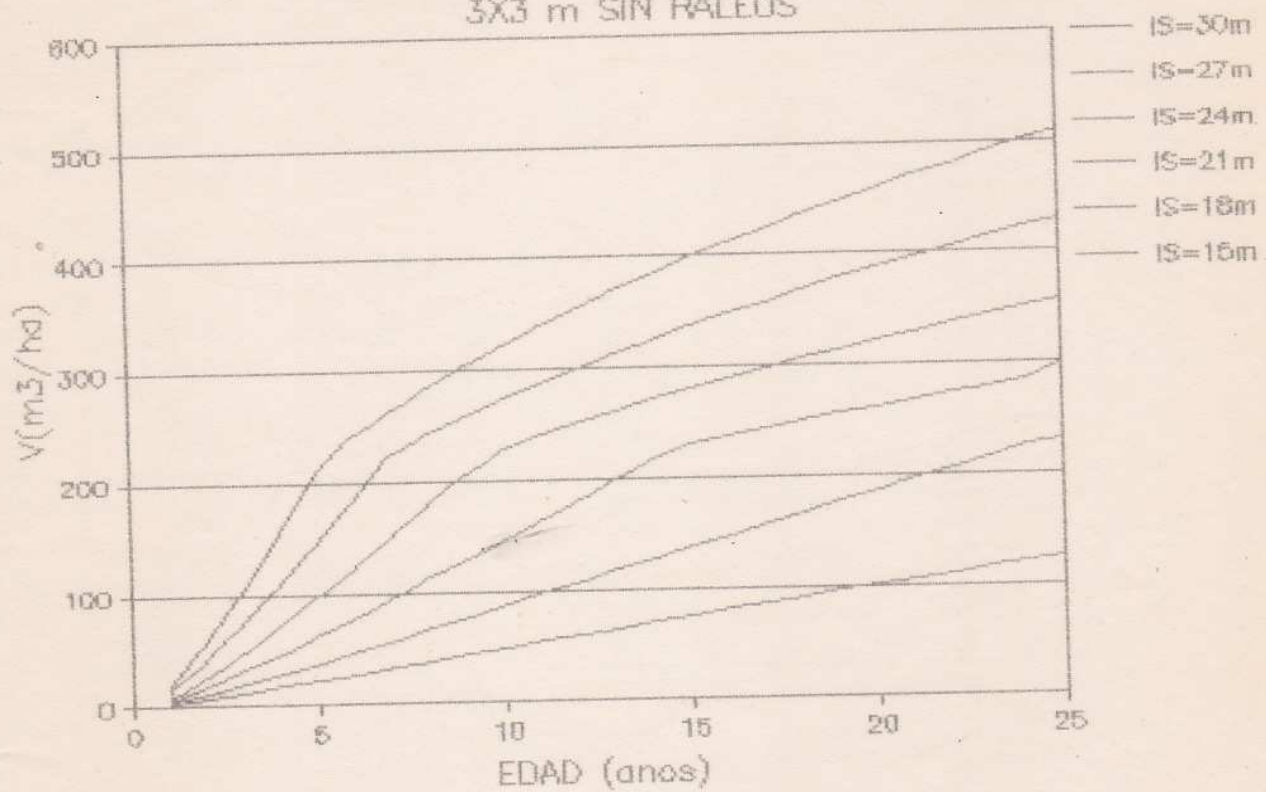


FIG.16-DESARROLLO DEL VOLUMEN
2 X 2 M CON RALEOS

