



Ministerio de Educación Superior

Universidad de Guantánamo

Departamento de Ciencias Forestales



Trabajo de Diploma

(En opción al Título de Ingeniero Forestal)

Título: Grado de ocupación por clase diamétrica y modelos de regresión para las masas de tres especies en bosques pluvisilvas de montaña de Baracoa

Autor: Estevan Cuesta Feria

Tutor: Ing. Yordan Lores Pérez

2011

“Año 53 de la Revolución”.

Pensamiento:

La naturaleza inspira, cura, consuela, fortalece y prepara para la virtud del hombre. Y el hombre no se halla completo, ni se revela a si mismo, ni ve lo invisible, si no en su intima relación con la naturaleza

José Martí

Dedicatoria:

- A mi Madre y Padre por su apoyo incondicional, que me permitió llegar a la culminación de mis estudios, a pesar de los momentos difíciles.
- A todos mis compañeros de estudio por su gran ayuda y apoyo a través del transcurso del tiempo.
- A mi tutor y compañero.
- A mi facultad por haberme dado el conocimiento que tengo.
- A mi familia en especial y fundamental a mis tíos por su apoyo incondicional durante todo el tiempo.

Agradecimientos:

- A mi Madre y mi Padre principalmente por haber sido ambos el motor impulsor de que yo estuviera donde estoy.
- A mi tutor, profesor y compañero de todo Yordan Lores Pérez por ser también unos de los principales autores de lograr mi objetivo.
- A todos mis compañeros de aula y estudio por la unidad y ayuda que hemos mantenido durante estos 5 años de estudio.
- A todos mis profesores que han contribuido conmigo de una forma u otra y me han dado el conocimiento a transcurso de mi carrera.
- A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y demás dirigentes de esta revolución por todas las condiciones, apoyo y confianza que de una forma y otra me han dado.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en cuatro Unidades Empresariales de Base Silvícolas (UEBS) perteneciente a la Empresa Forestal Integral Baracoa, provincia Guantánamo, El periodo de investigación fue realizado en los meses de Diciembre del 2009 a Marzo del 2011, con el objetivo de determinar el grado de ocupación por clase diamétrica y los modelos de regresión para las masas de las especies. *Carapa guianensis* Aubl (najesí), *Andira inermis* SW (yaba), *Calophyllum Antillanum* (Britt.) Standl. (Ocuje de vega o común) en bosques pluvisilvas de montaña. Se levantaron un total de 70 parcelas de 20*25 m (500 m²) al azar y se evaluó la regeneración natural, levantándose cinco parcelas de 5 x 5 m (25 m²), en cada una de las parcelas de 500 m². Dentro de los resultados obtenidos la especie de mayor grado de ocupación en el área es el *Callophyllum antillanum* con un 46.6 %. La regeneración natural es mayor en diseminado que en brinzales, donde la especie que mayor regeneración natural presenta es *Callophyllum antillanum*, y el mejor modelo de regresión de volumen para las masas de la especie de *Andira inermis* para el Vrt es: $\log v = b_0 + b_1 \log(G^2 * H_{med})$ Y de las demás especies tanto para el Vrt como para el Vct es $\log v = b_0 + b_1 \log G + b_2 \log H_{med}$

Palabras Claves: *Callophyllum antillanum*, *Andira inermis*, *Carapa guianensis*, modelo, regresión, regeneración natural y grado de ocupación.

SUMMARY:

The present work was carried out in the four Managerial Units of Production Silvícolas (UEPS) belonging to the Integral Forest Company Baracoa, county Guantánamo. The occupation degree was determined by class diamétricas and the regression models for the masses of the species *Carapa guianensis* Aubl (najesí), *Andira inermis* SW (yaba), *Callophyllum Antillanum* (Britt.) Standl. (Vega Ocuje or common) in forests pluvisilvas of montaña. El period of investigation was carried out in the months of December from the 2009 to March of the 2011. Primeramente you proceeded to the rising of the parcels, then they took the data of 70 o'clock you parcel muestreadas.. inside the results obtained in our work we can appreciate that the species of more occupation degree in the area is the *Callophyllum Antillanum* (common Ocuje) with 46.6%. The natural regeneration is bigger in having disseminated that in brinzales, where the species that bigger natural regeneration presents is *Callophyllum Antillanum*, and its relationship with the arboreal species it is superior that the other species will be applied treatments silviculturales and special handlings to stimulate the natural regeneration,

The best model of regression of volume for the masses of the species of *Andira inermis* for the Vrt is AND of the other species as much for the Vrt as for the Vct is

Key words: *Callophyllum Antillanum*, *Andira inermis*, *Carapa guianensis*, model, regression, natural regeneration, occupation degree.

Índice:

Capítulo	Páginas	I.
Introducción	1	
II. Revisión Bibliográfica	4	
2.2. Procedimiento de inventario	4	
2.2.1. Objetivos y tipos de inventario	4	
2.2.2. Inventario forestal continuo o en ocasiones sucesiva	6	
2.2. 3.inventarios de gestión de Internet 10/2/2011	10	
2.2.4. Informaciones que se toman en los inventarios	12	
2.3. Unidades muestrales	14	
2.4. Tamaño De la muestra	20	
2.5. Estudios realizados en los Bosques Pluvilvas de Montaña de Baracoa	25	
III. Materiales y Métodos	29	
3.1. Generalidades	29	
3.2. Tamaño de la muestra	30	
3.2.1. Comportamiento del grado de ocupación	32	
3.2.2. Metodología	32	
3.2.3. Determinación del Área basal de un rodal	34	
3.2.4. Determinación del área basal de un árbol	35	
3.2.5. Regeneración natural	36	
3.3. Análisis de los modelos de regresión de volumen para las masas.	36	
3.3.1. Selección de modelo	36	
IV. Resultados y Discusión	38	
4.1. Tamaño de la muestra	38	
4.2. Comportamiento del grado de ocupación.	39	
4.2.1. Grado de ocupación por clase diamétrica las especies correspondiente al área de estudio	40	
4.3. Comportamiento de la regeneración natural	43	

4.4...Propuestas de los modelos de regresión de volumen para las masas de las especies investigadas	44
4.4.1. Modelos de regresión de volumen para las masas de las especie <i>Calophyllum antillanum</i>	44
4.4.2. Modelo de regresión de volumen para las masas de la especie <i>Andira Inermis</i>	46
4.4.3. Modelo de regresión de volumen para las masa de la especie <i>Carapa guianensis</i>	48
4.5. Valoración económica	52
4.6.. Vinculación para la defensa	52
V. Conclusiones	53
VI. Recomendaciones.	54
VII. Bibliografía	55
VII. Anexo	

I. INTRODUCCIÓN

Según Herrero *et al.* (2004) “La deforestación mundial, que afecta básicamente a los bosques tropicales naturales, a pesar de haber disminuido ligeramente en los últimos años, aún mantiene un ritmo intolerable de más de diez millones de hectáreas por años, equivalente a la superficie total de Cuba. El patrimonio forestal de Cuba está estimado en unos 3,2 millones de hectáreas, alrededor del 29 % de la superficie del país. Al cierre del año 2003 la superficie forestal cubierta asciende a 2 618 600 hectárea (363 800 hectárea de plantaciones y 2 254 800 hectárea de bosques naturales)”.

La riqueza de la biota cubana es de 32 080 especies, y de ellas la correspondiente a los bosques, está estructurada en 16 formaciones forestales que están distribuidos en diferentes altitudes desde el manglar a nivel del mar hasta el monte nublado y el monte fresco a más de 1 700 m s.n.m. Las especies forestales autóctonas están compuestas por 627 especies, agrupadas en 243 géneros, más un número considerable de especies exóticas naturalizadas ordenadas en más de 13 géneros. Existen dentro de estas 427 especies con alto valor melífero y 1 163 con propiedades medicinales (Betancourt, 2005).

La provincia de Guantánamo cuenta con un patrimonio forestal de 236025,5 hectáreas y con una superficie cubierta de bosque de 208171,2 hectáreas, de ellas 176744,6 hectáreas pertenecen a bosques naturales y 31426,6 hectáreas a plantaciones, el municipio de Baracoa cuenta con 31426,6 hectáreas de bosques naturales y 13352,9 hectáreas de plantación, los bosques pluvisilvas abarcan una superficie de 638,6 hectáreas y los pluvisilvas de montaña 27402,8 hectáreas. , de estos últimos 1421,4 pertenecen a bosques productores. Durante las últimas décadas la ordenación para la producción exclusiva de madera ha sido causa de preocupación creciente para amplios sectores de la sociedad. Incluso ha creado conflictos entre los madereros y la población que vive en las zonas de bosques o en sus proximidades que se aprovechan de los mismos (Machado, 2002).

En la región de Baracoa, casi desde el descubrimiento de la Isla de Cuba, se comenzaron a aplicar talas rasas para aprovechar la madera en unos casos y para abrir espacio con vista a la creación de cultivos agrícolas y potreros en otros. Lo cual condujo a la reducción de la superficie forestal, quedando sólo aquellas áreas de difícil acceso donde se encuentran principalmente los pluvisilvas y pluvisilva de montaña. Estas talas indiscriminadas fueron aplicadas hasta el año 1959 y al triunfar la revolución se adoptaron un conjunto de medidas a nivel nacional para frenar esta situación. El primer proyecto de ordenación en la Empresa Forestal Baracoa se realizó en 1984. Sin embargo no existían resultados de investigación previos en el campo forestal que apoyaran científicamente los manejos recomendados. El citado proyecto que se elaboró en 1984 se fundamentó principalmente en la experiencia soviética quienes asesoraron los primeros proyectos de ordenación en Cuba (Aldana, 2004).

Teniendo en cuenta lo antes planteado para la ejecución de esta investigación se parte del siguiente problema.

Problema: Explotación inadecuada de las especies *Carapa guianensis* Aubl (najesí), *Andira inermis* SW (yaba), *Calophyllum antillanum* (Britt.) Standl. (Ocuje de vega o común). que afecta el grado de ocupación, con ello el futuro de dichas especies

Objeto: Las especies *Carapa guianensis* Aubl (najesí), *Andira inermis* SW (yaba), *Calophyllum antillanum* (Britt.) Standl. (Ocuje de vega o común).

Objetivo general: Determinar el grado de ocupación por clase diamétrica y los modelos de regresión para las masas de las especies *Carapa guianensis* Aubl (najesí), *Andira inermis* SW (yaba), *Calophyllum antillanum* (Britt.) Standl. (Ocuje de vega o común) en bosques pluvisilvas de montaña.

Objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar el comportamiento según el grado de ocupación de las tres especies investigadas para los fines de manejo.
- ✓ Cuantificar la regeneración natural diseminadas y brinzales por especies.
- ✓ Proponer el mejor modelo de regresión de volumen para las masas de las especies investigadas.

Hipótesis:

El grado de ocupación de las especies *Carapa guianensis* Aulb (najesí), *Andira inermis* SW (yaba), *Calophyllum antillanum* (Britt.) Standl. (Ocuje de vega o común), dependen en gran medida al régimen de explotación a que están sometidas, por tal motivo se hace necesario la propuesta de modelo de regresión de volumen para las masas de dichas especies en áreas de fomentar un manejo mas adecuado.

II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.2. PROCEDIMIENTO DE INVENTARIO

2.2.1. OBJETIVOS Y TIPOS DE INVENTARIOS

Los objetivos de un inventario deben reflejar el nivel y la finalidad de la planificación que se considere, la naturaleza y magnitud de la unidad de gestión y la etapa a que se ha llegado para tomar las decisiones. Todo esto hay que definirlo en términos de parámetros que hay que investigar y su grado de precisión a un nivel dado del riesgo aceptado (Lanly, 1976).

Por otra parte Sosa (1981), dice que los objetivos deben exponerse con claridad y suficientemente detallados para que los planificadores puedan identificar los tipos de información necesarios y las normas y precisión requeridas para la misma a fin de emplearla en la manera propuesta.

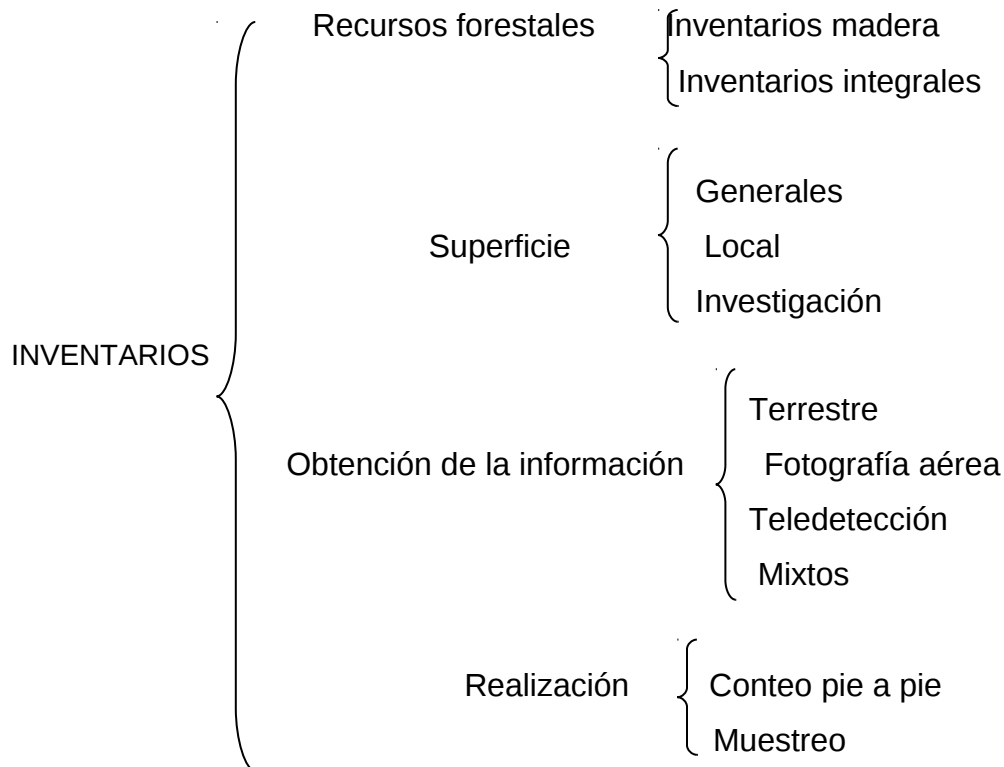
Los parámetros estimados de los bosques deben permitir conocer mejor el estado de la diversidad biológica de los mismos, o incluso comprender mejor su salud y vitalidad. También se quiere saber más de los bosques para suministrar productos no leñosos, para absorber el gas carbónico, o incluso para satisfacer las necesidades no comerciales como la recreación y el ecoturismo.

Lanly (1976), plantea que donde la evolución de la cubierta forestal ha llegado a ser rápida, especialmente en los países tropicales, la estimación de las variaciones en el tiempo de todos estos parámetros se ha hecho indispensable, lo que requiere unos esfuerzos y unos gastos suplementarios nada despreciables: para un nivel de precisión igual, la intensidad de muestreo necesaria es en efecto mayor para la estimación de la diferencia entre los valores de un parámetro en dos fechas que para la de su valor en una sola fecha.

