



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO FORESTAL**

## **MUESTREO POR CONGLOMERADOS PARA MANEJO FORESTAL EN EL EJIDO NOH BEC, MÉXICO**

**ALFREDO ESTEBAN TADEO NOBLE**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

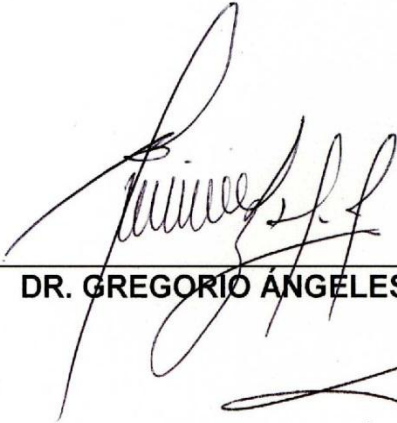
2013

La presente tesis titulada: **Muestreo por conglomerados para manejo forestal en el Ejido Noh Bec, México**, realizada por el alumno: **Alfredo Esteban Tadeo Noble**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
FORESTAL

CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO



---

DR. GREGORIO ÁNGELES PÉREZ

ASESOR



---

DR. HÉCTOR M. DE LOS SANTOS POSADAS

ASESOR



---

DR. JORGE ANTONIO TORRES PÉREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2013

## AGRADECIMIENTO

A **Dios** por todas las bendiciones que cada día me da. Porque tiene grandes cosas preparadas para mí.

Al **CONACYT**, por el financiamiento para realizar mis estudios de maestría.

Con mucha gratitud a mi nueva alma mater **Colegio de postgraduados** con especial atención al **Postgrado Forestal**, por todas las facilidades brindadas a través de sus profesores, personal técnico y administrativo.

A mi consejo académico: **Dr. Gregorio Ángeles Pérez, Dr. Héctor Manuel De los Santos Posadas y Dr. Jorge Antonio Torres Pérez** por colaborar en mi formación y en la elaboración de este documento.

A un colaborador: Msc. Efraín Velasco Bautista por su asesoría profesional durante el desarrollo de mi tesis.

**A mis amigos:** Gerónimo Quiñonez Barraza, Esteban Betancourt, Domingo Romo, Moisés García, Efraín Velasco, Ángel Leyva y quienes participaron de alguna manera en mi vida estudiantil.

**A mis amigos de mi pueblo:** Abraham González Sosa, German Góngora, Sergio Gutiérrez Sánchez y Javier Blanco Reyes.

Al **ejido Noh Bec** por permitirme utilizar los datos del inventario forestal y las atenciones mostradas durante la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

*"Ningún hombre ha llegado a ser grande sin un toque de divina inspiración" Marco Tulio Cicerón*

**A mis padres** Juvencio Tadeo Acosta y Marbella Noble Reyes, por su incansable esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional que siempre recibí; inculcándome ese espíritu de superación todos los días a través de sus consejos y regaños. .

**A mi hijo** Esteban Tadeo Medina fuente de inspiración para realizar este proyecto. Esto es por ti.

**A mis herman@s:** Joel, Danilu, Cristóbal, Silka y José Pilar por brindarme su apoyo y cariño.

**A mis sobrin@s** por su amor brindado.

Pero con especial dedicación a mi terruño querido "**Noh Bec**" Por darme mis tempranas experiencias forestales.

**Del ejido Noh Bec.** A ustedes Don Ruperto Prado, José Pilar Acosta, Jesús Hernández, José Blanco, fundadores de este magnífico ejemplar de bajo cielo".

Con mucho aprecio y dedicación a todos

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	3
a) Objetivo general.....	3
b) Objetivos particulares .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Elementos de muestreo .....	4
2.2. Métodos de muestreo probabilístico .....	4
2.3. Muestreo irrestricto aleatorio.....	4
2.4. Muestreo aleatorio estratificado .....	5
2.5. Muestreo de razón .....	5
2.6. Muestreo por conglomerados.....	5
2.7. Conglomerados en los Inventarios Forestales Nacionales .....	6
2.8. Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México.....	8
2.9. Inventario forestal en la Península de Yucatán.....	10
2.10. Casos de uso de la metodología de conglomerados a nivel local para programas de manejo .....	11
2.11. Objetivos y uso de los inventarios forestales .....	11
2.12. Estimación del incremento .....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Descripción del área de estudio.....	13

3.1.1.	Ubicación de la zona de estudio .....	13
3.1.2.	Fisiografía .....	14
3.1.3.	Altitud.....	14
3.1.4.	Hidrografía .....	14
3.1.5.	Clima .....	15
3.1.6.	Geología .....	15
3.1.7.	Suelos.....	15
3.1.8.	Vegetación.....	17
3.2.	Historia de los aprovechamientos del ejido Noh Bec .....	18
3.3.	Metodología de trabajo .....	19
3.3.1.	Del Inventario forestal ejidal 2009.....	19
3.3.2.	De la remediación del IFE.....	23
3.3.3.	Análisis de los datos .....	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	Comparaciones de los escenarios de muestreo .....	37
4.2.	Incrementos por hectárea para el área basal, volumen total árbol y biomasa aérea total.....	40
4.3.	Incremento del volumen total árbol por hectárea para individuos mayores a 25 cm 41	
4.4.	Incrementos por hectárea de <i>Pouteria reticulata</i> .....	42
4.5.	Actualización del inventario forestal ejidal.....	42
4.6.	Resumen de las características dasométricas del predio .....	43
4.6.1.	Área basal.....	43
4.6.2.	Volumen fustal limpio.....	44
4.6.3.	Volumen total árbol.....	45
4.6.4.	Número de árboles .....	46
4.6.5.	Biomasa total aérea.....	48
5.	CONCLUSIONES.....	51
6.	LITERATURA CITADA.....	54

ANEXOS .....	58
--------------	----

### LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Tipos de suelos forestales y su equivalencia de la clasificación maya con la de FAO-UNESCO.....	15
Cuadro 2.- Características de los estratos del inventario forestal del ejido Noh Bec	20
Cuadro 3.- Estimadores estadísticos del área basal para diferentes escenarios. ....	37
Cuadro 4.- Estadísticos del estimador de razón para las variables dasométricas.....	40
Cuadro 5.-Incrementos de las variables dasométricas.....	40
Cuadro 6.-Existencias reales del área basal, volumen total árbol y biomasa aérea total por hectárea de los años 2009 y 2012.....	42
Cuadro 7.- Distribución del área basal por especie .....	43
Cuadro 8.- Distribución del volumen fustal limpio sin corteza por especie .....	44
Cuadro 9.- Distribución del volumen total árbol con corteza por especie .....	45
Cuadro 10.- Distribución de la densidad por especie .....	46
Cuadro 11.- Distribución del número de árboles por hectárea por clase diamétrica .	47
Cuadro 12.- Distribución de la biomasa aérea total por especie .....	49

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Unidades de muestreo primarias (UMP) y secundarias (UMS) para el INFyS. ....	9
Figura 2.-Esquema de los inventarios de acuerdo a los niveles de operación y del usuario. Fuente: SEMARNAT y CONAFOR, 2010. ....	12
Figura 3.- Mapa de ubicación del ejido Noh Bec. ....	14
Figura 4.- Mapa de suelos e hidrografía del ejido Noh Bec.....	17
Figura 5.- Mapa de distribución de los sitios de muestreo del inventario forestal ejidal año 2009. ....	21
Figura 6.- Forma de la unidad de muestreo utilizado en el inventario forestal ejidal 2009. ....	22

Figura 7.-Medias e intervalos de confianza al 95% de los diferentes escenarios de muestreo de los tres estimadores de muestreo utilizados para el análisis del área basal.....	39
Figura 8.- Distribución del número de árboles por hectárea por clase diamétrica del ejido Noh Bec .....	48
Figura 9.- Distribución de la biomasa aérea total según su condición de salud .....	50



# MUESTREO POR CONGLOMERADOS PARA MANEJO FORESTAL EN EL EJIDO NOH BEC, MÉXICO

Alfredo Esteban Tadeo Noble, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2013

## RESUMEN

Se analizan y proponen los estimadores muestrales para el análisis del inventario forestal del ejido Noh Bec. El diseño de muestreo utilizado fue muestreo estratificado en conglomerados. Se analizó la información proveniente de 302 conglomerados establecidos en el 2009, distribuidos en 4 estratos de selva mediana subperennifolia. Se probaron los estimadores de razón de medias estratificado (RME), media de razón estratificado (MRE) y el muestreo aleatorio estratificado (MAE). El estimador de razón se usó para actualizar el inventario mediante la remediación de 22 conglomerados en el año 2012 y así estimar incremento periódico anual (IPA) e incremento porcentual anual (IPA%). El IPA y el IPA% en volumen fue de  $3.721 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y 3.2 % respectivamente. Cuando las unidades de muestreo primarias (UMP) son de tamaños iguales se sugiere utilizar RME o MRE, ya que el valor de la media, error estándar y precisión es igual. Cuando las UMP son de tamaños desiguales, se obtiene mejor precisión al utilizar RME. El MAE resultó ser más preciso que el muestreo por conglomerados utilizando RME y MRE. En los inventarios para manejo forestal no es recomendable utilizar conglomerados como diseño de muestreo para el cálculo de la posibilidad anual o corta anual permisible, ya que en áreas pequeñas se obtendrá baja precisión y alto costo comparativamente con un muestreo aleatorio simple con unidades de muestreo independientes.