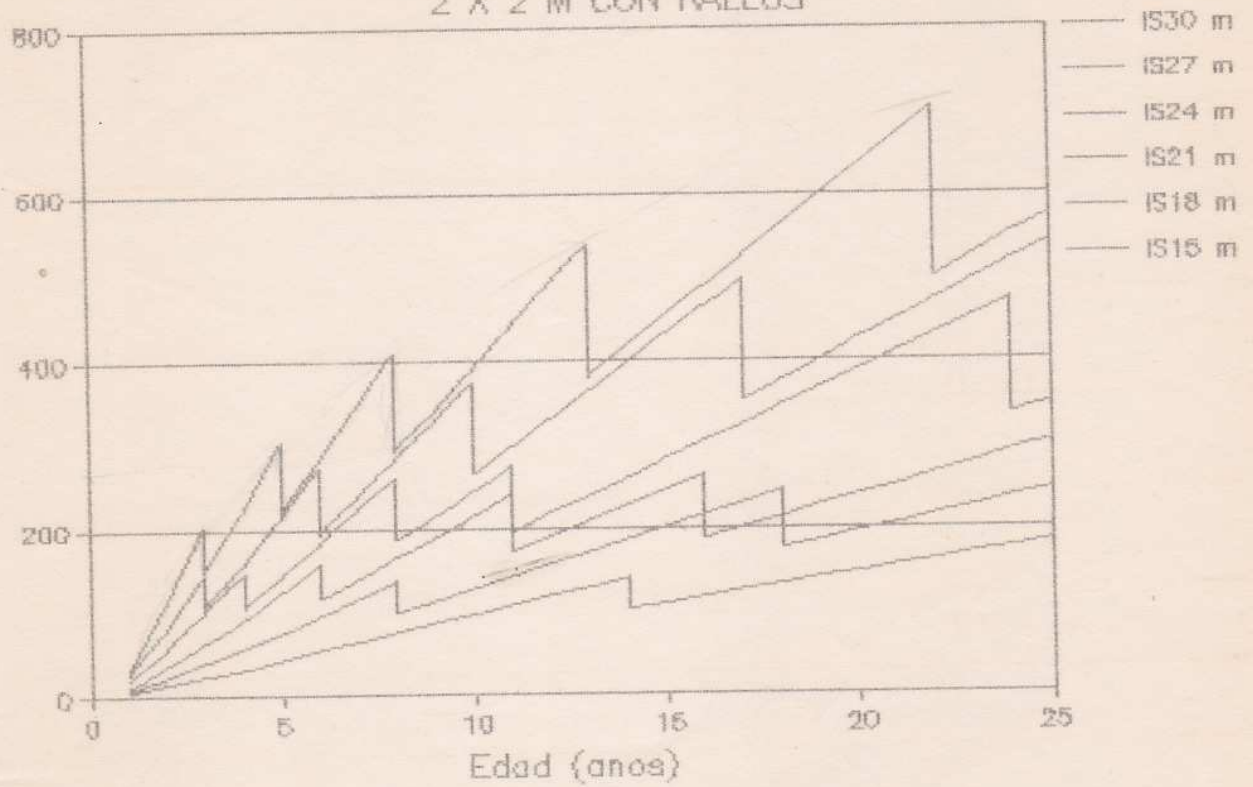


FIG.17-DESARROLLO DEL VOLUMEN
3 X 3 M CON RALEOS