Los inventarios deben ser también capaces de informar sobre el estado de la gestión de los bosques, y especialmente sobre su carácter sostenible. Deben pues, permitir estimar los indicadores más importantes que caracterizan esta última y la variación de dichos indicadores en el tiempo. Un adecuado conocimiento de las áreas y las condiciones del estado de los bosques es un prerequisite para su conservación y

planificación del uso de la tierra en un nivel sostenible.

En función de los objetivos y del procedimiento para obtener la información que se quiera extraer de las masas, (Prieto y Hernando, 1995) clasifican los inventarios de la siguiente manera:



Por su parte Pellico y Brena (1997), clasifican los inventarios de la siguiente forma:

- De acuerdo con su objetivo
 - Inventario de tipo táctico
 - Inventario de tipo estratégico
- De acuerdo a su envergadura
 - Inventario forestal nacional
 - Inventario forestal regional
 - Inventario forestal de áreas restringidas
- En cuanto a la obtención de los datos
 - Enumeración total o censo
 - Muestreo
 - Tabla de producción
- Por la medición de la población en el tiempo
 - Inventarios en una ocasión o temporales
 - Inventarios en múltiples ocasiones o continuos

5. En cuanto al detallamiento de los resultados
- Inventarios exploratorios
 - Inventarios de reconocimientos
 - Inventarios detallados

2.2.2. El inventario forestal continuo o en ocasiones sucesivas

Para el aprovechamiento racional, en la identificación de los sitios más productivos y para determinar el rendimiento sostenido de los bosques tropicales el inventario a realizar debe ser más detallados y más repetidos en el tiempo (inventario continuo).

El inventario forestal continuo comprende todo inventario en el que las unidades medidas en la primera ocasión son instaladas de manera que puedan ser localizadas y remedidas en ocasiones sucesivas (FAO, 1981). Este diseño es óptimo cuando la finalidad de los repetidos inventarios se limita a estimar el cambio experimentado por la población durante el período (Prodan et al, 1997).

Los sistemas de inventarios con parcelas de muestreo permanente, en las cuales se realizan mediciones periódicas para determinar el crecimiento de los árboles, tuvieron su origen en Europa.

Las parcelas permanentes de muestreo han sido usadas, particularmente en Norte América, para propósitos de inventarios forestales. Desde fines de 1930 hasta más o menos 1960 el procedimiento llamado comúnmente "Inventario Forestal Continuo" o CFI, fue aplicado asumiendo la remediación de todas las parcelas del inventario inicial en ocasiones sucesivas.

En los países tropicales, generalmente, no existe un inventario sistemático que permita conocer la superficie de especies forestales individuales y su evolución, (FAO, 1993).

Salleh y F.S.P.Ng (1995), plantean que en los últimos 50 años fueron pocos los intentos que realizaron muchos países tropicales para llevar a cabo inventarios periódicos de los recursos forestales, los cuales son necesarios para practicar una

ordenación intensiva.

Un ejemplo de este tipo de inventario es el que se realizaba en Indonesia. La evaluación de los recursos forestales se efectuaba mediante el establecimiento de unos 2 781 grupos de parcelas temporales y permanentes de muestreo, sistemáticamente distribuidas en una red de unidades de muestreo cuadriculadas de 20 x 20 km, a lo largo y ancho del país. Los objetivos eran la recolección de datos acerca de las condiciones y existencias actuales, así como efectuar proyecciones acerca del crecimiento forestal Salleh y F.S.P.Ng (1995)

Un objetivo adicional, es generar información para construir y retroalimentar modelos de crecimiento de bosques. Estos modelos son utilizados tanto para planificar el aprovechamiento y manejo de los recursos forestales, como para la actualización funcional permanente de los inventarios entre sucesivas mediciones (Carron, 1974; Stage, 1977; Cox, 1985 y Cunia, 1990).

FAO (1981), define cuatro variantes principales de inventarios repetitivos:

1. Muestreo en inventarios sucesivos independientes. En ambas ocasiones se instalan solamente parcelas temporales.
2. Inventarios sucesivos con todas las unidades permanentes en ambas ocasiones (Inventario forestal continuo o CFI).
3. Muestreo con remediación parcial. En el segundo inventario se remide sólo una parte de las unidades del primer inventario.
4. Muestreo con reposición parcial (SPR). En el segundo inventario se remiden algunas unidades del primer inventario y se instalan nuevas unidades temporales independientes.

Nyysönen (1976) plantea que el “Muestreo con reemplazo parcial” o SPR. En este diseño se miden (n) unidades en la primera ocasión, de las cuales (m) se marcan en forma permanente para su remediación. En la segunda ocasión se remiden las (m) unidades permanentes y se agregan nuevas unidades temporales distribuidas aleatoriamente.

Según Sosa (1981), el propósito original del inventario forestal continuo fue

proporcionar la información siguiente:

- Información volumétrica
- Información de crecimiento y mortalidad
- Dar bases para un mejor manejo forestal.

Burkhardt y Strub (1974) plantean que la remediación periódica de las parcelas permanentes da una estimación más precisa del crecimiento comparada con cualquier otro método aplicado con igual intensidad de muestreo. Estos investigadores plantearon que mientras más corto es el período de tiempo entre mediciones, más alta es la correlación entre mediciones sucesivas y mayor la ventaja proporcionada por este tipo de parcela.

Sosa (1981) dice que la medición cuidadosa de las parcelas permanentes da una buena oportunidad de coleccionar datos para análisis silvícolas, tanto de árboles individuales como de grupo de sitios. Lo anterior es una consideración importante especialmente para los bosques con mezclas de especies y de edades.

Mas y Mora (1991), plantean que una de la forma más consistentes para llegar a conocer la dinámica de las poblaciones forestales bajo regímenes de tratamiento silvícola diferente, lo constituye las parcelas permanentes de experimentación silvícola (PPES).

Por otra parte Olvera *et al.* (1996), dicen que existen distintos criterios para el establecimiento de parcelas permanentes, los cuales van desde el tamaño y forma de la parcela, las condiciones topográficas y climatológicas hasta la clasificación del tipo de vegetación; esta diversidad de criterios, cuantitativos y cualitativos, ha traído como consecuencia la imposibilidad de hacer estudios comparativos entre dos o más regiones, sitios de explotación forestal o tipo de bosque.

Para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo hay que tener en cuenta algunas consideraciones importantes:

1. Las parcelas de muestreo permanentes necesitan localizarse con exactitud en las masas forestales y determinar su posición precisa en el bosque.

2. En general, la dimensión de las parcelas permanentes está determinado por el tipo de bosque, la homogeneidad de la masa forestal y la distribución de las especies. En bosques mixtos tropicales es apropiado, usualmente, una superficie de 1 ha. Puede ser conveniente dividir la parcela en 100 cuadrados de 10 x 10 metros. En los bosques uniformes se usan normalmente parcelas de 0.05 hectárea.
3. Tener en cuenta la posición del centro de los árboles en los límites o bordes de la parcela.
4. Realizar el marcaje de los árboles dentro de la parcela con pintura o placas metálicas.
5. Generalmente las parcelas pueden ser rectangulares o circulares. Las parcelas circulares son más rápidas de ubicar que las rectangulares para tamaños inferiores a 0,1 ha en rodales poco densos y 0,05 ha en rodales densos. Las parcelas rectangulares son más adecuadas para tamaños mayores de 0,1 ha. La relación entre la longitud y la anchura de las parcelas rectangulares pueden ser variables. En terrenos con pendientes, es preferible una relación alta hasta de 5 a 1, con la longitud siguiendo la pendiente y la anchura la curva de nivel.

Thren *et al.* (1994) dicen que Husch *et al* (1982) consideran cinco objeciones al uso de puntos de muestreos permanentes del método de Bitterlich:

1. Los puntos de muestreo no suministran una muestra representativa, si se desea estimar el número de árboles por hectárea.
2. No suministran un número suficiente de árboles
3. El análisis de los datos y los procedimientos de campo son más complicados.
4. El uso de puntos de muestreo en el inventario continuo es más costoso.
5. El volumen por hectárea estimado en el primer inventario sumado al crecimiento en volumen por hectárea no es igual al volumen en el segundo inventario.

Caballero (1976) plantea que el uso de parcelas permanentes para inventario continuo es de especial interés en los trópicos, puesto que la información sobre el incremento es comparativamente rara y esta forma de muestreo puede ser uno de los pocos caminos disponibles para la compilación de tales informaciones.

Mas y Mora (1991), dan una relación de países donde existen referencias sobre parcelas permanentes experimentales y en orden cronológico mencionan los siguientes:

En Francia, Decourt (1973), publicó un trabajo sobre el establecimiento y medición de parcelas permanentes para bosques de coníferas y hojosas, donde presenta fórmulas para el cálculo de diversos parámetros dasométricos.

En México, son muy pocas las unidades forestales que cuentan con parcelas permanentes experimentales, tanto en bosques de coníferas como en selvas tropicales (Mas y Mora, 1991).

En Cuba el desarrollo de los sistemas de manejo silvícola de bosques mixtos es limitado por el escaso conocimiento que se tiene del comportamiento de las especies forestales en las diversas condiciones ecológicas – silvícolas donde crecen y de los efectos que tienen las múltiples prácticas silvícolas en el crecimiento y producción de las masas forestales.

Por las referencias bibliográficas existentes en las condiciones de Cuba sólo se tiene conocimientos sobre el establecimiento de parcelas permanentes con fines de investigación, principalmente, para evaluar los incrementos de plantaciones en especies específicas. Con fines de inventario no se conoce que se hayan establecidos estos tipos de parcelas.

2.2.3. Inventarios de gestión Internet 10 -2 2011

Si se deben considerar la biodiversidad y su control en relación con la gestión forestal sostenible referida a conjuntos constitutivos de rodales forestales, a unidades paisajísticas (Olivier, 1992) o a unidades de gestión (fincas de algunas hectáreas a varias decenas de hectáreas), las características esenciales y los elementos claves que habrá que tener en cuenta, a intervalos regulares, podrían ser los siguientes, como orientaciones referentes a la magnitud de la masa forestal:

Los diámetros, alturas y características de todos los árboles por encima de un diámetro predeterminado, con objeto de precisar la estructura de la masa forestal.

El índice de fertilidad forestal en relación con las condiciones estacionales.

Los elementos topográficos.

Los suelos y el sustrato geológico de los bosques, incluida la naturaleza y la profundidad de los humedales.

La vegetación en el suelo con referencia particular a toda especie rara o insólita (es también oportuno señalar la presencia de hongos, briofitos, líquenes, etc.).

La presencia y la importancia de la regeneración (plántulas o árboles que no han alcanzado todavía un diámetro determinado).

La naturaleza y la cantidad de toda madera muerta, es decir ramas o troncos secos caídos o en pie o en descomposición dentro del bosque o plantación.

La influencia humana y la historia del bosque (cultivo, derechos de uso, tala, corta, caza, etc.).

Los ecotonos notables y las especies particularmente asociadas a los eco sistemas en contacto (interfaz bosque-agricultura, bosque-terreno abierto, por ejemplo).

En lo que concierne más particularmente el inventario mismo y sus modalidades, teniendo en cuenta la gran variedad de elementos observables, la metodología propuesta para medir y controlar la biodiversidad se basará en principio en un muestreo en la medida en que es importante proporcionar información sobre la variabilidad espacial y la heterogeneidad en el interior del bosque. Convendría proceder a una estratificación de las unidades de muestreo para tener la seguridad de que las zonas con gran diversidad biológica estén correctamente representadas en la muestra.

Desde un punto de vista más pragmático, deberían realizarse prioritariamente observaciones sobre los puntos siguientes, adaptándolas eventualmente a las condiciones particulares de cada caso:

La vocación principal del bosque (producción, zonas protegidas, zonas de conservación biológica, silvícola y genética).

El pasado del bosque (tratamiento silvícola o situación anterior, impacto humano);

Los biotopos notables (viejo bosque inculto, bosque natural, geomorfología particular, formaciones vegetales raras).

El paisaje (abierto, cerrado, alejado).

Las condiciones sanitarias (contaminación atmosférica, daños de diversos orígenes).

La flora herbácea, los frutos y los hongos.

Los linderos del bosque (estructura, composición, anchura y longitud).

Otros aspectos particulares (maderas especiales, árboles notables).

En un inventario forestal clásico, las variables relativas al medio se registran sobre todo en función de la influencia que ejercen sobre la productividad forestal (Pelz, 1995), lo que sin embargo no excluye que se utilicen con otro fin. A menudo es posible extraer indicadores de la diversidad estructural de los bosques a partir de informaciones fácilmente disponibles como distribución de los diámetros, distribución de especies de árboles, altura de éstos, caracterización de los niveles de crecimiento, posición social de los árboles, número de árboles vivos y muertos. Las diversas variables relativas a los árboles y a la estructura de los bosques están también en estrecha correlación con los demás componentes del ecosistema forestal: suelo, flora y fauna, lo que justifica que buen número de variables ya registradas en un inventario centrado en los recursos madereros ofrecen perspectivas de utilización más amplias.

2.2.4. Informaciones que se toman en los inventarios

según Zöhrer (1980), las informaciones fundamentales sobre los bosques para los objetivos de planificación son de gran necesidad mundialmente y difieren en distintas zona o parte de la tierra. Tanto los países desarrollados, que disponen de extensas superficies de bosques, como los países tropicales necesitan informaciones urgentes sobre las existencias de madera, técnica y económicamente utilizables.

El propio Zöhrer (1980), plantea que las informaciones que se obtienen a través de los inventarios forestales se clasifican en 6 grupos principales, los cuales están indicados en la tabla 1.2 en el anexo I.

Pellico y Brena (1997), dicen que con la evolución de la tecnología y las crecientes necesidades de informaciones más detalladas sobre las áreas forestales, los inventarios se tornan más completos y aportarán muchos detalles adicionales.

Por su parte Pelz (1995) plantea que en un inventario forestal clásico, las variables relativas al medio se registran, sobre todo, en función de la influencia que ejercen

sobre la productividad forestal, lo que no excluye que se utilicen con otro fin.

A menudo es posible extraer indicadores de la diversidad estructural de los bosques a partir de informaciones fácilmente disponibles como distribución de diámetros, distribución de especies de árboles, altura de éstos, caracterización de los niveles de crecimiento, posición social de los árboles, número de árboles vivos y muertos.

Según Rondeux (1996), un inventario forestal registra habitual o convencionalmente determinadas informaciones a las que se podrían añadir otras relativas a objetivos más amplios de gestión integradas, incluida la biodiversidad.

Según Pellico y Brena (1997), las informaciones resultantes de los diferentes tipos de volumen en los inventarios son: volumen total; volumen comercial; volumen comercial para fines específicos, tales como aglomerados, desarrollados y otros. En los bosques de la región de estudio son necesarias informaciones representativas y fiables sobre el estado y la evolución o la dinámica de los recursos forestales con miras a la gestión sostenible. Para obtener estas informaciones, es necesario conocer los índices dendrométricos y dasométricos de las especies forestales. Cuestión que trataremos a continuación.

2.3. Unidades muestréales

Un diseño de inventario por muestreo está determinado por el tamaño y forma de las unidades de muestreo utilizadas, por el número estas (intensidad de muestreo), por criterio de selección, por el tipo, así como por el patrón de distribución de las unidades de muestreos sobre el área de estudio (FAO, 1981).