**Palabras clave:** Estimador de razón de medias, estimador de media de razones, incremento periódico anual, Ejido Noh Bec.

**CLUSTER SAMPLING FOR FOREST MANAGEMENT AT EJIDO NOH BEC,  
MÉXICO**

**Alfredo Esteban Tadeo Noble, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2013**

**ABSTRACT**

Several sampling estimators for forest inventory analysis at the ejido Noh Bec were proposed and analyzed. The sampling design used was a stratified cluster sampling. Data was obtained from 302 clusters established in 2009 in 4 strata of semi-deciduous tropical forest. The tested estimators were stratified ratio of means (SRM), stratified mean of ratio (SMR) and stratified random sampling (SRS). Ratio estimator was used to update the inventory by re-measuring 22 clusters in 2012, and thus estimate the annual periodic growth (APG), and the annualized percentage growth (APG%). The APG and the APG% for total volume were  $3.721 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  and 3.2%, respectively. When primary sampling units (PSU) are of equal size SRM and SMR should be used, since the mean, standard error and accuracy is equal. When the PSU are of unequal size, a better accuracy is obtained using SRM. The SRS is found to be more accurate than SRM and SMR. In operative forest management inventories is not advisable to use cluster sampling design for calculating annual allowable harvesting wood products in small areas, since the accuracy is low and comparatively more expensive respect to the simple random sampling with independent sampling units.

**Keywords:** ratio of means estimator, mean of ratio estimator, annual periodic growth, Ejido Noh Bec.

## 1. INTRODUCCIÓN

La ventaja de utilizar el muestreo por conglomerados en relación al muestreo aleatorio simple es obtener mayor cantidad de información a un bajo costo. (Scheaffer *et al.*, 1986). Dado que existen pocos estudios en selvas sobre el uso de los estimadores de razón de medias y media de razones para el muestreo por conglomerados. Sugerir estimadores para el muestreo por conglomerados en inventarios para el manejo forestal, que permita que el proceso de estimación sea confiable y realizar estimaciones precisas es lo que motiva este estudio. El diseño de muestreo permitiría obtener información necesaria para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento forestal (CATIE, 2002).

Velasco *et al.* (2002) señala que existen dos maneras de realizar la comparación de los diseños de las unidades de muestreo secundario (UMS) en cada unidad de muestreo primaria. La primera se refiere al establecimiento del ensayo en campo y la segunda por medio de la simulación de una población hipotética.

Velasco *et al.* (2003) sugiere estimadores de razón de medias para el diseño de muestreo estratificado sistemático por conglomerados para el procesamiento de los datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Lo que justifica el uso de este estimador es la posibilidad de encontrar UMP integradas por un número de variable de UMS. Con la ventaja de obtener estimaciones a nivel de ecosistema, estrato y subestrato. Saborowski und Šmelko (1998) y Šmelko and Merganič (2008) sugieren estimadores de media de razón para un inventario nacional por conglomerados de Eslovaquia. Estos autores han encontrado que en el caso de diseño sistemático la

probabilidad de seleccionar en la muestra es mayor para parcelas grandes que para sitios pequeños, que causa una desviación sistemática (sesgo) en las estimaciones.

La principal diferencia entre el estimador de razón de medias estratificado y media de razón estratificada detalla en la facilidad de la aplicación de los estimadores porque son parecidos al muestreo aleatorio estratificado.

Existen varios ejemplos del uso del muestreo por conglomerados para los inventarios forestales, como el caso del ejido Noh Bec, el predio Maalo Che en el Estado Quintana Roo, donde se ha implementado una metodología basada en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) (SEMARNAT y CONAFOR, 2010) de México. Con el presente estudio se pretende conocer las implicaciones en la modificación de la metodología del INFyS a escala local, así como proponer los estimadores más adecuados para el análisis y procesamiento de los datos que provienen de un sistema de muestreo por conglomerados y establecida en el 2009. Adicional a la primera medición, se cuenta con una remediación de 22 conglomerados realizada en el 2012; de tal manera que se pueda actualizar el inventario y obtener los incrementos a nivel predial por superficie y a nivel de especie, para la selva mediana subperennifolia del ejido de Noh Bec, Quintana Roo, México.

## **1.1. Objetivos**

### **a) Objetivo general**

Analizar las implicaciones de la adaptación de la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelos a una escala local, usando diferentes estrategias de muestreo simulado para los datos del inventario forestal del ejido de Noh Bec, Quintana Roo.

### **b) Objetivos particulares**

1. Probar tres estimadores para el análisis y procesamiento de los datos del inventario forestal ejidal y su remediación.
2. Estimar los incrementos a partir de una remediación del inventario forestal ejidal y actualizar el mismo.
3. Estimar el área basal, densidad, volumen fuste limpio, volumen total árbol y biomasa aérea total del selva mediana subperennifolia del ejido Noh Bec con la aplicación de los estimadores adecuados al diseño de muestreo.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Elementos de muestreo**

El muestreo es un proceso que tienen como fin caracterizar una población a través de información parcial de la misma. A este fragmento de la población se le denomina muestra (Rendón, 1993, Scheuder *et al.*, 2006).

Los parámetros de una población son las constantes que la caracterizan, describen o identifican, y donde cada una de estas características se identifica como un parámetro poblacional (Rendón, 1993).

En muchas ocasiones una caracterización exhaustiva de la población no es posible (censo) por lo que para conocer los parámetros de la población, se requiere del uso de funciones matemáticas sobre una muestra que habitualmente se llaman “estimadores” (Scheuder *et al.*, 2006). Como cada muestra probable genera un valor distinto. Los valores asociados a cada una se deben de considerar también como variables aleatorias (Pérez, 2005).

### **2.2. Métodos de muestreo probabilístico**

Un método de muestreo es una forma de seleccionar unidades muestrales de una población, que constituyan la muestra que represente a esa población y la selección utilizada puede ser probabilística o no probabilística (Rendón, 1993). En general y para garantizar objetividad en el muestreo este se basa en leyes del azar para ser llamado probabilístico (Sukhatme, 1962). Por este medio se selecciona una muestra, la cual tiene probabilidad conocida y gracias a que la población puede ser dividida en unidades distintas e identificables.

### **2.3. Muestreo irrestricto aleatorio**

Pérez (2005) lo señala como un procedimiento de selección de muestras con probabilidades iguales, que radica en coleccionar una muestra de forma aleatoria con/sin reposición a la población de las unidades previamente seleccionadas, teniendo presente que el orden de colocación de los elementos en las muestras no interviene.

#### **2.4. Muestreo aleatorio estratificado**

Tomando una muestra aleatoria simple en donde la población es dividida en subpoblaciones llamadas estratos, mismas que no se traslapan. El tamaño de cada subpoblación es conocida y que en su conjunto conforman la población es llamado muestreo aleatorio estratificado (Cochran, 1984; Rendón, 1993).

#### **2.5. Muestreo de razón**

Considerado un método de estimación indirecta que utilizan información conocida relativa a una variable auxiliar (variable de apoyo fácil de medir) correlacionada con la variable en estudio para conseguir estimaciones más precisas que aquellas basadas únicamente en promedios simples (Sukhatme 1962; Pérez, 2005).