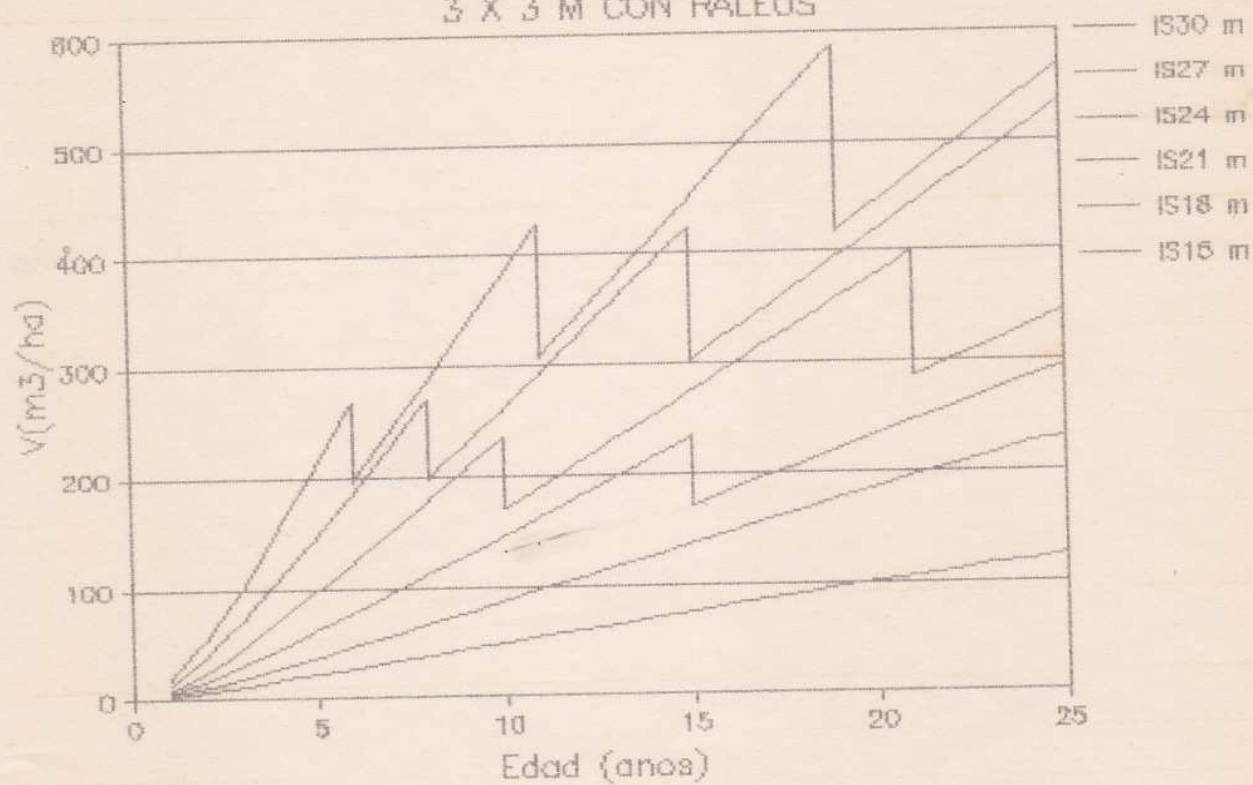


FIG.18—CURVAS DE PRODUCCION
2500 80 %

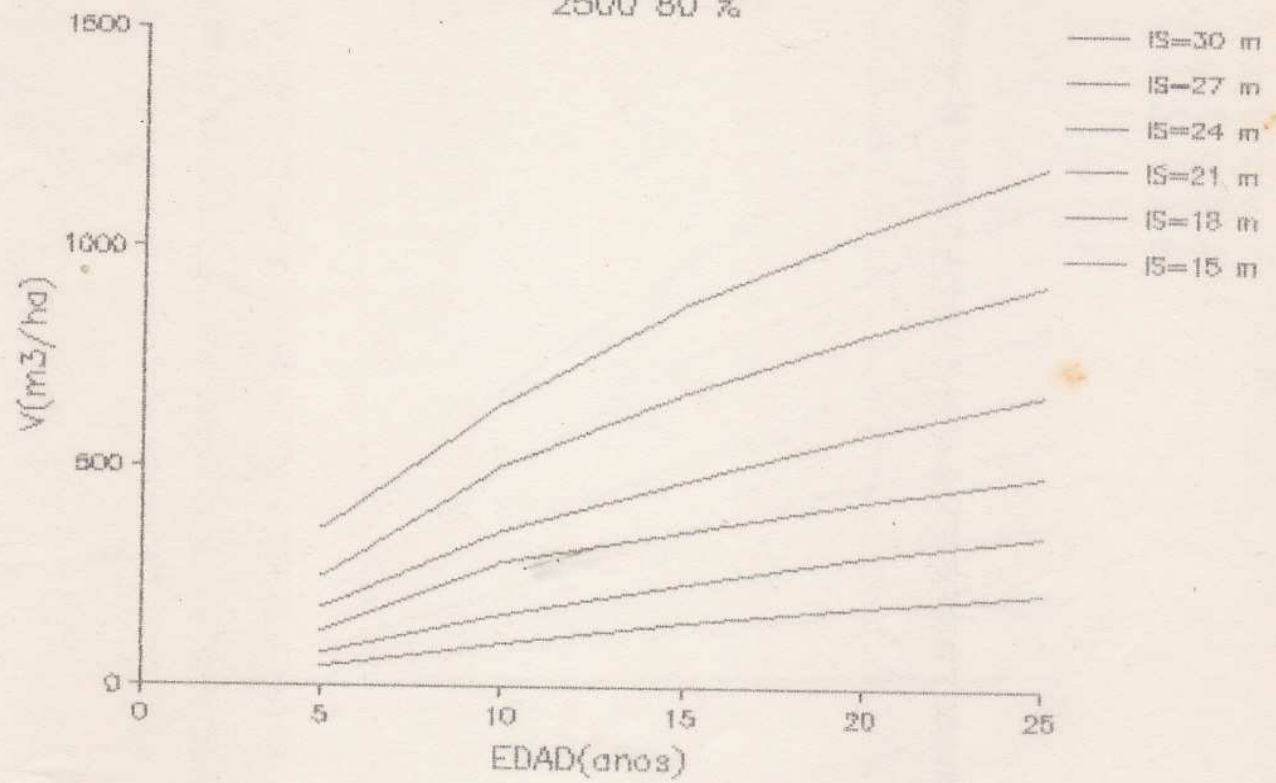