Loetsch *et al.* (1973), plantean que el uso de parcelas muestrales es un método muy viejo y que se emplean desde el siglo XVII. La unidad de muestreo es uno de los componentes fundamentales del diseño de inventario y constituye el espacio físico o parte de la población donde se realizarán las mediciones y observaciones de formas cualitativas y cuantitativas de las variables en estudio, necesarias para satisfacer los objetivos del inventario.

Prodan *et al.* (1997), plantean que por razones prácticas, los árboles no se seleccionan individualmente, sino en grupos, llamados unidades muestrales. Las dos alternativas de muestreo más comunes han sido: unidades muestrales probabilísticas y unidades muestrales no probabilísticas.

Entre las primeras, más comunes, se encuentran las parcelas convencionales (cuadrada, circular, rectangular, faja, etc.), las parcelas concéntricas y las unidades de muestreo puntual y lineal horizontal. Estas presentan dos alternativas: unidades de muestreo con probabilidades iguales (parcelas de dimensiones fijas) y unidades de muestreo con probabilidades variables.

Las parcelas circulares son las más usadas en la práctica ya que dan la mínima relación entre perímetro y superficie, minimizándose así los efectos de borde. Los árboles que se encuentran sobre el borde de la parcela se llaman árboles límites. Prodan *et al.* (1997), mencionan numerosos trabajos realizados con el fin de implementar sistemas eficientes para delimitar parcelas circulares.

La principal dificultad en delimitar parcelas de muestreo de forma circular, está dada en que a mayor longitud de radio se tendrán mayores problemas para lograr la forma circular proyectada a un plano horizontal en terrenos con pendientes.

Según Medina (1983), la delimitación de una parcela circular (en su proyección horizontal) puede realizarse de dos formas: mediante radiaciones a cada cambio de pendiente en el terreno y utilizando un radio único representativo de las diversas pendientes existentes en el área.

Según Prodan *et al.* (1997) las parcelas elípticas se originan al delimitar las parcelas circulares sobre terreno inclinado y pueden ser de superficie constante y de superficie variable. Ambos tipos de parcelas elípticas pueden emplearse en inventarios forestales, pero con diferentes estimadores.

Thren (1993) plantea que las parcelas cuadradas se emplean cuando las unidades muestrales son de gran tamaño, es decir, cuando excedan de 0,2 ha, pues es más fácil demarcar cuadrados que círculos y Zöhner (1980) dice que las parcelas cuadradas y rectangulares pueden ser ventajosas en bosques artificiales, cuando se

tienen en cuenta las asociaciones de plantas, estableciéndose de tal forma que se puedan abarcar dos o tres hileras de árboles. El procedimiento debe considerarse, sobre todo, en terrenos llanos. Las parcelas cuadradas y rectangulares también son apropiadas para estudios detallados de crecimiento donde son necesarios sondeos de las copas y mapas de distribución de los árboles.

Malleux (1982) refiere que las parcelas rectangulares o fajas se emplean corrientemente en inventario de bosques tropicales donde las fajas, permiten delimitar, con facilidad, unidades de gran magnitud, a la vez que captan una alta proporción de la variabilidad del bosque. Sin embargo, Loetsch *et al.* (1973), refiriéndose a la experiencia de su empleo en el inventario nacional de Suecia, indican la existencia de sesgos asociados a su delimitación y describen un procedimiento que permitiría reducirlos. También Aldana *et al.* (1994) explican dos variantes como las fundamentales para establecer las fajas, es decir: el método de la línea central y el método de la línea lateral.

Thren (1993) plantea que para respetar la distribución diamétrica de árboles con diámetros mayores o menores se utilizan parcelas circulares concéntricas, por ejemplo en el inventario nacional de Argentina donde se utilizaron los tamaños siguientes (Figura 1.1):

DAP \geq 20 cm ----- área = 1000 m² ----- r = 17,84 m

AP \geq 10 cm \leq 20 cm -- área = 100 m² ----- r = 5,64 m

Brinzales ----- área = 12 m² ----- r = 1,95 m

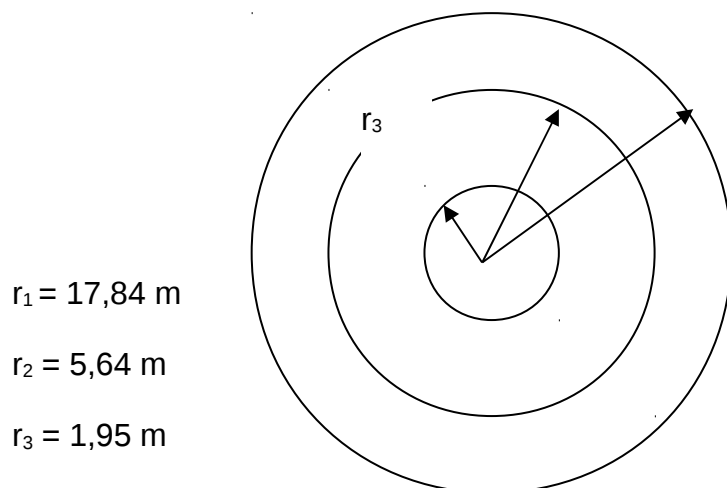


Fig. 1.1. Parcelas circulares concéntricas.

Unidades de este tipo son empleadas también en Tailandia (Thammincha, 1993; Scott et al., 1993); en Brasil (Pellico y Brena, 1997) y en Alemania (Prodan, 1965). Prodan et al. (1997) recomiendan, para el inventario de los bosques tropicales, utilizar el método de Brun (Tomado de Lamprecht, 1993), como se muestra en la (Figura 1.2).

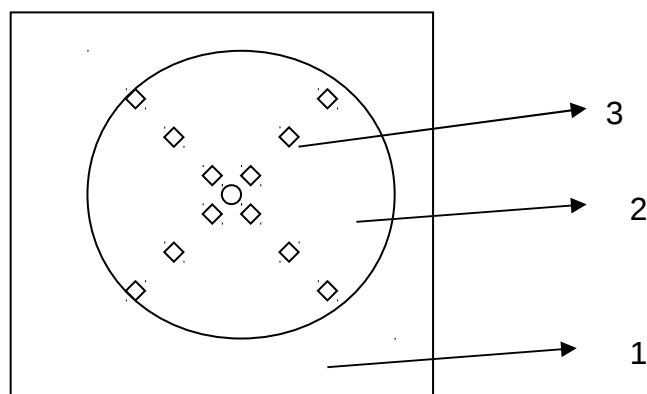


Fig. 1.2. Esquema de parcelas propuesto por Brun.

En la parcela cuadrada de $50 \times 50 \text{ m}$ (1) se mide el diámetro normal de todos los árboles superior a 10 cm ; en la parcela circular de 30 m de diámetro y área de 707 m^2 (2), se cuentan los arbolitos de más de $1,3 \text{ m}$ de altura y menos de 10 cm de

diámetro normal. Por último, en las 12 parcelas pequeñas de 2 m x 2 m (3) se evalúa la presencia o ausencia de brinzales de más de 30 cm y menos de 130 cm de altura de las especies comerciales. La obtención de los datos permite el cálculo de diversas variables de importancia silvícola.

Prodan et al. (1997) plantean que las unidades muestrales MPH (muestreo puntual horizontal), también llamadas unidades muestrales relascópicas o parcelas de Bitterlich, debido a su creador Bitterlich (1948), corresponden a un tipo de unidades muestrales probabilísticas, donde la probabilidad de seleccionar un árbol es proporcional a su área basal (Figura 1.3).

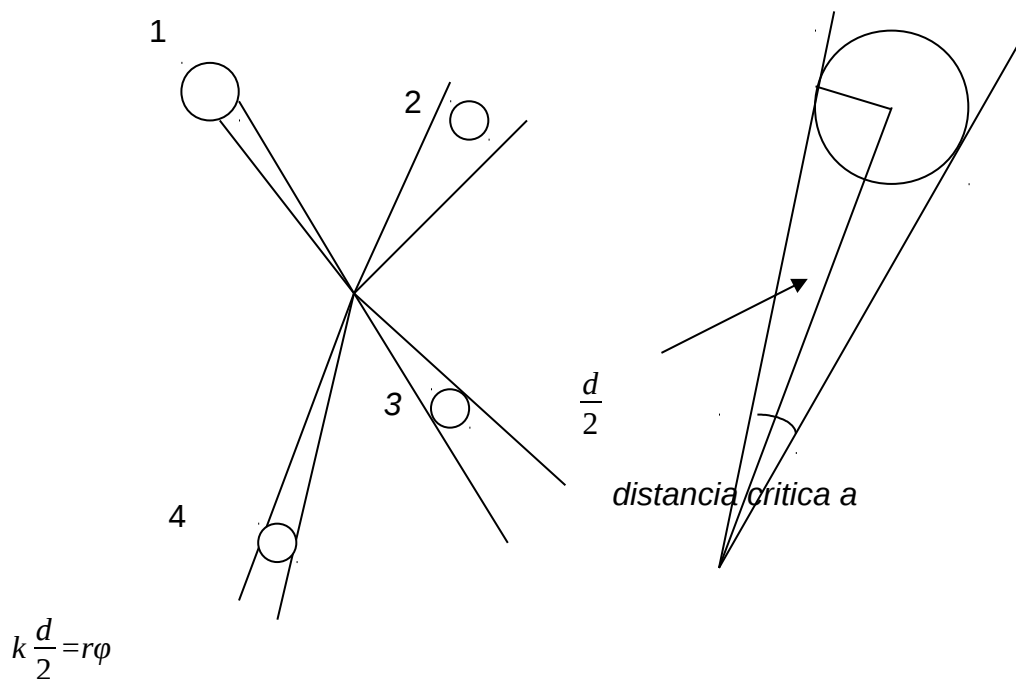


Fig. 1.3. Conteo de árboles mediante proyección de un ángulo horizontal.

La principal característica de este tipo de unidades es que no tiene un radio fijo, el cual depende de los diámetros del arbolado y del factor de área basal (FAB) que se

esté empleando. El término FAB representa el aporte que hace cada árbol contado en un punto al área basal por hectárea.

El procedimiento de muestreo para la ejecución del inventario forestal en base al método de Bitterlich fue introducido en Cuba en el año 1976. Los estudios realizados por Aldana (1983), demostraron que es apropiado para los bosques naturales y artificiales de pinos y que con el factor de numeración 1, se consume menor tiempo y da resultados exactos, pero es necesario formar rodales pequeños, con una superficie media de 10 hectáreas aproximadamente.

Lara y Espinosa (1993) citan a Grosenbaugh (1949), él planteó que teóricamente el muestreo con parcelas de dimensiones variables es más eficiente que el de dimensión fija, debido a que es un muestreo con probabilidad proporcional al área basal. Asimismo, Lund (1992) plantea que las parcelas de dimensiones fijas están sujetas a menos errores que los demás tipos de parcelas.

Desde hace muchos años se han usado parcelas de muestreo no probabilísticas mediante mediciones de distancia entre árboles (a-a) o desde puntos de muestreo a árboles cercanos (p-a), para estimar la densidad de los rodales (Weck, 1955; Stoffel, 1955). Prodan *et al.* (1997) dice que las unidades (a-a) y (p-a) tienen la virtud de adaptarse automáticamente a la densidad puntual del rodal.

Uno de los métodos que se emplea frecuentemente es el de las distancias al 6to árbol o método de Prodan (Figura 1.4).

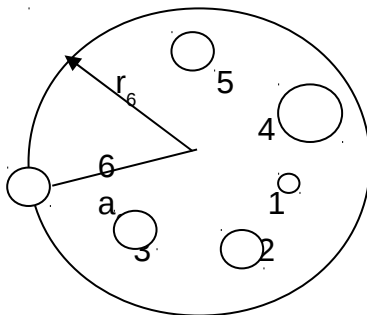


Fig.1.4. Parcela de muestreo no probabilística de la distancia al 6to árbol.

El límite de la parcela circular de radio variable se define por el sexto árbol y el radio de la parcela circular se define con la siguiente fórmula:

$$r_6 = a_6 + \frac{1}{2}d_6$$

Donde: r_6 = radio del sexto árbol

a_6 = distancia del centro de la parcela hasta el borde interior del árbol No. 6

d_6 = diámetro del árbol No. 6

El área basal se calcula por la fórmula:

$$G_i/ha = \frac{2500}{r_6^2} * \left(\sum_i^j d_i^2 + d_6^2 / 2 \right)$$

Donde: G_i / ha = es el área basal en m^2/ha estimado en el punto i considerando el diámetro de los seis árboles y la distancia al sexto árbol r_6 .

Un estudio realizado por Cox (1985), en una simulación de muestreo sobre poblaciones con distribución espacial heterogénea, mostró que todos los métodos basados en distancias estiman con sesgos crecientes a medida que aumenta el grado de agrupamiento en la distribución espacial de los árboles. En poblaciones con alto grado de agrupamiento, los sesgos pueden fácilmente superar el 200 por ciento.

En nuestro país, en general, se utilizan parcelas de dimensiones fijas, aunque, de acuerdo con la Instrucción para la Ordenación del Patrimonio Forestal de Cuba se puede utilizar el método de Bitterlich para realizar el inventario.

En este sentido han sido realizadas investigaciones en diferentes regiones del mundo con el objetivo de determinar el tamaño y la forma más eficientes de las unidades de muestreo.

Krebs (1999) dice que el mejor procedimiento, si el tiempo y los recursos están disponibles, es realizar el estudio previo para determinar el tamaño y la forma óptima de la parcela de muestreo. La mejor parcela puede definirse por tres aspectos:

Estadísticamente, como el tamaño y la forma de la parcela que proporcionen la más alta precisión estadísticas del total de área muestreada o para una cantidad determinada de tiempo y dinero.

Ecológicamente, como el tamaño y la forma de la parcela que es más eficiente para dar respuesta a los objetivos propuestos.

Logísticamente, como el tamaño y la forma de parcela que es más fácil de ubicar y de usar.

2.4. Tamaño de la muestra

El problema esencial de cualquier inventario por muestreo es obtener una muestra que sea representativa de la población. Mientras mayor es el área muestreada en relación al área total, mayor será la exactitud del valor obtenido.

La intensidad o fracción de muestreo es la relación entre el número de unidades de muestreo (n) y el número total de unidades de la población (N): $f = n/N$, y también puede ser expresada por la relación entre el área muestreada (a) y el área total de la población, o sea: a/A .

Normalmente en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1 %, 0,5 % y 0,1 % en dependencia de varios factores. Para el caso de bosques mixtos tropicales, dada su gran complejidad y alta variabilidad, suelen ser necesarias intensidades del orden del 3 al 5 %.

Según Pellico y Brena (1997) la intensidad de muestreo puede ser determinada a través de dos procedimientos principales:

- 1) En función de la variabilidad de la población, la precisión requerida y la confiabilidad fijada.

Es el procedimiento normal y deseable en un inventario forestal. Cuando se trata de una población finita, la intensidad de muestreo necesaria para un error de muestreo requerido y una probabilidad de confianza, puede ser calculada en función de la varianza y del coeficiente de variación, mediante las siguientes fórmulas:

En función de la varianza

b) En función del coeficiente de variación

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{E^2 + \frac{t^2 s_x^2}{N}}$$

$$n = \frac{t^2 (cv\%)^2}{(LE\%)^2 + \frac{t^2 (cv\%)^2}{N}}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra

t es t de Student que se obtiene de una tabla según la probabilidad y los grados de libertad (n – 1).

sx es la varianza de la masa

cv % es el coeficiente de variación en por ciento

E = (LE * \bar{X}) es el error de muestreo absoluto.