#### **2.6. Muestreo por conglomerados**

Scheaffer *et al.* (1986) sugieren que una muestra por conglomerados requiere de al menos dos etapas, siendo la selección del conglomerado una muestra irrestricta aleatoria y posteriormente en cada conglomerado se realiza una muestra aleatoria de los elementos de cada conglomerado. En este muestreo los elementos individuales pueden participar en la muestra si pertenecen a un conglomerado o a una unidad de muestreo primaria y dentro de estas se define la unidad de observación o unidad de muestreo secundaria. En este diseño la construcción de un marco de muestreo o

listado de las unidades de observación es imperfecto, complicado, caro o imposible de realizar (Lohr, 2000). La utilidad práctica de este tipo de muestreo es su bajo costo en términos de trabajo de campo y en el cual las unidades primarias (el conglomerado) son fácilmente identificables sobre grandes superficies lo que se traduce en concentrar la muestra, esto va a depender de las características estructurales del bosque y de la relación que exista entre el costo de acceso a un punto de medición y su costo de medición de cada unidad en la cercanía a este (Prodan *et al.*, 1997).

## **2.7. Conglomerados en los Inventarios Forestales Nacionales**

Kangas (2006) y Tomppo *et al.* (2010) mencionan que los inventarios forestales nacionales (IFN) a nivel mundial utilizan el muestreo por conglomerados debido a que se puede obtener información necesaria para tomar decisiones a nivel del país a un costo razonable y con un incremento en la eficiencia logística. El muestreo sistemático estratificado es el más comúnmente utilizados en los IFN. El diseño de las parcelas más frecuente es en grupos de subparcelas. En los bosques templados y boreales se utilizan parcelas circulares de una superficie fija o de muestras de puntos, en tanto que en las regiones tropicales suelen ser parcelas rectangulares alargadas (parcelas en fajas) (Kangas, 2006, Tomppo *et al.*, 2010). En los IFN, el número de parcelas por conglomerado, el tamaño y forma varían de gran manera y son obviamente consideraciones que están determinadas por el costo y tiempo de medición de un punto a otro. Países como Austria, Brasil, Dinamarca, Alemania, Corea, Noruega, Rumania, Estados Unidos y México utilizaron 4 parcelas por conglomerado . Aunque, en otros países este número puede variar a una cantidad



mayor. Nuevas metodologías como el muestreo adaptativo por conglomerados y el muestreo de importancia permiten mejoras notables de la precisión en determinados aspectos del inventario (Kangas, 2006, Tomppo *et al.*, 2010). Los aspectos generales antes mencionados forman parte de la metodología que se ha desarrollado en el programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA, Forest Resources Assessment) de FAO, para concordar con las metodologías de los inventarios forestales en países tropicales y templados (FAO, 2002).

Prodan *et al.* (1997) menciona que los inventarios nacionales de Suecia o de Austria, se fraccionaron cubriendo más de un estrato, donde se sugiere un diseño de muestreo usando estimadores de razón de medias.

Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica implementaron un diseño de muestreo sistemático por conglomerados para sus inventarios forestales nacionales. La metodología consiste en un conglomerado que se ubicarán en un punto central seleccionado de una rejilla de puntos. Las unidades de muestreo primarias es un conglomerado cuadrado de 500 x 500 metros, con 4 subparcelas rectangulares con una dimensión de 20 x 250 m en, cuyo punto de inicio se ubica en cada esquina del cuadrado. Solo Guatemala usa un muestreo sistemático estratificado por conglomerados (FAO, 2010).

El inventario nacional forestal de Estados Unidos de América se enfocó en un muestreo por conglomerados en tres fases. Las parcelas en fase 2 y 3 en campo son sitios de muestreo de cuatro puntos dispuestos en “y” invertida respecto al norte, de forma tal que el punto 1 es el central, los puntos 2, 3 y 4 situados a un azimut de 0, 120, y 240 grados respectivamente del punto 1, a una equidistancia de a 36.58 m.

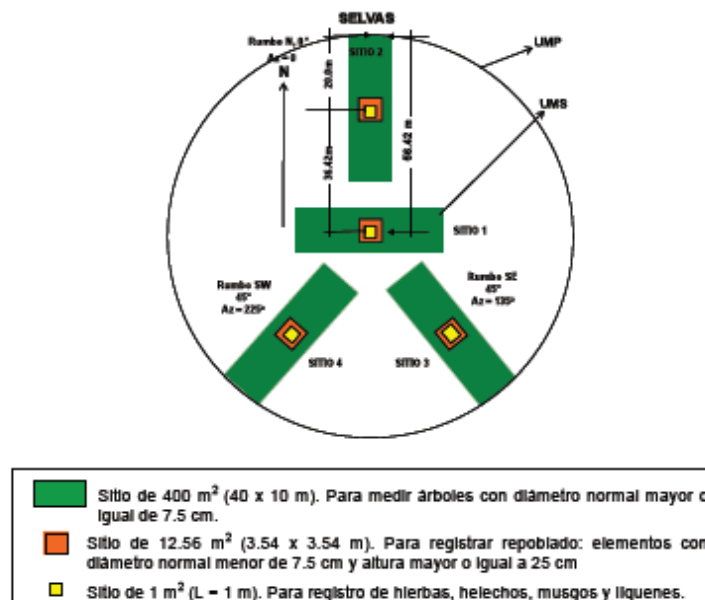
Cada punto en el conglomerado (subparcela) es rodeado por un radio de 7.31 m donde se miden los árboles mayores de 12.7 cm de DAP. Cada sub-parcela contiene una micro parcela de 2 m de radio donde se miden árboles jóvenes y las plántulas de 2.5 a 12.6 cm de DAP (Bechtold and Patterson, 2005).

En Europa, los INF de Noruega, Austria, Francia, Suecia y Alemania fueron elaboradas utilizando muestreo por conglomerados. En Suecia, se utilizaron 8 parcelas circulares por conglomerado donde 4 son permanentes y 4 son temporales. Los conglomerados están distribuidos sistemáticamente en diferentes estratos.. Algunas parcelas fueron establecidas en 1983. En Alemania, en contraste se utilizaron 4 parcelas circulares que están distribuidas sistemáticamente en diferentes densidades (normal, doble o alta densidad) de acuerdo al nivel de planeación forestal. En Asia, Indonesia utilizó un muestreo por conglomerados sistemático, donde cada conglomerado tiene 9 UMS y donde el tamaño del sitio es de 1 ha de superficie (Tokola, 2006).

## **2.8. Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México**

El diseño de muestreo y la tecnología utilizada en el INFyS han sido homologados con la de otros países del mundo, para participar en la evaluación de los recursos forestales de manera interna así como de carácter global. Haciendo compatible la información solicitada por la FAO en la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. La estratificación del muestreo estuvo basada en la clasificación de la vegetación utilizada en la cartografía del Instituto de Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), describiendo la superficie, ubicación dentro del país y el nivel de importancia ecológica, económica maderable y/o económica no maderable, de cada

uno de los ecosistemas vegetales involucrados. El diseño de muestreo utilizado para el INFyS es muestreo estratificado sistemático por conglomerados en dos etapas, donde cada conglomerado está equidistante según su tipo de vegetación; para el caso de las selvas medianas y altas, cada conglomerado está separado a 5 x 5 km. La unidad de muestreo primaria (UMP), es una superficie que cubre una hectárea, con un radio de 56.42 m, dentro del cual se sitúan cuatro unidades de muestreo secundarias (UMS) de forma rectangular de 10 x 40 m, con una formación en “Y” invertida con respecto al norte. La UMS 1 se localiza al centro de la UMP y las demás, son dispuestas en la periferia. La distancia del centro de la UMS 1 al centro de cada una de las UMS periféricas es 36.42 m, el rumbo azimutal para localizar las otras UMS es de 0°, 120° y 240° (SEMARNAT y CONAFOR, 2010).



**Figura 1.- Unidades de muestreo primarias (UMP) y secundarias (UMS) para el INFyS.**  
(Fuente: SEMARNAT y CONAFOR, 2010).