FIG.19—CURVAS DE PRODUCCION

No=1110 90%

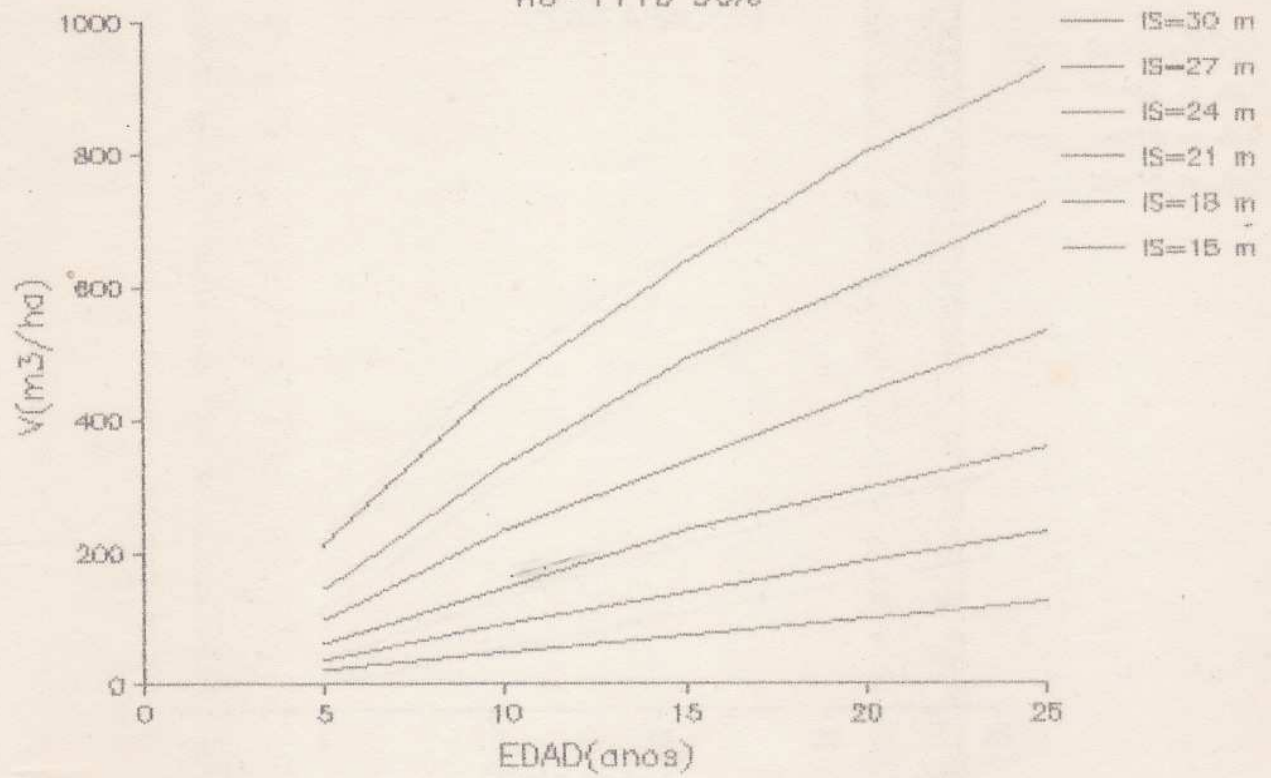