LE es el límite de error de muestreo admitido en por ciento.

N es el tamaño de la población.

Pellico y Brena (1997), plantean que para determinar si una población es finita o infinita, debe cumplirse lo siguiente:

si (1-f) ≥ 0,98 la población es considerada infinita

si (1-f) ≤ 0,98 la población es finita.

En el caso de una población infinita se desprecia el factor de corrección (1 – f). Las fórmulas simplificadas son:

En función de la varianza

b) En función del coeficiente de variación

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{E^2}$$

$$n = \frac{t^2 (cv\%)^2}{(LE\%)^2}$$

En muchos inventarios forestales la intensidad de muestreo es fijada en función del tiempo disponible para su realización o de los recursos financieros, humanos y materiales existentes.

El costo es un elemento no estadístico, sin embargo, juega un papel fundamental y, en muchos casos, es el factor que decide el tamaño de la muestra que se va a usar.

Según Husch, Miller y Beers (1982), si los recursos financieros son limitados, la intensidad de muestreo puede ser calculada a través de la siguiente ecuación de costo:

$$C_t = C_0 + nC_1 \quad \text{donde: } C_t = \text{costo total del inventario}$$

C_0 = costos fijos de planeamiento, equipamiento, análisis y elaboración de la información.

C_1 = costo medio por unidad muestral.

n = número de unidades de muestreo

por tanto, el número de unidades que puede ser levantada en el inventario, con los recursos financieros disponibles se determina por:

$$n = \frac{C_t - C_0}{C_1}$$

En estas condiciones no es posible fijar un error de muestreo para el inventario y el error resultante puede ser mayor o menor, en dependencia de las características del bosque.

En un muestreo aleatorio simple la función de costos se expresa por la siguiente ecuación:

$$C = C_0 + C_a \quad \text{donde: } C_0 = \text{costo fijo y } C_a = \text{costo variable.}$$

El costo variable o costo de levantamiento esta formado por dos componentes básicos:

$$C_a = C_1n + C_2n \quad \text{donde:}$$

C_1 = costo medio de traslado entre unidades

C_2 = costo medio de medición de las unidades.

Los costos de medición pueden ser controlados a través de los tiempos necesarios para la instalación de las unidades, medición de diámetro y medición de altura, conjuntamente con los tiempos perdidos por lluvias y otros imprevistos.

Por tanto la función de costo total puede ser representada como se muestra a continuación:

$$C = C_0 + C_1n + C_2n \quad \text{o} \quad C = C_0 + n(C_1 + C_2)$$

La separación de los costos de muestro es importantes, ya que mismos es posible realizar una evaluación de la eficiencia de los equipos de campo. La razón de costo (

$R = C_1 / C_2$) permite evaluar esta eficiencia. Así cuanto mayor es (R), mayor es el costo de traslado en relación al costo de medición y, por tanto, menor es la eficiencia de muestreo.

La composición de una función de costo es una tarea difícil en nuestro país, tomando en consideración que en la actual situación de desenvolvimiento no permite obtener

ecuaciones estables para los costos C_1 y C_2 . Estos costos dependen de muchos factores regionales como mano de obra local, acceso a los bosques, medios de transporte, etc.

Los factores determinantes del tamaño de la muestra son según Gómez (1998), los siguientes: variabilidad de la población, recursos económico disponibles, precisión deseada, confianza que se quiere tener y tamaño de la población.

En general, cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, mayor confianza tendremos en que ella es representativa de la población y cuanto más homogénea sea una población, menor es la muestra que se requiere para obtener conclusiones de cierto grado de confianza.

En resumen, el tamaño de la muestra es directamente proporcional a la variabilidad de la población, a la confianza con que se desean las estimaciones y al tamaño de la población, e inversamente proporcional a la magnitud del error deseado y al costo.

Es conocido, que en el muestreo forestal la variabilidad relativa, expresada por el coeficiente de variación disminuye con el aumento del tamaño de la parcela de muestreo. Por otro lado, el coeficiente de variación es un valor imprescindible en el cálculo del número de unidades muestrales necesaria para cometer un error dado en un inventario por muestreo (Gaillard de Benitez y Ríos, 1993).

Prieto y Hernando (1995) plantean 4 maneras para la determinación del coeficiente de variación, estas son:

- 1) haciendo un pequeño muestreo piloto,
- 2) a través de coeficientes de variación de un inventario previo de la misma masa,
- 3) estimación imperfecta en función del rango estimado del menor al mayor valor unitario que pueda encontrarse en la masa a inventariar R y del volumen medio estimado V_{mp} por parcela de igual superficie a la que se quiere establecer, de acuerdo con la expresión (Freese, 1962)

$$cv = \frac{\left(\frac{R}{4}\right)^2}{V_{mp}} 100$$

- 4) De una manera subjetiva en función del grado de heterogeneidad de las masas.

Si las masas son bastante homogéneas se puede tomar el coeficiente de variación entre un 30 y 50 %. Si las masas presentan un cierto grado de heterogeneidad se puede tomar un coeficiente de variación entre 50 y 90 %. Si las masas son muy heterogéneas se puede escoger un coeficiente de variación de 100 % e incluso superior.

2.5. Estudios realizados en los Bosques Pluvisilvas de Montañas de Baracoa

En la región de Baracoa, casi desde el descubrimiento de la Isla de Cuba, se comenzaron a aplicar talas rasas para aprovechar la madera en unos casos y para abrir espacio con vista a la creación de cultivos agrícolas y potreros en otros. Lo cual condujo a la reducción de la superficie forestal, quedando sólo aquellas áreas de difícil acceso donde se encuentran principalmente los pluvisilvas y pluvisilva de montaña.

Estas talas indiscriminadas fueron aplicadas hasta el año 1959 y al triunfar la revolución se adoptaron un conjunto de medidas a nivel nacional para frenar esta situación.

El primer proyecto de ordenación en la Empresa Forestal Baracoa se realizó en 1984. Sin embargo no existían resultados de investigación previos en el campo forestal que apoyaran científicamente los manejos recomendados. El citado proyecto que se elaboró en 1984 se fundamentó principalmente en la experiencia soviética quienes asesoraron los primeros proyectos de ordenación en Cuba.

Los especialistas afirman que en ese lugar existe una reserva de madera dura, semidura y preciosa para mantener durante 10 años más un ritmo intenso de explotación. (Periódico Granma, martes 22 de agosto de 2006, Artículo publicado por; Haydée León y Jorje Luis Merencio).

Maresma *et al.* Citado por FAO (2002): Realizaron un estudio dasométricos en tres localidades de la región de Baracoa: El Julián, los Guineos y Nibujón, y se analizó el comportamiento periódico y el incremento medio anual del volumen, según el valor comercial de las especies y por los surtidos. Se evaluó también el incremento diamétrico de 15 especies de gran demanda como el incremento medio anual diamétrico por hectárea de cada localidad. Se concluye que existe una gran riqueza forestal con el reporte de 84 especies. *Carapa guianensis* Abul resultó la especie de mayor incremento diamétrico al mostrar diferencias significativas con el resto de las otras especies evaluadas. La permanencia de árboles maduros no talados, los

cuales se encuentran en su fase clímax, presentan incrementos casi nulos. Los bosques pluvisilvas de la región de Baracoa incrementan como promedio en 1.5611 m³/ha/año. Son pocas las especies de valor comercial presentes en la actualidad, capaces de suministrar un considerable y sostenido volumen de madera. El volumen por hectárea del surtido fino representando el 56 % del volumen total se debe al alto número de árboles con diámetros menores de 14 cm., lo que refleja el grado de alteración a que han sido sometidos estos bosques por la acción antrópica.

El clima se clasifica como ecuatorial caliente y húmedo que no tiene época verdaderamente seca. Estas características son pocas variables lo cual influye positivamente en el desarrollo de los bosques.

De los factores climáticos, los más importantes son la temperatura y las precipitaciones. Según las informaciones meteorológicas (2000 – 2002) las precipitaciones anuales son relativamente altas; aunque su distribución no es estable. Los promedios anuales oscilan entre los 2000 a 3600 mm caracterizándose como la zona más lluviosa y la más importante reserva de agua en Cuba (machado, 2002, citado por Lores, 2005.)

La diversidad es comúnmente expresada sobre la base del número de especie por unidad de superficie. En el inventario realizado en 4 114,94 ha se encontró una gran diversidad representadas por 78 especies arbóreas con diámetros a la altura del pecho mayor o igual a 8 cm. y se identificaron además 55 especies no arbóreas como bejucos, lianas curujeyes, helechos, hierbas, etc.

El 40 % de las especies arbóreas coinciden con las reportadas por (Samek, 1974), (Bisse, 1988), aparecen otras no reportadas en esta formación de bosques y muchos arbustos, formando una maraña vegetal que obstaculizan los trabajos de inventarios.

Es notable que algunas familias (Mirtaceae, Anonaceae, Fabaceae, Moraceae, etc.) coinciden con lo reportado por (Wadsworth, 1997, citado por Velásquez,, 2003) en los bosques pluvisilvas tropicales de la región de América latina y el Caribe.

Esta diversidad de especies en pequeñas áreas de bosques naturales tropicales, también ha sido informada por (Samek, 1974), en los bosques tropicales la gran diversidad biológica y estructural complica y encarece los trabajos de inventario.

De las especies arbóreas encontradas durante el inventario el 42 % son endémicas de la región, conjuntamente con otras especies no arbóreas. Las especies *Calophyllum utile* Bisse y *Sloanea curatellifolia* Grises, (Raisú). Son endémicas que se destacan por tener una considerable representación en esta formación boscosa (Machado, 2002, citado por Lores, 2005).

La regeneración natural de las especies de mayor valor económico plantea, (Machado, 2002, citado por Lores, 2005). Que aparecen 416 individuos por hectáreas. Este valor se considera bajo, si se tiene en cuenta la presencia de otras especies sin valor económico (matorrales) en el estrato inferior de este bosque. Sin embargo, con un manejo correcto se puede garantizar la perpetuidad el bosque con una composición adecuada de especies comerciales.

Según Álvarez y Varona (1988) dicen que la regeneración natural es una de las problemáticas que presentan los bosques latifolios tropicales que a veces se desarrolla bien pero con alto predominio de las especies de poco valor económico.

Es recomendable dejar que el bosque se regenere por su propia fuerza para aprovechar las ventajas de las masas regeneradas por esta vía, que es la única posible cuando no existen recursos para intensificar la producción forestal en determinadas condiciones geográficas y socioeconómicas.

Algunas especies de valor económico como Talauma minor (Asulejo) y Manilkara albescens se hallan con valores muy bajos de regeneración natural. En el caso de T. minor, su baja regeneración corrobora lo planteado por (Moreno, 2004), quien encontró que presenta dificultades en su mecanismo de perpetuación.

Manilkara albescens presenta una baja representación de individuos por hectáreas en el arbolado y también en la regeneración natural. Resultados similares obtuvo Bisse (1988), quien afirma que este comportamiento se debe a su baja producción de semillas.

En el caso que el sistema de regeneración no sea suficientemente productivo entonces, es necesario intervenir por medio del enriquecimiento y la plantación, es decir, combinar la regeneración natural con métodos artificiales (Machado, 2002, citado por Lores, 2005).

Machado (2002), determinó por primera vez en bosques pluvisilvas tablas de volumen de árboles individuales, así como para la determinación de los coeficientes mórficos y de los modelos del perfil del fuste, de las ramas y para las masas, y lo hizo para las especies siguientes, *Calophyllum utile* Bisse (ocuje colorado), *Buchenavia capitata* Vahl (júcaro amarillo), *Manilkara albescens* (Griseb) Cronquist (ácana), *Tabebuia dubia* (Wr.ex.Sauv) Brit. Ex Seibert (roble de hoja ancha) *Slonea curatellifolia* Griseb. (raizú).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Generalidades

Este trabajo fue realizado en bosques pluvisilvas de montaña perteneciente a la Empresa Forestal Integral de Baracoa de diciembre 2009 hasta marzo 2011. El municipio Baracoa está ubicado al noroeste de la región oriental de Cuba, limita al norte con el océano Atlántico, por el este y sureste con el municipio de Maisí e Imías por el sur con el municipio de de San Antonio de Sur por el suroeste con Yateras y por el oeste con Moa y (Holguín). Baracoa posee una extensión de 97436 ha. El relieve es predominantemente montañoso, las llanuras comprenden las fajas costeras y existen disímiles formas de relieve tal es el caso de mesetas, picos. Es el municipio con mayor red hidrográfica de Cuba con 8 km lineales de río. El clima está estrechamente relacionado con el régimen de lluvias y precipitaciones que estén en 3400 mm en la parte alta del macizo montañoso y 2068 mm en la franja costera. Existen formaciones boscosas destacándose los pinares en el centro sur del municipio, manglares, pluvisilvas y una variada composición florística.

Las parcelas están distribuidas de forma aleatoria en bosques Pluvisilvas de montaña, pertenecientes a las categorías de productores y protectores de aguas y suelos en las cuatro Unidades Empresariales de Base Silvícola (UEBS) con las que cuenta la empresa: Cayo güin, Baracoa, Combate de Sabanilla y Cedrones (Tabla 3.1) Las mismas se trabajaron con tres especies de valor económico: *Calophyllum antillanum* (Ca), *Carapa guianensis* (Cg) y *Andira inermis* (Ai).

Tabla 3.1 Superficie en hectáreas total y en el área de estudio por Unidad Empresarial de Base Silvícola..

Unidad Empresarial de Base Silvícola	Superficie total en ha	Superficie de los bosques Pluvisilvas de Montaña en la categoría de productores y protectores de agua y suelos en ha
Cayo Güin	6172,2	3902,3
Los Cedrones	4298,6	4071
Baracoa	12750,9	7508,8
Combate de Sabanilla	7212,8	338,3
Total	30434.5	15820.4

En la región de estudio las condiciones naturales son convenientes para el desarrollo de la actividad forestal, sin embargo, debido a la topografía accidentada, las altas precipitaciones, y los suelos con un alto peligro de erosión, tienden a deteriorarse y todos los manejos forestales dirigido a ésta área requieren de un profundo conocimiento de la ecología. .

3.2. Tamaño de la muestra

Se determinó el tamaño de la muestra para saber si las 70 unidades de muestreo son representativas en el área de estudio utilizando como variable de interés el número de árboles por hectáreas total de las tres especies y se realizó mediante el procedimiento de muestreo estratificado, para ello fue necesario dividir la población en cuatro estratos, el estrato 1 comprende desde 0 hasta 60 árboles por hectáreas, el 2 desde 61 hasta 160, el 3 desde 161 hasta 340 y el 4 mas de 361 (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Muestra estratificada obtenida en el inventario piloto Volumen (Narb/ha).