Velasco *et al.* (2003) sugieren los estimadores a ser usados para el diseño de muestreo utilizado en el INFyS y que puede utilizarse para estimar volumen, área basal, densidad, incremento y porcentaje de daño. SEMARNAT y CONAFOR (2010) ejemplifican el uso de los estimadores anteriores de manera muy detallada para la media y varianza de razón, además para la estimación del incremento medio anual (IMA).

## **2.9. Inventario forestal en la Península de Yucatán**

En 1960, México presentó ante FAO el proyecto para realizar el inventario forestal nacional del país. El primer inventario nacional forestal (1961-1985) tenía como objetivo delimitar las zonas comerciales o potencialmente comerciales para la parte maderable y estimar algunos parámetros de interés (SEMARNAT y CONAFOR, 2010). En 1964 se inició un inventario inicial o piloto en las inmediaciones de la ciudad de Chetumal, usando fotografías aéreas en la valoración de los recursos forestales tropicales. En 1967 se efectuó una segunda investigación que consistía de grandes inventarios preliminares en tres puntos de la Península: Campeche, Yucatán y Quintana Roo (DGINF, 1969). Estos inventarios estuvieron basados en un esquema de muestreo para diversas regiones con un diseño de muestreo sistemático por conglomerados rectangulares de 2.5 x 2.5 km. Las unidades secundarias estaban contenidas en 5 fajas de 20 m de ancho y 50 metros de largo (sitios de 0.1 ha). La intensidad de muestreo planeada era de 0.4% resultando un espaciamiento entre cuadros de muestreo de 4 km (DGINF, 1969, 1976). El diámetro límite utilizado en este inventario era superior a los 80 cm y por lo que la medición de altura se limitaba a altura fustal. El volumen total estimado para la entidad de

Quintana Roo fue de 138,174,798 m<sup>3</sup> de madera en rollo y un promedio de 65.161 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para la selva mediana. La zona que cubre el ejido Noh Bec se incluyó dentro de la concesión a la empresa Maderas Industrializadas de Quintana Roo (MIQROO) que ya contaba con un inventario forestal y describe a la selva mediana con un volumen de madera en rollo de 35.239 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (DGINF, 1976).

### **2.10. Casos de uso de la metodología de conglomerados a nivel local para programas de manejo**

En el Estado de Quintana Roo existen 4 experiencias de uso del uso de muestreo por conglomerados a nivel predial con el objetivo de preparar programas de manejo forestal. Los ejidos La Buena Fe , Noh Bec y Felipe Carrillo Puerto usaron una metodología similar a la utilizada en el INFyS, con modificaciones en algunos formatos, cantidad de información recabada en campo y en la unidad de muestreo secundaria (Del Ángel, 2011; TROPICARURAL, 2010). En el predio particular Maalo Che, donde se realizó el estudio dasométrico con un diseño de muestreo por conglomerados similar a la metodología del INFyS con una modificación en la orientación de las unidades de muestreo secundarias (Romero, 2011).

### **2.11. Objetivos y uso de los inventarios forestales**

El uso de los inventarios suele estar condicionada por los usuarios, los objetivos y su diseño. Su empleo corresponde a la escala de trabajo en la que se opera. El Inventario nacional responde a necesidades estratégicas del país, generar las estadísticas nacionales y reportar a los niveles supranacional y global. Un inventario estatal deberá responder a las necesidades específicas de cada entidad federativa en materia de manejo y gestión forestal (SEMARNAT y CONAFOR, 2010). Por su

parte, un inventario forestal para manejo local permite conocer las existencias reales, cantidades a aprovechar y remanencia de árboles y proporcionar información dasométrica de las especies de importancia económica, además de la medición de su crecimiento. En la Figura 2 se representa la escala de los inventarios, y se determina el grado de descripción de los elementos involucrados en el procesamiento.



**Figura 2.-Esquema de los inventarios de acuerdo a los niveles de operación y del usuario.**  
Fuente: SEMARNAT y CONAFOR, 2010.

Los objetivos principales de un inventario forestal suelen ser para realizar una evaluación del potencial maderero de un bosque o de los recursos naturales; de igual manera para la elaboración y monitoreo de un programa de manejo para aprovechamiento forestal maderable, aunque a este nivel se requiere un mayor

esfuerzo de muestreo. Cualquiera que sea el caso, se condiciona la información a obtener y a su vez el diseño de muestreo a utilizar (Malleux, 1982; CATIE, 2002).

## **2.12. Estimación del incremento**

Un bosque es un sistema dinámico. El término crecimiento es usualmente asociado al término “cambio positivo en dimensiones”. La estimación de un valor de cambio es una parte importante de muchos inventarios relacionados al manejo forestal. La estimación de los componentes del crecimiento es difícil por el cambio en el conjunto de componentes (Schreuder *et al.*, 1993). Los inventarios diseñados para medir los cambios netos a través del tiempo, así como el componente individual de cambio que incorpora el crecimiento, mortalidad y remoción, generalmente se realiza a través de dos inventarios secuenciales (Bechtold and Patterson, 2005)

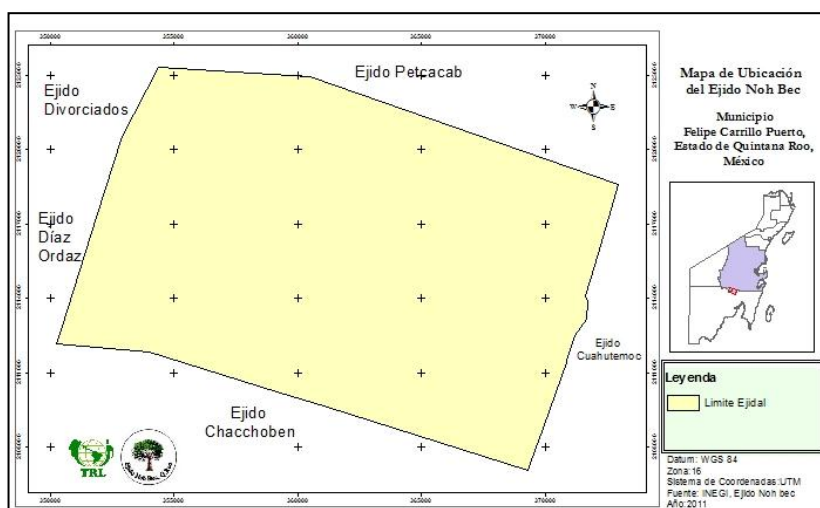
## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Descripción del área de estudio**

#### **3.1.1. Ubicación de la zona de estudio**

El Ejido Noh Bec, se localiza al sur del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, estado de Quintana Roo. Se llega siguiendo la carretera Reforma Agraria – Puerto Juárez, en el Km 82 se toma la desviación al poblado de Petcacab hacia el oeste por la carretera vecinal. A la altura del Km 6.5 se encuentra el núcleo de población Noh-Bec, a medio kilómetro del poblado, se toma la desviación con rumbo oeste y se sigue 5 kilómetros por un camino de terracería. El ejido en su periferia colinda con el Ejido Petcacab al Norte, con el Ejido Chacchoben al Sur, al Este con el ejido Cuauhtémoc y predios particulares, al Oeste con los ejidos Los Divorciados y Díaz Ordaz (Figura 3). Se

encuentra ubicado entre los paralelos 19°12'24.78" y 19° 1'11.77" latitud Norte y los meridianos 88°23'57.67"O y 88°12'41.77" de longitud Oeste, (WGS-84).



**Figura 3.- Mapa de ubicación del ejido Noh Bec.**

### **3.1.2. Fisiografía**

El ejido Noh Bec se encuentra dentro de la subregión “Planicies del Caribe y Noreste”. Caracterizada por una planicie con ondulaciones que varían entre 2 y 3 metros. En ella se presentan terrenos bajos inundables que suelen ser extensos y en sus partes más hondas formar lagunas y/o aguadas (Torres, 2001).

### **3.1.3. Altitud**

Según el INEGI (2001) la altitud de los terrenos es de 30 metros sobre el nivel del mar con máxima de 40 msnm y mínimas de hasta 10 m.

### **3.1.4. Hidrografía**

En Noh-Bec se encuentran dos tipos de aguas superficiales que se ilustran en la Figura 4: a) Mantos de agua que se generan por el estancamiento de corrientes en la época de lluvia (la laguna, jagueyes y pozas); y b) Los cenotes que resultan del



desplome de la bóveda calcárea descubriendo corrientes de agua subterránea. Éstos últimos son característicos de la Península de Yucatán (Argüelles *et al.*, 1998).