FIG.20—CURVAS DE PRODUCCION
COMPARACION

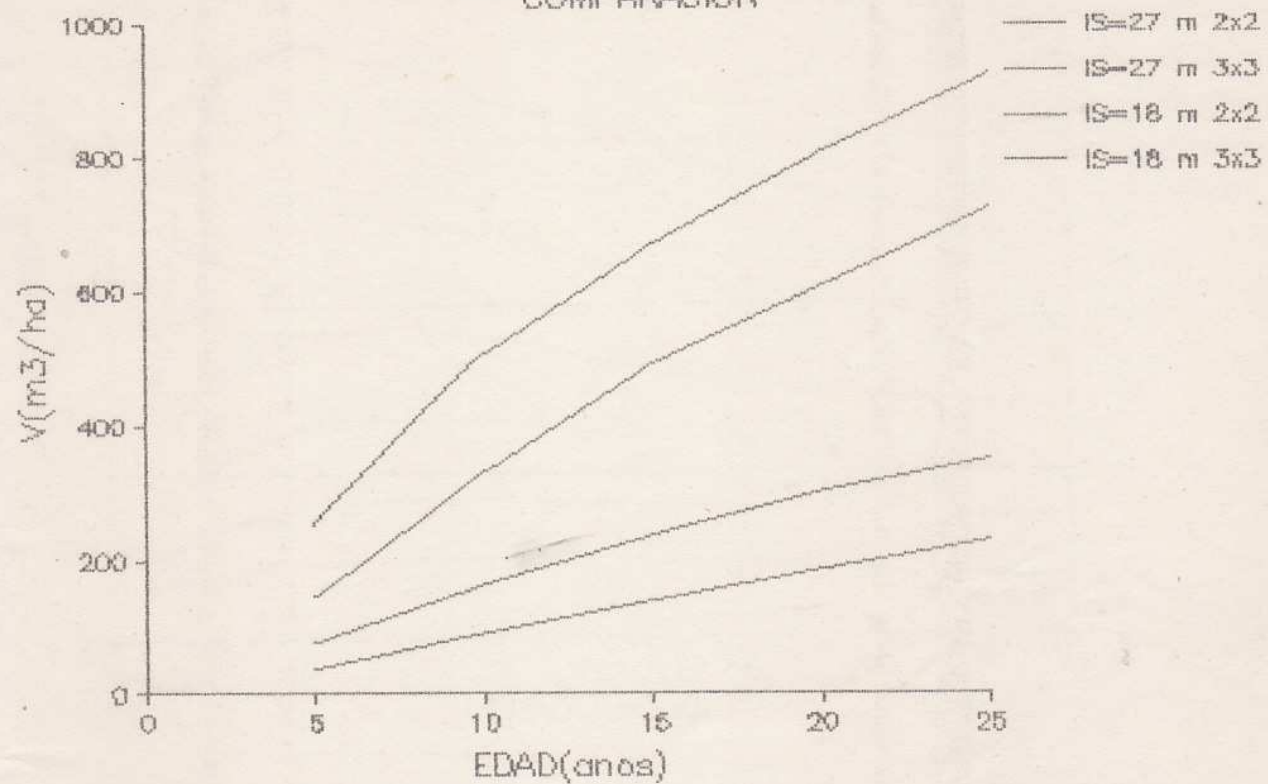


FIG.21—CURVAS DE INCREMENTO