Unidad nh	Estrato1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4
1	40	100	280	360
2	0	80	200	420
3	60	160	220	400
4	0	100	180	420
5	60	140	300	540
6	20	160	340	660
7	60	80	240	380
8	0	140	180	360
9	20	160	240	640
10	0	120	200	360
11	0	160	300	540

12	0	100	280	580
13	0	160	320	1000
14	0	80	260	540
15	40		200	400
16	0		180	
17	0		220	
18	0		300	
19	0		200	
20	0		340	
21	0			
Suma	300	1740	4980	7600

Media Aritmética por Estrato

$$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_{ih}}{n_h}$$

Media Estratificada

$$\bar{x} = \frac{\sum_{h=1}^L n_h \bar{x}_h}{n} = \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h$$

Varianza por Estrato

$$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (X_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$$

Varianza Estratificada

$$s_{\bar{y}}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot s_h^2$$

Error estándar

$$s_{\bar{y}(st)} = \sqrt{\sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h} (1 - f_h)}$$

Error de muestreo

a) Absoluto: $E_a = \pm t \cdot s_{\bar{y}(st)}$

b) Relativo: $E_r = \pm \frac{t \cdot s_{\bar{y}(st)}}{\bar{y}} \cdot 100$

Intensidad de muestreo

$$n_h = \frac{N_h}{N} \cdot n = W_h \cdot n$$

Población Infinita

$$n = \frac{t^2 \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot s_h^2}{E^2}$$

3.2.1. Comportamiento del grado de ocupación

3.2.2. Metodología

Se utilizó el proyecto de ordenación forestal de la Empresa, utilizándose mapa de ordenación forestal, todos en escala 1:25000; para localizar las áreas de estudio y las especies. En áreas de la Empresa se levantaron un total de 70 parcelas de 20*25 m (500 m²) al azar, utilizando cinta métrica, estacas de madera (jalones) y machetes.

Para llevar a cabo las mediciones de los árboles, se procedió a medir todos los diámetros de las especies en estudio a la altura de 1.30 m con una cinta diamétrica, además se estimaron las alturas de forma oscular a través de los especialistas existentes en el área.

Se determinaron los índices dasométricos por Clases Diamétricas, en rango de 2 en 2 para todas las especies inventariadas en las parcelas (Tabla 3.2) como altura promedio (h), diámetro promedio (D), altura comercial promedio (hc), área basal por hectáreas total (G/ha), volumen total por hectáreas (Vt/ha), volumen comercial por hectáreas (Vc/ha) y numero de árboles por hectáreas (N/ha).

Tabla 3.2. Tabla para determinar las clases diamétricas en que se encuentra cada especie.

CD	Rango	CD	Rango
2	1,1 - 3	42	41,1 - 43
4	3,1 - 5	44	43,1 - 45
6	5,1 - 7	46	45,1 - 47
8	7,1 - 9	48	47,1 - 49
10	9,1 - 11	50	49,1 - 51
12	11,1 - 13	52	51,1 - 53
14	13,1 - 15	54	53,1 - 55
16	15,1 - 17	56	55,1 - 57
18	17,1 - 19	58	57,1 - 59
20	19,1 - 21	60	59,1 - 61
22	21,1 - 23	62	61,1 - 63
24	23,1 - 25	64	63,1 - 65
26	25,1 - 27	66	65,1 - 67
28	27,1 - 29	68	67,1 - 69
30	29,1 - 31	70	69,1 - 71
32	31,1 - 33	72	71,1 - 73
34	33,1 - 35	74	73,1 - 75
36	35,1 - 37	76	75,1 - 77
38	37,1 - 39	78	77,1 - 79
40	39,1 - 41	80	79,1 - 81

3.2.3. Determinación del Área basal del Rodal

Se designa como área basal de un rodal a la suma de las áreas de la sección transversal de todos los árboles del rodal medidos a la altura 1.30 m sobre el nivel del suelo. Ella se expresa en metros cuadrados por hectáreas.

Propiamente, el concepto área basal de rodal debía de designar a la suma de las áreas de la sección transversal a nivel del suelo, Pero como en árboles en pie por regular es determinado el diámetro a 1.30 m, se ha hecho valer la designación de área basal para la sección transversal a esta altura. Las áreas de la sección transversal en la base del fuste dependen grandemente de la casualidad debido a la prolongación de raíces y se presentan dificultades en su determinación.

El área de la sección transversal del árbol aislado a 1.30 metros de altura, es designada como área basal del árbol o área de círculo, porque su cálculo resulta de la fórmula del círculo, aunque el área de la sección transversal de los árboles se desvía más o menos de la forma del círculo.

El área basal de un árbol o de un rodal es un componente para el cálculo del volumen. El área basal es un indicador dasométrico importante para definir el estado y la capacidad de rendimiento de un rodal.

El área basal del rodal se determina mediante forcipulación total o mediante la medición en parcelas de pruebas. El cálculo se realiza por la fórmula:

$$G = \frac{\Pi}{4} * n_i * d_i^2$$

G, Área basal del Rodal en m²

d_i; son las clases diamétricas

n_i; números de árboles en las respectivas clases diamétricas.

El área basal de cada clase diamétricas puede también ser leída en una tabla de área basal o calculada con una regla de cálculo.

La suma da lugar al área basal de conjuntos de árboles forcipulados. Mediante la desviación de esta área basal con el tamaño del área del rodal forcipulado se obtiene el área basal por hectárea.

$$G/ha = \frac{G}{A}$$

G/ha, Área basal/ha.

G, Área basal del Rodal en m²

A tiene que ser indicada en hectárea.

3.2.4. Determinación del área basal de un árbol

El área basal de un árbol se calcula partiendo del diámetro o de la circunferencia según las fórmulas.

$$g = \frac{\pi}{4} * d^2$$

$$g = \frac{c^2}{4\pi}$$

g, Área basal de un árbol.

$\frac{\pi}{4}$, Constante.

d, diámetro.

C, Circunferencia.

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$V = G * h + 3 * f$$

V: Volumen

G: área basal por hectárea

h: altura

f: coeficiente mórfico

$$Vc = G * hc + 3 * f$$

Vc: volumen comercial

G: área basal por hectárea

hc: altura comercial

f: coeficiente mórfico

3.2.5. Regeneración natural

Para evaluar la regeneración natural se levantaron cinco parcelas de 5 x 5 m (25 m²), en cada una de las parcelas de 500 m², empleándose la metodología de MINAG (1997) que divide la regeneración natural en diseminado (0-1,5 m) y brinzal desde (1,6 -5 m de altura) para cada una de las especies arbóreas investigadas.

Se determinó el número de individuo por hectárea (Ni/ha) para los dos extractos y el número de individuo para el área total (Ni/área total).

3.3. Análisis de los modelos de regresión de volumen para las masas

3.3.1. Selección del modelo

En el Anexo 1 se muestran los modelos probados para las tres especies investigadas.

Para el procesamiento matemático-estadístico de los resultados se empleó el paquete estadístico SPSS versión 15.0 mediante el cual se hizo un análisis de regresión del volumen real total con las variables correlacionadas, para el caso las masas

La precisión de la ecuación de volumen se comprobó mediante el error estándar de la estimación, el coeficiente de correlación y de determinación respectivamente y se hizo un análisis de las capacidades predictivas para definir el modelo de mejor ajuste en cada uno de los casos.

La selección de la ecuación de volumen se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Salas (2002), la cual consiste en las siguientes tres etapas:

a) *Cumplimiento de supuestos*. Se verificó el cumplimiento de los supuestos del análisis de regresión. La normalidad, homocedasticidad, e independencia serial de los residuales se verificó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov (Ostle, 1973), prueba de Levene (Ott y Longnecker, 2001), y test de Durbin y Watson (Canavos, 1988), respectivamente. La presencia de multicolinealidad entre las variables predictoras, fue evaluada mediante el factor de inflación de la varianza (*VIF*) (Maddala, 1996). Los modelos que no cumplieron con algunos de estos supuestos fueron eliminados de las siguientes etapas. La presencia de multicolinealidad se asumió para aquellas ecuaciones que presentaron *VIF* mayores a 10 para alguna de sus variables independientes (Kozak, 1997).

b) *Bondad de ajuste*. Se calculó el coeficiente de correlación *R*, coeficiente de determinación ajustado (R^2_{ajus}), el error estándar de la estimación (*S*) y la significancia estadística de los coeficientes de regresión ajustados mediante la prueba de *t*-student. Aquellos modelos que presentaron al menos un parámetro no significativamente distinto de cero fueron eliminados. Para comparar el error estándar de la estimación (comúnmente calculado en análisis de regresión) de ecuaciones con distintas variables dependientes, se calculó el índice de Furnival "*IF*" (Furnival, 1961). Este índice se obtiene maximizando la función de verosimilitud de cada modelo de volumen, en el espacio muestral de la variable dependiente *v*. La interpretación del *IF* es de carácter inverso a los de máxima verosimilitud, por lo tanto un valor grande indica ajuste pobre y viceversa (Furnival, 1961).

c) *Capacidades predictivas*. Fueron evaluadas en la totalidad de la muestra empleada para la validación de los modelos (validación independiente) las capacidades predictivas, con el fin de comparar los modelos. Los estadísticos empleados son la raíz del error cuadrático medio (RECM) y la diferencia agregada (DA) (Prodan *et al.*, 1997). Debido al sesgo que se produce al transformar los valores estimados de modelos logarítmicos ($\ln m^3$) a los valores aritméticos (m^3), se empleó (previo al cálculo del RECM y DA) la corrección propuesta por Baskerville (1972) para los modelos que emplean logaritmos en la variable respuesta.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Tamaño de la muestra

En las tablas 4.1 y 4.2 se observan los estadígrafos por cada estrato para el tamaño de la muestra, donde se demuestra que las 70 parcelas levantadas en el muestreo piloto resultaron ser representativas en el área de estudio (15820,4 ha), que resultó ser de 69 unidades de muestreo como se muestra a continuación.

Media estratificada

$$X_{\text{estr}} = 208.86 \text{ m}^3/0,05 \text{ ha}$$

Varianza estratificada

$$S^2 X_{\text{estr}} = 7543.71 \text{ m}^3/0,05 \text{ ha}$$

Intensidad de muestreo

$$f = 70/316408 = 0.00022123$$

$$1-f = 0.9997$$

Como $1-f$ es mayor que 0.98 la población se considera infinita

Tamaño de la muestra

$$t_{gl=69} = 1.995 \text{ por tanto}$$

$$n = 68.8 = 69$$

$$t_{2 \text{ gl}=68} = 1.995$$

$$n_2 = 68.8 = 69$$

Lo que significa que la muestra utilizada es representativa en la población total, luego procedemos a determinar el tamaño de la muestra por estrato

$$n_1 = 20.7 = 21$$

$$n_2 = 13.8 = 14$$

$$n_3 = 19.7 = 20$$

$$n_4 = 14.7 = 15$$

La varianza de la media estratificada es igual a $107,77 \text{ m}^3/0,05 \text{ ha}$ con esto se determinó el error estándar (10,38) y posteriormente con este el error de muestreo ($E_a = 20171$; $E_r = 9,91$), se trabajó con un límite de error del ($\pm 10 \%$), con esto se demuestra que los cálculos realizados están dentro del límite propuesto.

Tabla 4.1 Datos necesarios para el cálculo de la intensidad muestral en el muestreo estratificado

Estratos	nh	Nh	Ah	Wh	xh	S_x^2h	Sh
I	21	94922,4	4746,2	0,3	14,27	525,71	22,93
II	14	63281,6	3164,1	0,2	124,29	1118,68	33,45
III	20	90402,3	4520,1	0,2857	249	3009,47	54,86
IV	15	67801,7	3390	0,2143	506,69	29409,52	171,49
Total	70	316408	15820,4	1			

Tabla 4.2 Datos que faltan para determinar la intensidad de muestreo

Estratos	n h	Wh* Sh	Wh* S_x^2h	Wh* S_x^2h / N	Whxh	(Wh) ²	(Wh) ² * S^2h/nh
I	2 1	6,8785100 1	157,713	0,00049845	4,281	0,09	2,25304286
II	1 4	6,6893348	223,736	0,00070711	24,858	0,04	3,19622857
III	2 0	15,673112 5	859,80557 9	0,0027174	71,1393	0,081624	12,2823227
IV	1 5	36,750744 3	6302,4601 4	0,01991878	108,5836	0,045924	90,0411471
Total	7 0	65,99	7543,71	0,02	208,86	0,26	107,77

4.2. Comportamiento del grado de ocupación

En el trabajo de gabinete fueron realizados los cálculos de altura media en m, diámetro medio en cm., altura comercial, área basal, volumen total en m^3/ha que resultó ser de 156.2 para una volumen comercial de 117.9 y el número de árboles por ha es de 97 para la especie de *Calophyllum antillanum*. Para la *Andira Inermis* el volumen total en m^3/ha resultó ser 65.8, el volumen comercial es de 51.9 y el

numero de arboles es de 57. Para la especie *Carapa guianensis* el volumen total en m³/ha fue de 69.0, el volumen comercial por ha fue de 53.8 y el número de árboles por ha es de 54. Todos estos índices dasométricos se calcularon para diámetro mayor de 20 cm. Tabla 4.3 y 4.4 valores similares a estos obtuvieron Maresma *et al.* Citado por (FAO, 2002): Que realizaron un estudio dasométrico en tres localidades de la región de Baracoa: El Julián, los Guineos y Nibujón.

Tabla 4.3. Índice dasométricos total para las tres especies

Especies	D	Ht	Hc	G/ha	Vt/ha	Vc/ha	N/ha
Ca	25,2	17,37	11,535	19,612	156,195	117,988	97
Ai	23,1	12,8	8,563	11,352	65,843	51,981	57
Cg	38,7	18,2	12,131	10,908	69,016	53,840	54

Especies	D+ 20 cm	Ht+ 20cm	Hc+ 20cm	G/ha+ 20cm	Vt+ 20cm	Vc+ 20cm	N/ha + 20cm
Ca	33,1	19,7	13,2	8,170	76,364	54,730	56
Ai	42,07	17,9	11,9	10,014	75,193	58,211	22
Cg	41,5	19,1	12,7	9,955	69,701	50,720	24

Tabla 4.4. Índice dasométricos mayores de 20 cm para las tres especies

4.2.1. Grado de ocupación por clases diamétrica de las especies investigadas correspondientes al área de estudio

Como podemos apreciar en la tabla 4.5 la especie de mayor ocupación es el *Calophyllum antillanum* con un 46.6 % en 15820.4 hectáreas que corresponde al área total donde se levantaron las parcelas, por lo que esta especie debe ser la mas explotada en este área, con respecto a las demás especies, su aprovechamiento debe ser menos intensivo y realizar manejos especiales con las demás especies ya que su grado de ocupación es muy pobre.

Tabla 4.5. Valores promedios totales de los Índice dasométricos y grado de ocupación de las tres especies.

Especie	D	h	G/ha	N/ha	Vm ³ /ha	N%
Ca	25,166211 1	17,303667 2	19,612191 1	97	156,19498 8	46,6
Ai	23,070129 9	12,844155 8	11.35	57	65,843166	27,4
Cg	38,645833 3	18,196759 3	10,908151 6	54	69,016265 9	26,0

En la Tabla 4.6 se muestra la cantidad de árboles por ha por clase diamétrica y total en todo el área para cada una de las especies investigadas.