### **3.1.5. Clima**

El clima del ejido Noh-Bec se encuentra en el tipo Aw1(x') según la clasificación de climas de Köpen modificada por García (1984), que corresponde a clima cálido subhúmedo con periodos de lluvias en verano y otro entre febrero y marzo comúnmente llamado “cabañuelas”. La temperatura media anual oscila entre 24 y 26 °C, con precipitación media anual de 1,200 mm.

### **3.1.6. Geología**

El ejido Noh-Bec está dentro de la formación geológica de la Península de Yucatán denominada “Carrillo Puerto” (INEGI, 2005a).

### **3.1.7. Suelos**

Para describir los suelos de Noh Bec es conveniente utilizar la clasificación de suelos forestales hecha por Cuanalo de la Cerda (1964) mencionada por Argüelles (1991). Dicha clasificación quedó como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.- Tipos de suelos forestales y su equivalencia de la clasificación maya con la de FAO-UNESCO.**

<b>Tradicional Maya</b>	<b>FAO-UNESCO</b>	<b>pH promedio</b>
Tzekel	Rendzina	7.2
Kaakab	Cambisol lítico	7.5
Kankab	Vertisol crómico	6.7
Yaaxhom	Vertisol gleico	6.4
Akalche	Gleysol	6.5

DGINF (1976) describe brevemente los tipos de suelo del inventario estatal de Quintana Roo con la clasificación de Cuanalo de la Cerda (1964) como:

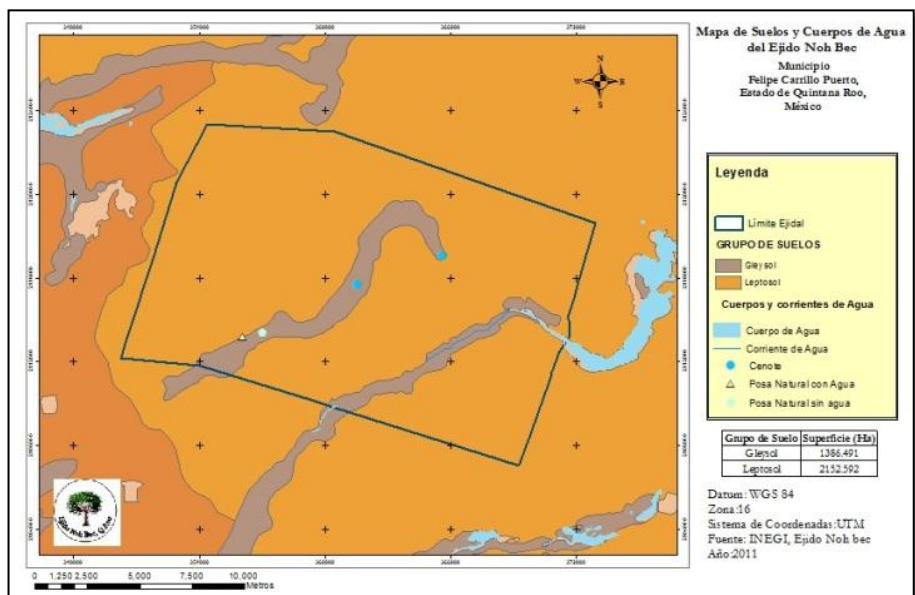
**Suelo Akalche.-** Localizadas en las áreas más bajas, que en épocas de lluvia presentan estancamientos de agua con corta duración lo que ocasiona que el suelo se sature. En el periodo invernal se secan fácilmente. Estos suelos se utilizan principalmente para la agricultura. Cuando están húmedos son plásticos presentando grandes hendiduras, y agrietamientos cuando se secan. Son suelos humíferos, de color negro y textura arcillosa.

**Suelo Kakab.-**Este tipo se presenta en forma de colinas no mayores a 50 m sobre el suelo. Al pie de las laderas se acumulan productos de intemperismo y, a pesar que el drenaje es eficiente y hay buena penetración del agua, su influencia se ve impedida parcialmente por la acumulación de arcilla. Se compone principalmente de rendzinas y presenta un color café oscuro con bajo contenido de humus y por lo general con pH neutro.

**Suelo Tzekel.-** Son suelos con presencia de rocas y capa delgada de suelo entre los intersticios y debajo de las rocas superficiales. Su drenaje es eficiente y el agua de percolación favorece la acumulación de elementos nutritivos en su delgado perfil. Se compone principalmente de rendzinas y su coloración es gris oscura.

**Suelo Kankab.-**Se encuentran en las estribaciones de las colinas de baja altura y topográficamente los suelos se caracterizan por una pendiente mínima, recibiendo el nombre de planadas. Son suelos profundos con buen drenaje. La temperatura, lixiviación y presencia de rendzinas rojas en proceso de latosolización, hacen que estos suelos adquieran un color rojo. Son los únicos suelos que presentan un pH ácido, ligeramente por debajo de lo neutral. Se les denomina Ek-luum Kankab rojo intenso.

**Suelo Ya-axhom.**-Se localiza en las zonas más elevadas e inmediata a los akalches o bajos, por lo que el escurrimiento es originado hacia las partes bajas. Se puede distinguir la zona de transición entre los suelos de rendzinas y los akalches. Son de color negro, ricos en humus con drenaje eficiente y regular en profundidad.



**Figura 4.- Mapa de suelos e hidrografía del ejido Noh Bec**

Los tipos de suelos encontrados en el ejido Noh Bec según el INEGI (2005b) son: Gleysol y Leptosol (Figura 5).

### 3.1.8. Vegetación

Con respecto a la vegetación, según la clasificación hecha por Miranda y Hernández (1938) el área de estudio se localiza en la Selva Alta o Mediana sub perennifolia. Pennington y Sarukhán (2005) menciona la clasificación destacada para identificar los tipos de vegetación del área. Los autores distinguen dos tipos principales de vegetación:

**Selva alta o mediana subperenifolia.** Esta se define con una alta densidad, gran cantidad de especies arbóreas, abundantes bejucos y trepadoras. Los árboles

dominantes tienen alturas mayores a los 15 m y del 25 a 50% de los árboles dominantes son deciduos en la época de sequía (marzo - mayo) (Pennington y Sarukhán, 2005). Torres (2001) menciona que la selva mediana subperennifolia (SMQ) tienen una superficie de aproximadamente el 85% del territorio ejidal. En esta clasificación, se puede mencionar los “huamiles” que son la vegetación secundaria de la SMQ producto de actividades agrícolas y ganaderas.

**Selva baja subperennifolia.** Las características son similares, la diferencia radica en que los árboles dominantes no alcanzan alturas mayores a 15 m. La especie emergente más característica es *Bucida buceras* (Pennington y Sarukhán, 2005). Torres (2001) describe que este tipo de selva forma dos franjas que corren de SW a NE siguiendo las zonas inundables donde existe una corriente de agua durante la época de lluvias. Este tipo de selva cubre aproximadamente el 2% de la superficie de Noh-Bec.

### **3.2. Historia de los aprovechamientos del ejido Noh Bec**

El primer inventario para el plan de manejo se realizó durante el plan piloto forestal de Quintana Roo (1986-1989). En 1986 se planificaron los planes de manejo de la zona sur donde se encuentra el ejido Noh Bec; se iniciaron los inventarios forestales de existencias reales con criterios silvícolas generales. Dichos inventarios fueron realizados para las áreas forestales permanentes de cada ejido o predio, mediante un diseño bietápico por bloques con transectos al azar que implicaba un grado de cobertura espacial mucho mayor que al inventario de MIQRO. Se desarrolló un sistema de información geográfica que permitía el análisis numérico y gráfico de las

variables del arbolado (número de árboles, área basal y volumen por hectárea) por especie y diámetro (Flachsenberg y Galletti, 1999)

El segundo inventario forestal se realizó de 1997-1998, el cual consistió en un muestreo sistemático de los sitios a 200 x 250 m con parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> divididas en dos semicírculos de 250 m<sup>2</sup>. El arbolado con diámetro normal mayor de 30 cm se registró en todo el círculo y el menor en un semicírculo. Este inventario sirvió para elaborar el programa de manejo correspondiente a los años 1999-2008. (Argüelles *et al.*, 1998). El tercer inventario se realizó en el año 2006, mediante un diseño en bloques con transectos continuos con parcelas rectangulares de 10 x 40 m<sup>2</sup>. El arbolado mayor de 30 cm se mide en toda la parcela, para los individuos menores a 30 cm se miden en un lado de 5 x 40 m. Este inventario no se utilizó debido a que el huracán Deán azotó al ejido y por lo tanto, cambiaron las condiciones del arbolado a ser aprovechado y del remanente (OMF, 2012).