2500 PLANTAS

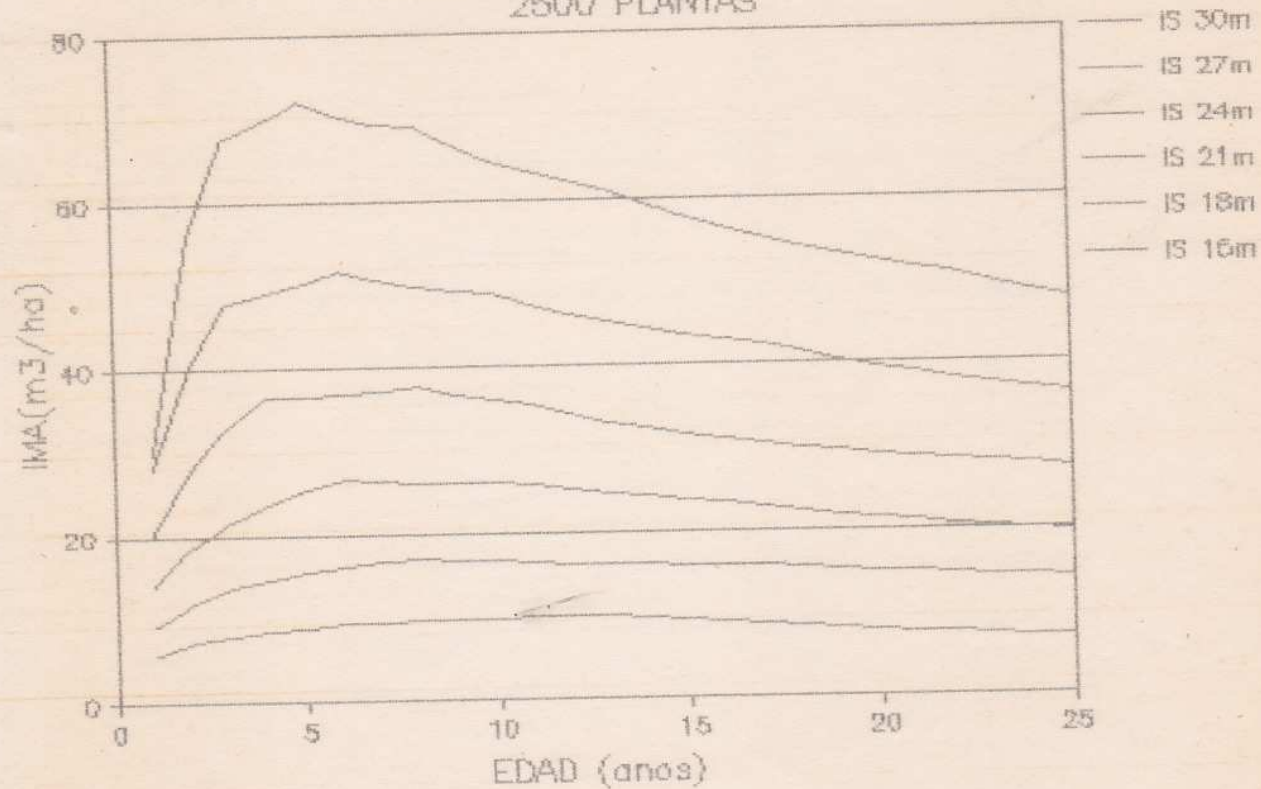


FIG.22—CURVAS DE INCREMENTO
1110 PLANTAS