Tabla 4.6. Clases diamétricas y frecuencias de las especies *Carapa guianensis*, *Andira*

CD	Rango	N/ha Ca	N/ha Ai	N/ha Cg	CD	Rango	N/ha Ca	N/ha Ai	N/ha Cg
2	1,1 - 3	1,4	0,6	0,0	42	41,1 - 43	1,7	0,3	0,3
4	3,1 - 5	3,4	1,1	0,9	44	43,1 - 45	0,6	0,6	1,1
6	5,1 - 7	9,7	5,7	3,4	46	45,1 - 47	0,9	0,3	0,3
8	7,1 - 9	3,4	6,0	5,4	48	47,1 - 49	0,6	0,3	0,6
10	9,1 - 11	4,9	7,1	5,1	50	49,1 - 51	0,6	0,3	0,0
12	11,1 - 13	3,7	3,7	6,0	52	51,1 - 53	0,6	0,3	0,0
14	13,1 - 15	4,0	6,0	3,4	54	53,1 - 55	0,0	0,0	0,3
16	15,1 - 17	4,6	2,6	2,9	56	55,1 - 57	0,3	0,3	0,0
18	17,1 - 19	4,0	2,3	3,4	58	57,1 - 59	0,3	0,3	0,0
20	19,1 - 21	8,6	6,0	2,9	60	59,1 - 61	0,9	0,0	0,0
22	21,1 - 23	4,3	0,6	1,4	62	61,1 - 63	0,6	0,0	0,0
24	23,1 - 25	8,3	4,0	2,0	64	63,1 - 65	0,0	0,0	0,3
26	25,1 - 27	5,7	1,7	2,0	66	65,1 - 67	0,0	0,0	0,0
28	27,1 - 29	4,3	2,6	1,4	68	67,1 - 69	0,0	0,0	0,0
30	29,1 - 31	5,1	1,1	2,9	70	69,1 - 71	0,9	0,3	0,0
32	31,1 - 33	2,6	0,6	1,7	72	71,1 - 73	0,3	0,0	0,0
34	33,1 - 35	3,1	0,9	1,7	74	73,1 - 75	0,6	0,0	0,0
36	35,1 - 37	2,6	0,9	1,1	76	75,1 - 77	0,0	0,0	0,0
38	37,1 - 39	1,7	0,3	2,0	78	77,1 - 79	0,0	0,0	0,0
40	39,1 - 41	2,6	0,3	1,4	80	79,1 - 81	0,9	0,3	0,3
						Total	97	57	54

inermis y *Calophyllum antillanum*.

En la Figura 1, 2 y 3. Se muestran la Frecuencia de los árboles por clase diamétricas de *Calophyllum antillanum*, *Andira inermis* y *Carapa guianensis*, observándose que a medida que aumenten las clases diamétricas disminuyen las frecuencias de árboles para las tres especies, estos resultados coinciden por lo planteado por Pardé y Bouchon (1994) que plantean que para bosques tropicales irregulares la curva debe tomar la forma de jota invertida.

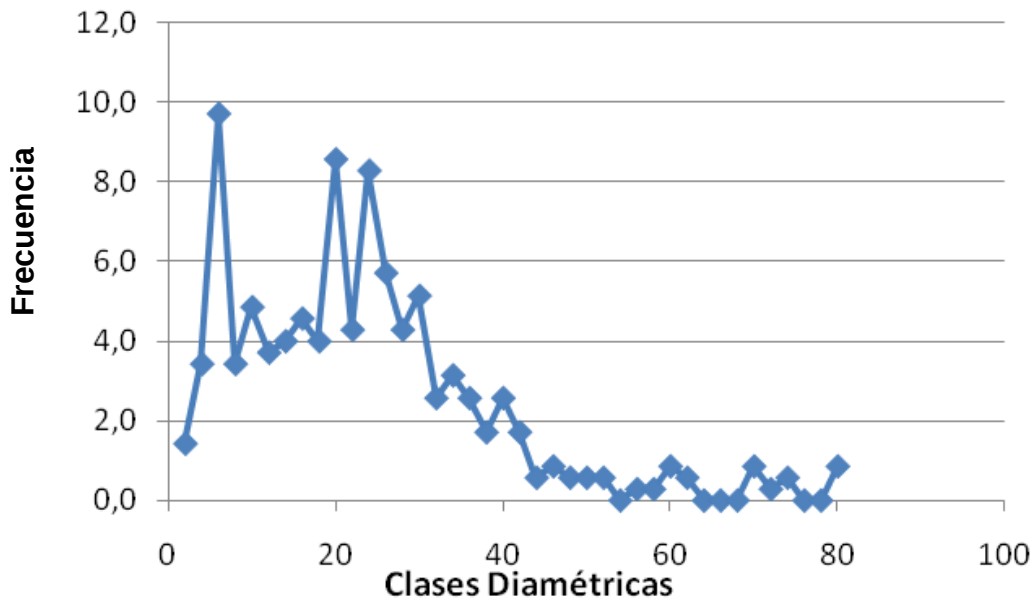
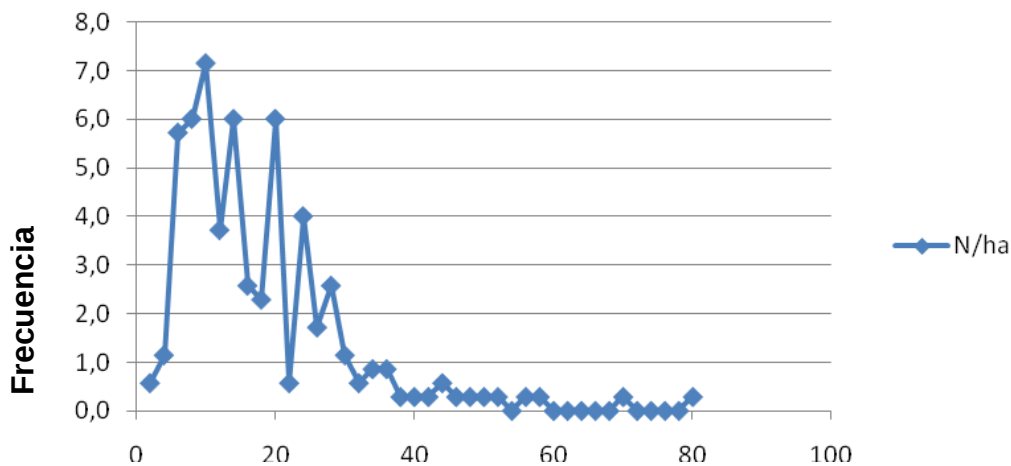


Figura 1 Frecuencias por clase diamétricas del *Calophyllum antillanum*



Clase diamétrica

Figura 2. Frecuencias por clase diamétricas de la *Andira inermis*

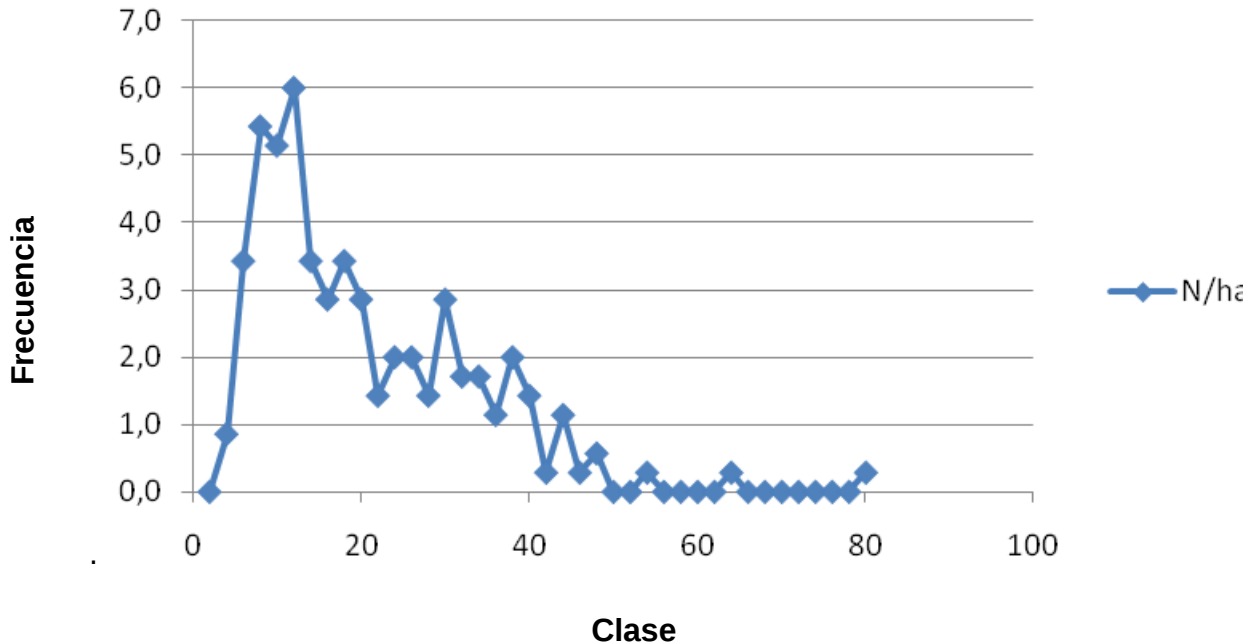


Fig. 3 Frecuencias por clase diamétricas de la *Carapa guianensis*

4.3. Comportamiento de la regeneración natural

La Tabla 4.7 muestra los valores de regeneración natural de las tres especies encontradas en el área total donde se realizó el inventario correspondiente a 15820.4 hectáreas, como podemos apreciar la especie que mayor regeneración natural presenta es *Calophyllum antillanum* con 3161,1 individuos por hectáreas en el estado diseminado y 1064,9 individuos por hectáreas en el estado de brinzal, esta especie es también la de mayor ocupación en el estrato arbóreo, se puede deducir para las tres especies que a medida que aumentas los estados de las especies disminuyen el número de individuo, para las especies *Andira inermis* y *Carapa guianensis* se corrobora lo planteado por (Machado, 2002, citado por Lores, 2005). Que plantea que aparecen 416 individuos por hectáreas. Este valor se considera bajo, si se tiene en cuenta la presencia de otras especies sin valor económico (matorrales) en el estrato inferior de este bosque. Sin embargo, con un manejo

correcto se puede garantizar la perpetuidad el bosque con una composición adecuada de especies comerciales. Y Según Álvarez y Varona (1988) plantean que la regeneración natural es una de las problemáticas que presentan los bosques latifolios tropicales que a veces se desarrolla bien pero con alto predominio de las especies de poco valor económico.

Es recomendable dejar que el bosque se regenere por su propia fuerza para aprovechar las ventajas de las masas regeneradas por esta vía, que es la única posible cuando no existen recursos para intensificar la producción forestal en determinadas condiciones geográficas y socioeconómicas.

Tabla 4.7 Regeneración natural diseminado y brinzal por especie en el área de estudio.

Superficie/ha	Especie	Ni/ha Diseminado	Ni/ha Brinzal	Ni/área total Diseminado	Ni/área total Brinzal
15820.4	Ca	3161,1	1064,9	50010544,5	16846465,9
15820.4	Ai	580,6	231,7	9184872,23	3665812,69
15820.4	Cg	462,0	483,4	7309024,8	7648033,37

4.4. Propuesta de los modelos de regresión de volumen para las masas de las especies investigadas

4.4.1. modelos de regresión de volumen para las masas de las especie *Calophyllum antillanum*

Como podemos apreciar en las tablas 4.8 y 4.9 se muestra la Correlación de variables para las parcelas de *Calophyllum antillanum* con volumen real total (vrt/ha) y volumen real comercial total (vrc/ha) por hectáreas como variable dependiente con respecto a las variables independientes altura total (Ht), altura comercial (Hc), diámetro a 1.30 cm del suelo (D), área basal total por hectárea (G/ha), número de árboles total por hectáreas (N/ha) y la altura dominante (Hdom). Como se observa

existe correlación con todas las variables en ambos casos, pero la mayor correlación se muestra con el área basal y el diámetro respectivamente. En el Anexo 2 se muestran los modelos que resultaron ajustados para *Calophyllum antillanum* según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con vrt y vct como variables dependientes respectivamente

Tabla 4.8 Correlación de variables para las parcelas de *Calophyllum antillanum* con vrt/ha como variable dependiente.

		Vt/ha	Hc	G/ha	Ht	N/ha	H dom	D
Vrt/ha	Correlación de Pearson	1	.569(**)	.967(**)	.569(**)	.419(**)	.476(**)	.693(**)
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.003	.001	.000
	N	49	49	49	49	49	49	49
Hc	Correlación de Pearson	.569(**)	1	.420(**)	1.000(**)	-.156	.482(**)	.740(**)
	Sig. (bilateral)	.000		.003	.000	.284	.000	.000
	N	49	49	49	49	49	49	49
G/ha	Correlación de Pearson	.967(**)	.420(**)	1	.420(**)	.581(**)	.369(**)	.553(**)
	Sig. (bilateral)	.000	.003		.003	.000	.009	.000
	N	49	49	49	49	49	49	49
Ht	Correlación de Pearson	.569(**)	1.000(**)	.420(**)	1	-.156	.482(**)	.740(**)
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.003		.284	.000	.000
	N	49	49	49	49	49	49	49
N/ha	Correlación de Pearson	.419(**)	-.156	.581(**)	-.156	1	.047	-.204
	Sig. (bilateral)	.003	.284	.000	.284		.746	.159
	N	49	49	49	49	49	49	49
H dom	Correlación de Pearson	.476(**)	.482(**)	.369(**)	.482(**)	.047	1	.340(*)
	Sig. (bilateral)	.001	.000	.009	.000	.746		.017
	N	49	49	49	49	49	49	49
D	Correlación de Pearson	.693(**)	.740(**)	.553(**)	.740(**)	-.204	.340(*)	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.159	.017	
	N	49	49	49	49	49	49	49

Tabla 4.9 Correlación de variables para las parcelas de *Calophyllum antillanum* con vrc/ha como variable dependiente.

		Vc/ha	Ht	Hc	D	G/ha	N/ha	H dom
Vrc/ha	Correlación de Pearson	1	.538(**)	.538(**)	.664(**)	.980(**)	.458(**)	.456(**)
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.001	.001
	N	49	49	49	49	49	49	49
Ht	Correlación de Pearson	.538(**)	1	1.000(**)	.740(**)	.420(**)	-.156	.482(**)
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.000	.003	.284	.000
	N	49	49	49	49	49	49	49
Hc	Correlación de Pearson	.538(**)	1.000(**)	1	.740(**)	.420(**)	-.156	.482(**)
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.000	.003	.284	.000
	N	49	49	49	49	49	49	49
D	Correlación de Pearson	.664(**)	.740(**)	.740(**)	1	.553(**)	-.204	.340(*)
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000		.000	.159	.017
	N	49	49	49	49	49	49	49
G/ha	Correlación de Pearson	.980(**)	.420(**)	.420(**)	.553(**)	1	.581(**)	.369(**)
	Sig. (bilateral)	.000	.003	.003	.000		.000	.009
	N	49	49	49	49	49	49	49
N/ha	Correlación de Pearson	.458(**)	-.156	-.156	-.204	.581(**)	1	.047
	Sig. (bilateral)	.001	.284	.284	.159	.000		.746
	N	49	49	49	49	49	49	49
H dom	Correlación de Pearson	.456(**)	.482(**)	.482(**)	.340(*)	.369(**)	.047	1
	Sig. (bilateral)	.001	.000	.000	.017	.009	.746	
	N	49	49	49	49	49	49	49

4.4.2. Modelos de regresión de volumen para las masas de las especie *Andira inermis*

Las tablas 4.10 y 4.11 muestran la Correlación de variables para las parcelas de *Andira inermis* con volumen real total (vrt/ha) y volumen comercial total por hectáreas como variable dependiente con respecto a las variables independientes altura total (Ht), altura comercial (Hc), diámetro a 1.30 cm del suelo (D), área basal

total por hectárea (G/ha), número de árboles total por hectáreas (N/ha) y la altura dominante (Hdom). Como se observa existe correlación con solo con las variables, área basal, diámetro y número de árboles por hectáreas en ambos casos, pero la mayor correlación se muestra con el área basal y el diámetro respectivamente. En el Anexo 3 se muestran los Modelos que resultaron ajustados para *Andira inermis* según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con vrt y vct como variables dependientes respectivamente

Tabla 4.10 Correlación de variables para las parcelas de *Andira inermis* con vrt/ha como variable dependiente.