El cuarto inventario es el que se describe en este documento, el cual se realizó en el año 2009. El propósito de este inventario fue elaborar el programa de manejo forestal de nivel avanzado. En este, se utilizó un diseño de muestreo sistemático estratificado por conglomerados en dos etapas, asemejando a la metodología utilizada en el INFYS. Las razones para usar este tipo de muestreo se debió a las condiciones del bosque para realizar otro tipo de muestreo después del huracán Deán (OMF, 2012).

### **3.3. Metodología de trabajo**

#### **3.3.1. Del Inventario forestal ejidal 2009**

En el año 2009, se realizó el inventario forestal ejidal (IFE) en el área forestal permanente del ejido Noh Bec, con el objetivo de utilizar esta información en el

programa de manejo forestal de nivel avanzado (PMFA). La metodología para realizar el inventario consistió en modificar y ajustar la metodología del INFyS a un nivel local y así reducir la información colectada en campo.

### 3.3.1.1. Descripción del muestreo de campo

Se utilizó un diseño de muestreo sistemático estratificado por conglomerados en dos etapas, con el propósito de obtener información de las zonas con disturbios ocasionados después del huracán Dean, y disminuir el tiempo de colecta de datos, en comparación con los métodos tradicionales que implica la apertura de brechas.

### 3.3.1.2. Diseño y estrategia de muestreo

Para el inventario se usaron 4 estratos cuyas características se muestran en el Cuadro 2. El tamaño de muestra fue de 302 conglomerados distribuidos sistemáticamente en el área forestal permanente (AFP) como se ilustra en la figura 6.

**Cuadro 2.- Características de los estratos del inventario forestal del ejido Noh Bec**

Estrato	Año de aprovechamiento	Número de conglomerados	Distancia entre conglomerados (m)	Superficie (ha)
1	1984-1991	106	500 x 1000	5,448.621
2	1992-1997	86	500 x 1000	4,148.064
3	1991, 1997	30	1000 x 1000	3,310.413
4	1998-2008	80	1000 x 1000	8,151.736
	25 años	302		21,058.83

En los estratos 1 y 2 es mayor la intensidad de muestreo debido a que un estudio previo sugiere una mayor presencia de especies de importancia maderable, por lo que se busca con esto aumentar la precisión de las estimaciones a nivel estrato.

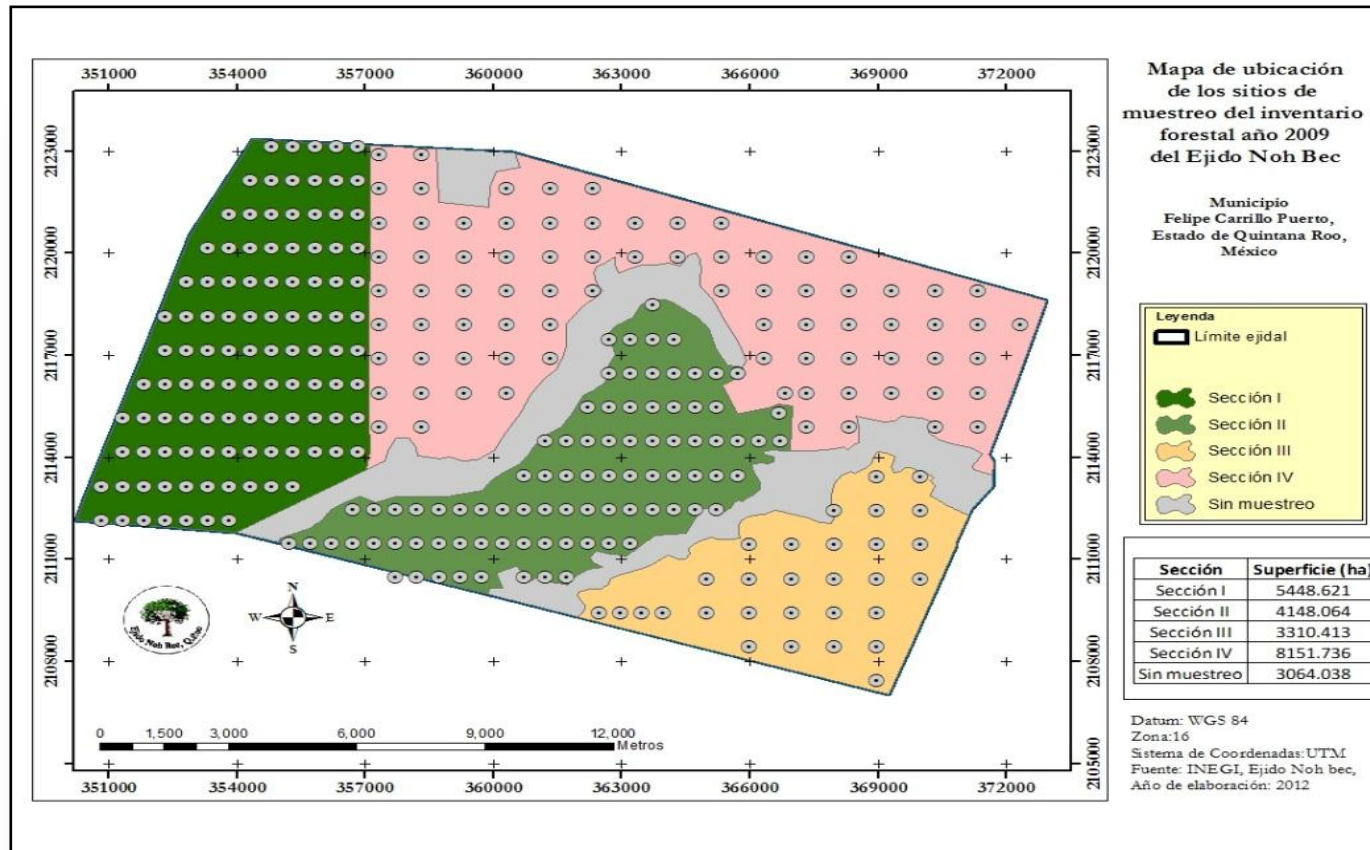
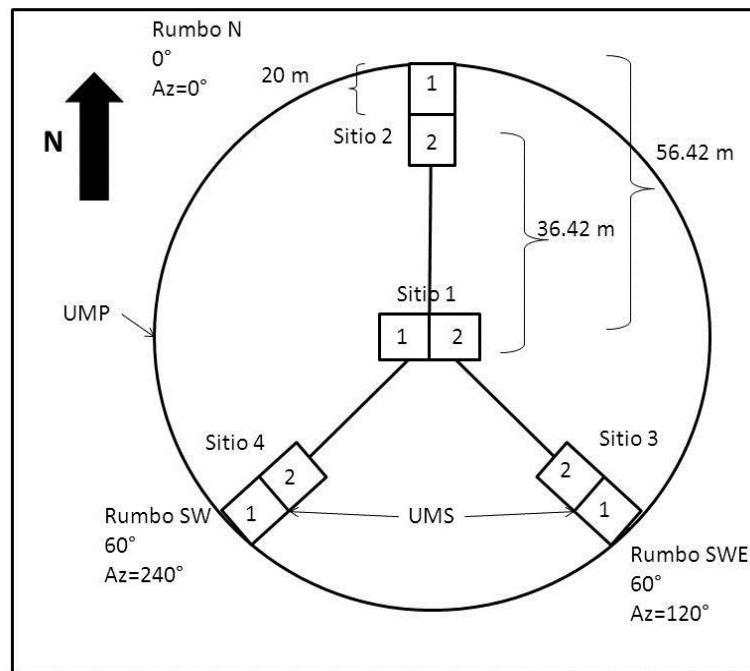


Figura 5.- Mapa de distribución de los sitios de muestreo del inventario forestal ejidal año 2009.