		Vt/ha	G/ha	D	Ht	Hc	N/ha	Hdom
Vrt/ha	Correlación de Pearson	1	.991(**)	.528(**)	.284	.284	.483(**)	.015
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.076	.076	.002	.929
	N	40	40	40	40	40	40	40
G/ha	Correlación de Pearson	.991(**)	1	.493(**)	.215	.215	.553(**)	-.017
	Sig. (bilateral)	.000		.001	.183	.183	.000	.915
	N	40	40	40	40	40	40	40
D	Correlación de Pearson	.528(**)	.493(**)	1	.650(**)	.650(**)	-.094	-.224
	Sig. (bilateral)	.000	.001		.000	.000	.563	.165
	N	40	40	40	40	40	40	40
Ht	Correlación de Pearson	.284	.215	.650(**)	1	1.000(**)	-.132	.131
	Sig. (bilateral)	.076	.183	.000		.000	.417	.419
	N	40	40	40	40	40	40	40
Hc	Correlación de Pearson	.284	.215	.650(**)	1.000(**)	1	-.132	.131
	Sig. (bilateral)	.076	.183	.000	.000		.417	.419
	N	40	40	40	40	40	40	40
N/ha	Correlación de Pearson	.483(**)	.553(**)	-.094	-.132	-.132	1	-.013
	Sig. (bilateral)	.002	.000	.563	.417	.417		.938
	N	40	40	40	40	40	40	40
Hdom	Correlación de Pearson	.015	-.017	-.224	.131	.131	-.013	1
	Sig. (bilateral)	.929	.915	.165	.419	.419	.938	
	N	40	40	40	40	40	40	40

Tabla 4.11 Correlación de variables para las parcelas de *Andira inermis* con vrc/ha como variable dependiente.

		Vc/ha	G/ha	D	Ht	Hc	N/ha	Hdom
Vrc/ha	Correlación de Pearson	1	.991(**)	.526(**)	.279	.279	.482(**)	.017
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.082	.082	.002	.918
	N	40	40	40	40	40	40	40
G/ha	Correlación de Pearson	.991(**)	1	.493(**)	.215	.215	.553(**)	-.017
	Sig. (bilateral)	.000		.001	.183	.183	.000	.915
	N	40	40	40	40	40	40	40
D	Correlación de Pearson	.526(**)	.493(**)	1	.650(**)	.650(**)	-.094	-.224
	Sig. (bilateral)	.000	.001		.000	.000	.563	.165
	N	40	40	40	40	40	40	40
Ht	Correlación de Pearson	.279	.215	.650(**)	1	1.000(**)	-.132	.131
	Sig. (bilateral)	.082	.183	.000		.000	.417	.419
	N	40	40	40	40	40	40	40
Hc	Correlación de Pearson	.279	.215	.650(**)	1.000(**)	1	-.132	.131
	Sig. (bilateral)	.082	.183	.000	.000		.417	.419
	N	40	40	40	40	40	40	40
N/ha	Correlación de Pearson	.482(**)	.553(**)	-.094	-.132	-.132	1	-.013
	Sig. (bilateral)	.002	.000	.563	.417	.417		.938
	N	40	40	40	40	40	40	40
Hdom	Correlación de Pearson	.017	-.017	-.224	.131	.131	-.013	1
	Sig. (bilateral)	.918	.915	.165	.419	.419	.938	
	N	40	40	40	40	40	40	40

4.4.3. modelos de regresión de volumen para las masas de las especie *Carapa guianensis*

Las Tablas 4.12 y 4.13 muestran la Correlación de variables para las parcelas de *Andira inermis* con volumen real total (vrt/ha) y volumen comercial total por hectáreas como variable dependiente con respecto a las variables independientes altura total (Ht), altura comercial (Hc), diámetro a 1.30 cm del suelo (D), área basal

total por hectárea (G/ha), número de árboles total por hectáreas (N/ha) y la altura dominante (Hdom). Como se observa existe correlación con solo con las variables, área basal y número de árboles por hectáreas en ambos casos, pero la mayor correlación se muestra con el área basal y. En el Anexo 4 se muestran los Modelos que resultaron ajustados para *Andira inermis* según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con vrt y vct como variables dependientes respectivamente

Tabla 4.12 Correlación de variables para las parcelas de *Carapa guianensis* cn vrt/ha como variable dependiente.

		Vt/ha	G/ha	D	Hc	Ht	N/ha	Hdom
Vrt/ha	Correlación de Pearson	1	.951(**)	.258	.269	.269	.638(**)	.187
	Sig. (bilateral)		.000	.234	.215	.215	.001	.392
	N	23	23	23	23	23	23	23
G/ha	Correlación de Pearson	.951(**)	1	.084	.021	.021	.798(**)	.006
	Sig. (bilateral)	.000		.703	.924	.924	.000	.979
	N	23	23	23	23	23	23	23
D	Correlación de Pearson	.258	.084	1	.582(**)	.582(**)	-.396	-.009
	Sig. (bilateral)	.234	.703		.004	.004	.062	.966
	N	23	23	23	23	23	23	23
Hc	Correlación de Pearson	.269	.021	.582(**)	1	1.000(**)	-.303	.618(**)
	Sig. (bilateral)	.215	.924	.004		.000	.159	.002
	N	23	23	23	23	23	23	23
Ht	Correlación de Pearson	.269	.021	.582(**)	1.000(**)	1	-.303	.618(**)
	Sig. (bilateral)	.215	.924	.004	.000		.159	.002
	N	23	23	23	23	23	23	23
N/ha	Correlación de Pearson	.638(**)	.798(**)	-.396	-.303	-.303	1	-.089
	Sig. (bilateral)	.001	.000	.062	.159	.159		.687
	N	23	23	23	23	23	23	23
Hdom	Correlación de Pearson	.187	.006	-.009	.618(**)	.618(**)	-.089	1
	Sig. (bilateral)	.392	.979	.966	.002	.002	.687	
	N	23	23	23	23	23	23	23

Tabla 4.13 Correlación de variables para las parcelas de *Carapa guianensis* con vrc/ha como variable dependiente.

		Vc/ha	Hdom	G/ha	N/ha	Hc	Ht	D
Vrc/ha	Correlación de Pearson	1	.153	.971(**)	.686(**)	.209	.209	.203
	Sig. (bilateral)		.486	.000	.000	.338	.338	.352
	N	23	23	23	23	23	23	23
Hdom	Correlación de Pearson	.153	1	.006	-.089	.618(**)	.618(**)	-.009
	Sig. (bilateral)	.486		.979	.687	.002	.002	.966
	N	23	23	23	23	23	23	23
G/ha	Correlación de Pearson	.971(**)	.006	1	.798(**)	.021	.021	.084
	Sig. (bilateral)	.000	.979		.000	.924	.924	.703
	N	23	23	23	23	23	23	23
N/ha	Correlación de Pearson	.686(**)	-.089	.798(**)	1	-.303	-.303	-.396
	Sig. (bilateral)	.000	.687	.000		.159	.159	.062
	N	23	23	23	23	23	23	23
Hc	Correlación de Pearson	.209	.618(**)	.021	-.303	1	1.000(**)	.582(**)
	Sig. (bilateral)	.338	.002	.924	.159		.000	.004
	N	23	23	23	23	23	23	23
Ht	Correlación de Pearson	.209	.618(**)	.021	-.303	1.000(**)	1	.582(**)
	Sig. (bilateral)	.338	.002	.924	.159	.000		.004
	N	23	23	23	23	23	23	23
D	Correlación de Pearson	.203	-.009	.084	-.396	.582(**)	.582(**)	1
	Sig. (bilateral)	.352	.966	.703	.062	.004	.004	
	N	23	23	23	23	23	23	23

Como podemos observar la tabla 4.14 y 4.15 muestran los mejores modelos por cada especie y las mejores ecuaciones según el análisis de la bondad y la capacidad predecitiva para el volumen real total y el volumen comercial total donde podemos apreciar que el mejor modelo de regresión de volumen para las masas de la especie de *Andira inermis* para el Vrt es:

$$\log v = b_0 + b_1 \log(G^2 * H_{med})$$

Y de las demás especies tanto para el Vrt como para el Vct es:

$$\log v = b_0 + b_1 \log G + b_2 \log H_{med}$$

Tabla 4.14 Mejor Modelo por cada especie según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con el volumen real total como variable dependiente.

Especie	Ecuación	R	R ²	Sx	RECM	DA
<i>Calophyllum antillanum</i>	$\log v = -0.163 + 0.997 \log(G) + 0.761 \log(H_{med})$	1.00	1.00	.0237	.0232	.001
<i>Andira inermis</i>	$\log v = 0.478 + 0.508 \log(G^2 * H_{med})$.999	.998	.0554	.0546	.003
<i>Carapa guianensis</i>	$\log v = -0.165 + 0.992 \log G + 0.729 \log H_{med}$	1.00	.999	.0419	.0399	.002

Tabla 4.15. Mejor Modelo por cada especie según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con el volumen comercial total como variable dependiente

Especie	Ecuación	R	R ²	Sx	RECM	DA
<i>Calophyllum antillanum</i>	$\log v = -0.180 + 1.001 \log G + 0.660_2 \log H_{med}$	1.00	1.00	.0256	.0250	.001
<i>Andira inermis</i>	$\log v = -0.278 + 1.003 \log G + 0.699 \log H_{med}$	1.00	1.00	.0154	.0151	.000
<i>Carapa guianensis</i>	$\log v = -0.196 + 1.007 \log G + 0.628 \log H_{med}$	1.00	.999	.0340	.0325	.001

4.5. Valoración económica

Tabla 4.16. Gastos en pesos por hectáreas de las labores hasta que se establece una plantación después del aprovechamiento para tala raza y tala selectiva.

indicadores	UM	Gasto de la tala raza	Gasto de las talas selectivas	Diferencias de gastos
valores	\$/ha	2716,73	1269,10	1447.63

Como podemos apreciar en la tabla 4.16 el gasto por concepto de tala raza es de 2716,73 \$/ha desde que se tala el bosque hasta que se establece la plantación, podemos darnos cuenta que el gasto de la tala selectiva que es el tipo de tala que se aplica en nuestra área de estudio, es de 1269,10 \$/ha por concepto de enriquecimiento, tratamientos silviculturales y manejos especiales para estimular la regeneración natural, como podemos ver entre estos dos tipos de tala la diferencia de gasto es de 1447,63 \$/ha por lo que el gasto por concepto de tala selectiva es menor, de aquí la importancia de conocer el grado de ocupación de las especies, además de conocer el volumen de madera de valor económico que nos queda en el área (Tabla 4.16).

4.6. Vinculación para la defensa

En sentido general los bosques pluvisilvas de montaña juegan un papel muy importante para la defensa ya sea en situaciones excepcionales, como es en estado de guerra o guerra. Los árboles forestales de este estudio están formando parte del bosque, son de gran importancia para mejorar la forma de desplazarse en el terreno y por las características que presentan las mismas en el ecosistema, para el enmascaramiento de tropas que estén designadas para cumplir misión dentro del área, también existen diferentes especies de frutales que juegan un papel principal para la alimentación de las tropas que están vinculadas a esta zona. También la madera dura sirve para ser cajas para armamentos y para muebles de armas.

Conclusiones

1. La especie que mayor grado de ocupación tiene es el *Callophyllum antillanum* con un 46,6 %.
2. La especie que mayor regeneración natural presenta es *Callophyllum antillanum* con un 3161,1 individuos por hectáreas en el estado diseminado y 1064,9 individuos por hectáreas en el estado de brinzal.
3. El mejor modelo de regresión de volumen para las masas de la especie de *Andira inermis* para el Vrt es: $\log v = b_0 + b_1 \log(G^2 * H_{med})$ Y de las demás especies tanto para el Vrt como para el Vct es:

$$\log v = b_0 + b_1 \log G + b_2 \log H_{med}$$

Recomendaciones

1. Realizar estos estudios más frecuentes en estos tipos de bosques para darle así un enriquecimiento amplio a la regeneración natural de dicha especie de estudio.
2. Proteger las especies *Carapa guianensis* , *Andira inermis* para garantizar la regeneración natural de ambas, ya que su grado de ocupación es muy bajo.
3. Seguir estos estudios para otras especies de alto valor económico.

BIBLIOGRAFÍAS:

- Aldana, E. (1983): Contribución para el Inventario Forestal en Cuba, basado en un ejemplo en la Unidad de Manejo Cajalbana. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias forestales. 222 pags.
- Alvarez P. A. Y J. C. Varona (1988): Silvicultura. Pueblo y Educación. Combinado “Juan Marinello” 354 p.
- Aldana, E. (2004) Ordenación de montes. Pueblo y Educación. Combinado “Juan Marinello” 344 p
- Baskerville, G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. Canadian Journal of Forest Research 2: 49-53.
- Bitterlich w., 1948, the relascop idea: relative measurements in forestry. Commonwealth Agricultural Bureax (Great Britain). 242 pp.
- Bisse, J (1988): Arboles de Cuba editorial científico – técnico 1988 Ciudad de la Habana 384 Pg.
- Burkhart, H. E.; Strub, M. R. (1974): A Model for Simulation of Planted Loblolly Pine Stands. IUFRO, Working Party S. 4.01: 47 p.
- Betancourt Figueras, A. (2005): “Silvicultura especial de árboles maderables tropicales”. Editorial Científico – Técnico. Ciudad Habana
- Carron, L. T. (1974): An Outline of Forest Mensuration with Special Reference to Australia. National University, Press Camberra. 224 p.
- Cunia, T. (1990): Main Objectives and Basic Characteristics of National Forest Inventories. Proceedings IUFRO S.5.4.02 and 5.6.04, Switzerland. 23 –27.
- Caballero M. (1976): Tablas y tarifas de volúmenes. Subsecretaría Forestal y de la fauna. Dirección general del inventario nacional forestal. México. DF. INF N 7 55p.
- Canavos, G. 1988. Probabilidad y Estadística; Aplicaciones y Métodos. Trad. por E. Urbina. Editorial McGraw-Hill. Primera Edición. México D.F., México. 651 p.

- Cox, F. (1985): Inventarios para el manejo de plantaciones. Actas del IX Congreso Forestal Mundial, México. 18 p
- Decourt, N. (1973): Méthode utilisée pour la construction rapide des tables de production Provisoires en France. Annales des sciences forestier, V 29 N 1, 35-48 pp.
- Freese, F. (1962): Elementary Forest Sampling. U.S. Department of Agriculture. (Handbook No. 232): 91 p.
- F.A.O. (1981): El Desafío de la Ordenación Forestal sostenible. Perspectivas de la Silvicultura mundial. Roma. Italia. 10 p.
- F.A.O. (1993): Evaluación de los recursos forestales. Revista Unasyuva. Roma. Italia. 174(44): 60 p.
- FAO (2002): Evaluación de los recursos forestales 2000. Capítulo 2 Volumen de madera y biomasa leñosa, Informe principal. Ediciones FAO, Roma, Italia, 468 p.
- Furnival, G. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. Forest Science 7 (4): 337-341.
- Gaillard de Benítez, C. y Ríos, M. (1993): Coeficiente de variación en función del tamaño de la parcela en una plantación experimental de *Eucaliptus tereticornis*. U. N. de Santiago del Estero. Argentina. Revista Quebracho (1): 37 – 43.
- Gómez, M. (1998): Elementos de Estadística Descriptiva. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 372 p.
- GROSENBAUCH L. R. 1949. Pint-sampling and line-sampling: probability theory, geometric implications synthesis. U.S.F.S. Southern For. Exp. Sta. Occ., (Paper No.160).
- Herrero, J. A. (2004): Criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible. Publicación del sector forestal del Ministerio de la Agricultura. Vol. 1(1): 10 – 13.
- Husch, B.; C. I. Miller and T.W. Beers (1982): Forest mensuration. Third Edition. John Wiley and sons 402 p.
- Kozak, A. 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable-exponent taper equations. Canadian Journal of Forest Research 27: 619-629.

- Krebs, J. C. (1999): *Ecological Methodology*. Second Edition. University of British Columbia. 620 p.
- Lamprecht, H. (1993): *Silviculture in the Tropical Natural Forests*. En: *Tropical Forestry Handbook*, Tomo I. Springer – Verlag. Berlín.
- Lanly, P. J (1976): *Inventario en bosques tropicales húmedos para las decisiones de inventario industrial*. *Revista Unasyuva*. Volumen. 28 (112- 113): 42 – 51.
- Loetsch, F.; Zöhner, F. & Haller, K.E. (1973): *Forest Inventory*. 2 ed., Munich. BLV Verlagsgesellschaft. 469 p. Vol.II.
- Lores, Y. (2005): *Trabajo de Diploma, Proyecto de manejo integral de la unidad de manejo “Las Cañas” de la U/S Guanés EFI Macurije*, 37p.
- Lund, G. H. (1992): *A primer on Permanent Plots Forest Monitoring Natural Resources*. USDA. Forest Service. Washintong, DC.10p.
- Malleux, O. J. (1982): *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Lima, U.N.A., 440 p
- Maddala, G. 1996. *Introducción a la Econometría*. Trad. por J. Jolly. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. Segunda Edición. México D.F., México. 715 p.
- Mas, P. J. y Mora, P. E. (1991): *Manual para el establecimiento, medición y análisis de sitios permanentes de experimentación silvícola de coníferas*. Centro de Investigaciones Forestales de Michoacán, México. 64 p.
- Machado G (2002). *Diseño de inventario continuo en montes pluvisilvas de la EFI Baracoa, Provincia Guantánamo*. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 2002 102 P.
- Medina, R. (1983): *Delimitación de los sitios circulares de muestreo en inventarios forestales*. *Revista Ciencia Forestal de México*. Vol. 8(43): 3 – 23. 36.
- Nyssönen, A. (1976): *Diseños de inventarios*. *Actas del Curso FAO/ Finlandia de entrenamiento en inventario forestal*. FAO, Roma. 452 p.
- Ott, R.L. and M. Longnecker. 2001. *An introduction to statistical methods and data analysis*. Fifth Edition. Duxbury. Pacific Grove, USA. 1152 p.
- Ostle, B. 1973. *Estadística Aplicada; Técnicas de la Estadística Moderna, Cuando y Donde aplicarlas*. Trad. por D. De La Serna. Editorial Limusa - Wiley S.A. Tercera Reimpresión. México D.F., México. 629 p.

- **Oliver, C.D.** 1992. A landscape approach: achieving and maintaining biodiversity and economic productivity. *J. Forest.*, 90:20-25.
- Olvera, M.; Moreno, S. y Figueroa, R. (1996): Sitios permanentes para la investigación silvícola. Universidad de Guadalajara, México. 57 p.
- Pardé, J. y Bouchon, J. (1994): Dasometría. 2da Reimpresión. Versión Española. Editorial Paraninfo. Madrid.
- Periódico Granma, martes 22 de agosto de 2006, Artículo publicado por; Haydée León y Jorge Luis Merencio
- **Pelz, D.R.** 1995. Non-timber variables in forest inventories. *The Monte Verità Conference on Forest Survey designs. "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources*, p. 103-109. Birmensdorf, Suiza, Instituto Federal Suizo de Bosques, Nieve e Investigación Paisajística.
- Pellico, S. y Brena, A.D. (1997). Inventario Forestal. Datos Internacionais de cámara brasileira do libro, Volumen I. Curitiba, Brasil. 316p.
- Prieto, A. y Hernando 1995 Propuesta de un método de Ordenación eficiente para bosques mixtos tropicales. 17 pg.
- Prodan, M. (1965): Mensura Forestal (Una versión en español realizada por Manuel López Quero y Antonio Prieto Rodríguez).
- Rondeux, J. (1996): Ressources naturelles et inventaires intégrés: la logique du possible. Cah. For. Gembloux. Gembloux, Bélgica. No. (12):18 p.
- Samek, (1974): Elementos de silvicultura de los pinares. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Biología. Universidad de la Habana 102 p.
- Salas, C. 2002. Ajuste y validación de ecuaciones de volumen para un relicto del bosque de Roble-Laurel-Lingue. *Bosque* 23(2): 81-92.
- Salleh, M. N. y F.S. P. Ng. (1995): Investigación para lograr una ordenación forestal sostenible. En: Estudio FAO. Montse, No. 122. Roma, Italia. 201–209.
- Stage., (1997). Sapinières. París: Les Presses universitaires de France. 100 pp.
- Sosa, E. (1981): Inventarios Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México. *Revista Ciencia Forestal*. Vol. 31(6): 18 - 41.

- Thren, M. (1993): Dasimetría. Serie Técnica Forestal. Proyecto UNSE/GTZ. Universidad Nacional de Santiago de Estero. Argentina. Vol.(I): 182 p.
- Thren, M.; Frield, A. y Wabo, E. (1994): Inventario Forestal Nacional de Argentina. Informe del Proyecto FAO GCP/INT/540/ITA. Gottingen, 47 p
- Wadsworth, F. H. (1997): Forest Production for Tropical America. Department of Agriculture, USDA. United States. 563 p.
- Weck. (1996): Estadística aplicada para la Empresa y para la Economía. Segunda edición 800-821 pp.
- Zöhner, F. (1980): Forstinventur – ein leitfaden für studium und praxis. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin. 207 p.

Anexo 1: Modelos probados para las especies en la masa

N	Modelo
1	$V=b_0+b_1G$
2	$V=b_0+b_1G^2$
3	$V=b_0+b_1(G*N)$
4	$V=b_0+b_1(G*H_{med})$
5	$V=b_0+b_1(G*H_{dom})$
6	$V=b_0+b_1(G^2*H_{dom})$
7	$V=b_0+b_1G+b_2G^2$
8	$V=b_0+b_1GH_{med}+b_2(GH_{med})^2$
9	$V=b_0+b_1G+b_2H_{med}+b_3(G*H_{med})$
10	$V=b_0+b_1G+b_2H_{dom}+b_3(G*H_{dom})$
11	$V=b_0+b_1N$
12	$V=b_0+b_1(N*H_{med})$
13	$V=b_0+b_1D_{med}$
14	$V=b_0+b_1(D_{med})^2$
15	$V=b_0+b_1((D_{med})^2*H_{med})$
16	$\log v=b_0+b_1 \log G$
17	$\log v=b_0+b_1 \log G^2$
18	$\log v=b_0+b_1 \log (G*N)$
19	$\log v=b_0+b_1 \log (G^2*N)$
20	$\log v=b_0+b_1 \log (G^2*H_{med})$
21	$\log v=b_0+b_1 \log (G^2*H_{dom})$
22	$\log v=b_0+b_1 \log (G*H_{med})$
23	$\log v=b_0+b_1 \log (G*H_{dom})$
24	$\log v=b_0+b_1 \log ((D_{med})^2*H_{med})$
25	$\log v=b_0+b_1 \log (N*D_{med})$
26	$\log v=b_0+b_1 \log G+b_2 \log H_{med}$

Anexo.2. Modelos que resultaron ajustados para *Andira inermis* según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con vrt y vrc como variables

Modelos	R	R ²	R ² corregida	Sx	RECM	DA
2 vt	.885(a)	.784	.779	30.780348	30.4580325	927.692
3 vt	.654(a)	.427	.415	50.093660	49.5691046	2457.09
4 vt	.999(a)	.998	.998	2.6002969	2.57306796	6.621
6 vt	.915(a)	.837	.834	26.709588	26.4298987	698.540
9 vt	1.000(a)	1.000	1.000	.60004361	.58098973	.338
13 vt	.693(a)	.481	.470	47.693612	47.1941887	2227.29
14 vt	.674(a)	.454	.442	48.907339	48.3952070	2342.09
15 vt	.667(a)	.444	.432	49.338742	48.8220925	2383.59
16 vt	.990(a)	.981	.980	.18116	.17925995	.032
17 vt	.990(a)	.981	.980	.18116	.17925995	.032
20 vt	.999(a)	.998	.998	.06239	.06173986	.004
21 vt	.991(a)	.983	.982	.17260	.17079673	.029
22 vt	.999(a)	.998	.998	.05409	.05351945	.003
23 vt	.988(a)	.977	.976	.19891	.19682675	.039
24 vt	.703(a)	.494	.483	.92921	.91948358	.845
25 vt	.826(a)	.682	.675	.73677	.72905357	.532
26 vt	1.000(a)	1.000	1.000	.02370	.02320535	.001
2 vc	.907(a)	.823	.819	20.264209	20.0520125	402.083
3 vc	.696(a)	.484	.473	34.553155	34.1913324	1169.04
6 vc	.930(a)	.866	.863	17.631682	17.4470527	304.400
14 vc	.641(a)	.411	.398	36.921502	36.5348787	1334.79
15 vc	.631(a)	.399	.386	37.305932	36.9152838	1362.73
16 vc	.992(a)	.985	.985	.15792	.15626209	.024
17 vc	.992(a)	.985	.985	.15792	.15626209	.024
18 vc	.922(a)	.850	.847	.50027	.49503493	.245
20 vc	.999(a)	.999	.999	.04334	.04288919	.002
22 vc	.998(a)	.997	.997	.07462	.07383665	.005
23 vc	.989(a)	.978	.978	.18985	.18786425	.035
24 vc	.694(a)	.482	.471	.92971	.91997193	.846
25 vc	.829(a)	.687	.680	.72320	.71562770	.512
26 vc	1.000(a)	1.000	1.000	.02556	.02502400	.001

dependientes respectivamente.

Anexo.3. Modelos que resultaron ajustados para *Calophyllum antillanum* según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con vrt y vrc como

Modelos	R	R ²	R ² corregida	Sx	RECM	DA
2 vt	.949(a)	.900	.898	10.96048475	10.8190532	117.052
3 vt	.932(a)	.869	.865	12.56476308	12.4026303	153.825
4 vt	.999(a)	.999	.999	1.308057487	1.29117862	1.667
6 vt	.942(a)	.887	.884	11.67040466	11.5198124	132.706
12 vt	.870(a)	.756	.750	17.11632946	16.8954643	285.457
16 vt	.991(a)	.982	.982	.17217	.16994613	.029
17 vt	.991(a)	.982	.982	.17217	.16994613	.029
18 vt	.923(a)	.853	.849	.49490	.48851198	.239
20 vt	.999(a)	.998	.998	.05536	.05464518	.003
21 vt	.990(a)	.980	.980	.18020	.17787456	.032
22 vt	.999(a)	.997	.997	.06556	.06471754	.004
23 vt	.983(a)	.966	.965	.23752	.23445079	.055
24 vt	.749(a)	.560	.549	.85516	.84412462	.713
25 vt	.931(a)	.867	.863	.47103	.46494918	.216
2 vc	.949(a)	.900	.898	8.522441190	8.41246960	70.770
3 vc	.932(a)	.868	.865	9.796331930	9.66992235	93.507
6 vc	.942(a)	.887	.884	9.087684992	8.97041963	80.468
12 vc	.869(a)	.756	.749	13.33418934	13.1621280	173.242
16 vc	.992(a)	.983	.983	.16773	.16556830	.027
17 vc	.992(a)	.983	.983	.16773	.16556830	.027
18 vc	.925(a)	.855	.851	.49481	.48842688	.239
20 vc	.999(a)	.999	.999	.04752	.04690275	.002
22 vc	.999(a)	.997	.997	.06698	.06611782	.004
23 vc	.985(a)	.969	.968	.22759	.22464991	.050
24 vc	.746(a)	.556	.544	.86510	.85393628	.729
25 vc	.931(a)	.867	.863	.47361	.46749467	.219
26 vc	1.000(a)	1.000	1.000	.01539	.01498998	.000

variables dependientes respectivamente.

Anexo.4. Modelos que resultaron ajustados para *Carapa guianensis* según el análisis de la bondad de ajuste y las capacidades predictivas con vrt y vrc como variables

Modelos	R	R ²	R ² corregida	Sx	RECM	DA
2 vt	.861(a)	.741	.729	20.615873	20.1418822	405.695
3 vt	.763(a)	.582	.562	26.189375	25.5872405	654.707
6 vt	.879(a)	.773	.762	19.295739	18.8521003	355.402
8 vt	.977(a)	.954	.949	8.9305314	8.51492768	72.504
16 vt	.983(a)	.966	.964	.24781	.24211711	.059
17 vt	.983(a)	.966	.964	.24781	.24211711	.059
20 vt	.998(a)	.996	.996	.08429	.08235423	.007
22 vt	.998(a)	.996	.996	.08782	.08579830	.007
23 vt	.987(a)	.973	.972	.21878	.21374725	.046
25 vt	.860(a)	.739	.727	.68534	.66957920	.448
26 vt	1.000(a)	.999	.999	.04181	.03986709	.002
2 vc	.898(a)	.807	.798	13.896029	13.5765379	184.322
3 vc	.812(a)	.660	.644	18.436868	18.0129762	324.467
6 vc	.913(a)	.834	.826	12.882976	12.5867770	158.427
16 vc	.987(a)	.975	.974	.21324	.20833532	.043
17 vc	.987(a)	.975	.974	.21324	.20833532	.043
20 vc	.999(a)	.999	.998	.05156	.05037535	.003
22 vc	.996(a)	.992	.992	.11689	.11420482	.013
23 vc	.989(a)	.978	.976	.20121	.19658399	.039
25 vc	.873(a)	.762	.751	.65451	.63945831	.409
26 vc	1.000(a)	.999	.999	.03403	.03245084	.001

dependientes respectivamente.