### 3.3.1.3. Diseño de las unidades de muestreo por conglomerado

El conglomerado se integró por cuatro unidades de muestreo secundarias o sitios. El tipo del conglomerado en todos los tipos de vegetación corresponde a una “Y invertida” respecto al norte y, que para el caso de selva mediana subperennifolia el INFyS recomienda la forma rectangular de los sitios. Las medidas específicas del conglomerado son: del centro del conglomerado tiene un radio de 56.42 m, la unidad de muestreo primaria (UMP) representa un área de 1 hectárea (SEMARNAT y CONAFOR, 2010).



**Figura 6.- Forma de la unidad de muestreo utilizado en el inventario forestal ejidal 2009.**

El número de unidades de muestro secundarias es igual que en el IN INFyS, es decir son 4; lo diferencia que cada sitio o UMS se dividió en dos subsitios. En el subsitio 1, con una superficie de 200 m<sup>2</sup>, en este se midieron todos los árboles mayores o



iguales 7.5 cm de DAP. En el subsitio 2, con una superficie de 200 m<sup>2</sup>, se midieron todos los árboles mayores o iguales 25 cm de DAP.

#### **3.3.1.4. Variables cuantitativas**

La información obtenida de cada árbol en los subsitios (unidades de registro), es la siguiente:

- Conglomerado
- Sitio
- Árbol No.
- Nombre común
- Nombre científico
- Diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Condición<sup>1</sup>
- Altura de fuste limpio

Cabe mencionar que solo se incluye en este trabajo el análisis del arbolado mayor o igual a 7.5 cm, pero el inventario forestal cuenta con información del sitio, de repoblado, de impactos ambientales que están contenidos en los formatos de campo pero que para efectos de este estudio se omitieron.

#### **3.3.2. De la remediación del IFE**

En agosto del 2012 se remidieron 22 conglomerados escogidos al azar del IFE 2009, siguiendo la metodología descrita. Para esta remediación se prepararon formatos de campo conteniendo la información previa a fin de llevar un control individuo por individuo.

---

<sup>1</sup> La condición se clasifica en 6 categorías: sano, descopado, desramado, derribado vivo, derribado muerto y muerto en pie

### **3.3.3. Análisis de los datos**

#### **3.3.3.1. Inventario forestal ejidal**

Para comenzar con el análisis de los datos fue necesario preparar una base de datos digital para su procesamiento en Excel 2010 en el módulo de tablas dinámicas. Para esto, se copiaron las bases de datos al programa Excel donde se empataron y corrigieron nombres científicos y comunes de las especies forestales, se agregó una columna de identificación de la sección a la que corresponde la base de datos, se agregó un valor al número de conglomerado (100 para la sección 1, 200 para la sección 2, 300 para la sección 3 y 400 para la sección 4) y con esto evitar la redundancia de datos. Se adicionó un número decimal para identificar el número de sitio (UMS) (0.1 para el sitio 1, 0.2 para el sitio 2, 0.3 para el sitio 3 y 0.4 para el sitio 4). De igual manera se agregó una columna a la base de datos que permitiera identificar mediante una letra A, los árboles pertenecientes a los individuos que se midieron dentro del subsitio 1 ( $200\text{m}^2 \geq 7.5 \text{ cm DAP}$ ) y una letra B, a los pertenecientes a los individuos que se midieron en el subsitio 2 ( $200\text{m}^2 \geq 25 \text{ cm DAP}$ ), en otra columna se identificaron con el número 1 a los árboles menores de 25 cm y con el número 2 a los árboles mayores de 25 cm.

#### **Altura total**

Para utilizar las funciones de volumen que requieren de la medición de la altura total fue necesario generar ecuaciones de altura total y DAP por grupos de especie, utilizando los datos de Inventario Nacional Forestal y Suelos correspondiente a la Selva Mediana Subperennifolia (SMQ) del Estado de Quintana Roo. Se empleó el modelo exponencial de la forma:

$$Ht = a \times DAP^b \quad (1)$$

Dónde:

Ht= Altura total en metros (m), DAP=diámetro a la altura del pecho (cm), a y b son los parámetros del modelo (Anexo A).

### **Área basal**

$$AB = \frac{\pi}{40000} \times DAP^2$$

Dónde:

AB= Área basal en metros cuadrados (m<sup>2</sup>),

DAP=diámetro a la altura del pecho (cm),

$\pi$ =numero pi (3.141592 aproximadamente)

### **Volumen fuste limpio**

Para la estimación del volumen fuste limpio sin corteza ( $vfl_{sc}$ ), o volumen hasta la primera rama comercial se utilizaron las ecuaciones contempladas en el programa de manejo forestal para el predio Central Prado (Argüelles y Sánchez, 2003) que por la cercanía con la zona se consideran las más adecuadas y que tienen la forma general:

$$Vfl_{sc} = a_0 + a_1 \times DAP + a_2 \times DAP^2 \quad (2)$$

Dónde:

Vflsc = Volumen fuste limpio sin corteza en m<sup>3</sup>, DAP = diámetro a la altura del pecho y ( $a_0, a_1, a_2$ ) son los parámetros del modelo (Anexo B).

### **Volumen total árbol**

Las ecuaciones de volumen utilizadas fueron tomadas del anexo 7 del informe del Inventario Nacional Forestal y de Suelos para el Estado de Campeche (SEMARNAT y CONAFOR, 2010).

$$V_{ta_{cc}} = \exp(a + b \times \ln(DAP) + c \times \ln(Ht))$$

Dónde:

$V_{ta_{cc}}$ =Volumen total con corteza, DAP = diámetro a la altura del pecho, Ht= Altura total en metros (m) y (a, b y c)=parámetros del modelo (Anexo C, varían con el grupo de especie).

### **Biomasa aérea total**

Para estimar la biomasa aérea total por árbol se utilizó la siguiente ecuación sugerida por Brown *et al.* (1989) y utilizada en el inventario nacional de gases de invernadero 1990-2002 (INE, 2006).

$$Bat = \frac{\exp(-3.1141)}{1000} \times (D^2 \times Ht)^{0.9719}$$

Bat=Biomasa aérea total en toneladas (t), DAP = diámetro a la altura del pecho, Ht= Altura total en metros (m).

#### **3.3.3.2. Estimadores para el diseño de muestro por conglomerados**

##### **Estimador de razón de medias estratificado**

Se analizaron los datos provenientes del inventario del 2009 como referencia para caracterizar la masa forestal, y para este efecto se adaptaron los estimadores de razón descritos por Velasco *et al.* (2003) para el INFyS:

##### **Notación general**

A= Área forestal (ha) total de la población de estudio,

$A_h$ = Área forestal (ha) del estrato  $h$  de la población de estudio,  $h=1, \dots, L$ ,

$L$ =Número de estratos,

Bajo estas condiciones “A” puede expresarse de la siguiente manera:

$$A = \sum_{h=1}^L A_h$$

$a_{hi}$ : Área forestal (ha) muestreada de la UMP  $i$  del estrato  $h$  (variable auxiliar), la cual se obtiene al sumar las áreas de las UMS evaluadas en esa UMP, expresado así:

$$a_{hi} = \sum_{j=1}^{m_i} a_{hij}$$

$a_{hij}$ =Área de la UMS  $j$  de la UMP  $i$  del estrato  $h$  (0.02 y/o 0.04 ha, según sea el caso)

$m_i = 1, 2, 3$  ó  $4$ , es el número de UMS evaluadas en la UMP  $i$

Para la variable de interés a nivel de la unidad de muestreo:

$y$ : Variable de interés en la población objeto de estudio (área basal, número de árboles, volumen y biomasa aérea total)

$y_{hi}$  =Valor de la variable de interés de la UMP  $i$  del estrato  $h$ , el cual se expresa de la siguiente forma:

$$y_{hi} = \sum_{j=1}^{m_i} y_{hij}$$

$y_{hij}$  =Valor de la variable de interés de la UMS  $j$  de la UMP  $i$  del estrato  $h$ ,

$m_i$ = Definido anteriormente

Para la variable de interés a nivel de la unidad de estudio (árbol):

$y_{hijk}$  = Valor de la variable de interés del árbol k de la UMS j de la UMP i del estrato

h,

$t_{hij}$  = Número de árboles evaluados en la UMS j de la UMP i del estrato h

Además, defínase a:

$n_h$  = Número de UMP evaluadas en el estrato h

$N_h$  = Número de UMP de 0.08 y/o 0.16 ha potenciales del estrato h, cuando las cuatro UMS son medidas

### Estimador general

El estimador general, permitió obtener información por hectárea a nivel de estrato ( $R_h$ ) y su varianza

$$\hat{R}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}}{\sum_{i=1}^{n_h} a_{hi}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^{m_i} y_{hij}}{\sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^{m_i} a_{hij}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{t_{hij}} y_{hijk}}{\sum_{i=1}^{n_h} \sum_{j=1}^{m_i} a_{hij}}$$

$$V(\hat{R}_h) = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (y_{hi} - \hat{R}_h \times a_{hi})^2}{n_h(n_h - 1)\bar{a}_h^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}^2 + \hat{R}_h^2 \sum_{i=1}^{n_h} a_{hi}^2 - 2\hat{R}_h \sum_{i=1}^{n_h} y_{hi} a_{hi}}{n_h(n_h - 1) \frac{\sum_{i=1}^{n_h} a_{hi}}{n_h}}$$

El estimador general proporciona información por hectárea a nivel predial, y estuvo dado en la siguiente expresión:

$$\hat{R} = \frac{1}{A} \sum_{h=1}^L A_h \times \hat{R}_h$$

$$\hat{V}(\hat{R}) = \frac{1}{A^2} \sum_{h=1}^L A_h^2 \times \hat{v}(\hat{R}_h)$$

Los intervalos de confianza para  $\hat{R}$  al 95 % de confiabilidad fueron:

$$\left[ \hat{R} - 2 \times (V(\hat{R}))^{0.5} ; \hat{R} + t_{\alpha/2} \times (V(\hat{R}))^{0.5} \right]$$

El error de muestreo relativo (EMR) estimado fue:

$$EMR = \frac{2 \times (V(\hat{R}))^{0.5}}{\hat{R}} \times 100$$

El total del predio estratificado ( $\hat{Y}$ ) se determina con la expresión a continuación:

$$\hat{Y} = \sum_{h=1}^L A_h \times \hat{R}_h$$

Y su varianza se estimó como:

$$\hat{V}(\hat{Y}) = \sum_{h=1}^L A_h^2 \times \hat{V}(\hat{R}_h)$$

Los intervalos de confianza para  $\hat{Y}$  al 95 % de confiabilidad, basado en  $\hat{Y}$  fueron:

$$\left[ \hat{Y} - 2 \times (V(\hat{Y}))^{0.5} ; \hat{Y} + 2 \times (V(\hat{Y}))^{0.5} \right]$$

### **Estimador de media de razones estratificado**

Este modelo fue recomendado por Saborowski und Šmelko (1998) y Šmelko and Merganič (2008) para muestreo sistemático de parcelas de tamaños desiguales. Se realizó una adaptación para el caso de la estratificación para analizar los datos del predio basado en Cochran (1984).

### **Estimador general**

El valor obtenido de  $y_{hik}$  por hectárea a nivel de UMP

$$y_{hik} = \frac{y_{hi}}{a_{hi}} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} y_{hij}}{\sum_{j=1}^{m_i} a_{hij}} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{t_{hij}} y_{hijk}}{\sum_{j=1}^{m_i} a_{hij}}$$

La siguiente ecuación describe  $y_{hik}$  por hectárea a nivel de estrato ( $h$ ) y su varianza

$$y_{hik} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hik}}{n_h}$$

$$V(y_{hih}) = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (y_{hik} - y_{hih})^2}{n_h(n_h - 1)} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (y_{hik}^2) - \frac{(\sum_{i=1}^{n_h} y_{hik})^2}{n_h}}{n_h(n_h - 1)}$$

El estimador general proporciona información por hectárea a nivel predial, y está dado en la siguiente expresión:

$$Y_{ha_{est}} = \frac{1}{A} \sum_{h=1}^L A_h \times y_{hih}$$

$$\hat{V}(Y_{ha_{est}}) = \frac{1}{A^2} \sum_{h=1}^L A_h^2 \times \hat{v}(y_{hih})$$

Los intervalos de confianza para  $Y_{ha_{est}}$  al 95 % de confiabilidad fueron:

$$\left[ Y_{ha_{est}} - 2 \times (\hat{V}(Y_{ha_{est}}))^{0.5}; Y_{ha_{est}} + 2 \times (\hat{V}(Y_{ha_{est}}))^{0.5} \right]$$

El error de muestreo relativo (EMR) estimado fue:

$$EMR = \frac{2 \times (\hat{V}(Y_{ha_{est}}))^{0.5}}{Y_{ha_{est}}} \times 100$$

El total del predio estratificado ( $Y_{est}$ ) se determinó con la expresión a continuación:

$$Y_{est} = \sum_{h=1}^L A_h \times y_{hih}$$

Y su varianza se estima como:

$$\hat{V}(Y_{est}) = \sum_{h=1}^L A_h^2 \times \hat{v}(y_{hih})$$

Los intervalos de confianza para  $Y_{est}$  al 95 % de confiabilidad, basado en  $Y_{est}$  fue:

$$\left[ Y_{est} - 2 \times (\hat{V}(Y_{est}))^{0.5}; Y_{est} + 2 \times (\hat{V}(Y_{est}))^{0.5} \right]$$

El error de muestreo relativo (EMR) estimado fue:



$$EMR = \frac{2 \times (\hat{V}(Y_{est}))^{0.5}}{Y_{est}} \times 100$$

### Estimador de muestreo aleatorio estratificado

Este estimador basado en Cochran (1984) sugiere:

#### Notaciones

El subíndice  $h$  denota el estrato, e  $i$  la unidad dentro del estrato.

$n_h$ : Número de unidades de muestreo secundaria de la muestra en el estrato  $h$

$y_{hi}$ : Valor obtenido para la  $i$ -ésima unidad de muestreo secundaria

Dónde:

$$\bar{y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}}{n_h}$$

La varianza de la media muestral entre unidades muestrales del estrato  $h$

$$S_{yh}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}^2 - \left( \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}}{n_h} \right)^2}{n_h - 1}$$

La expresión utilizada para la media muestral estratificada fue

$$\bar{y}_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L A_h \bar{y}_h}{A}$$

Varianza de la media muestral de la población

$$S_{y_{est}}^2 = \sum_{h=1}^L \left( \frac{A_h}{A} \right)^2 S_{yh}^2$$

Los intervalos de confianza para  $\bar{y}_{est}$  al 95 % de confiabilidad fue:

$$\left[ \bar{y}_{est} - 2 \times (S_{y_{est}}^2)^{0.5}; \bar{y}_{est} + 2 \times (S_{y_{est}}^2)^{0.5} \right]$$

El error de muestreo relativo (EMR) se calcula de la siguiente forma:

$$EMR = \frac{2 \times (S_{y_{est}}^2)^{0.5}}{\bar{y}_{st}} \times 100$$

### **Escenarios de muestreo**

Para el análisis de los datos del inventario forestal se construyeron diferentes escenarios permisibles para el análisis de las implicaciones de la modificación y simulación de la metodología aplicada en el ejido Noh Bec. Los escenarios son los que se describen a continuación:

### **Tamaño de la UMS**

1. Debido a que se cuenta con dos tamaños potenciales de UMS se proponen variantes y casos de interés de los cuales es factible obtener información. El tamaño de las UMS tiene las siguientes características:
  - a. UMS general que incluye datos muestreados en 200 m<sup>2</sup> y registrados a partir de 7.5 cm de DAP y permite obtener información de área basal, densidad, volumen fuste limpio, volumen total árbol y biomasa aérea total por hectárea.
  - b. UMS de datos segmentada 1.- Incluye los datos muestreados en el subsitio 1 y que tiene una superficie de 200 m<sup>2</sup> tomando en cuenta solo los árboles mayores de 25 cm de diámetro. Este tipo de muestreo solo se preocupa de los árboles con características maderables al momento del inventario.
  - c. UMS segmentada 2.- Incluye datos muestreados a partir de 25 cm de diámetro incluye al subsitio 1 y 2 y tiene una superficie total de en 400 m<sup>2</sup>

Cada uno de los escenarios permite obtener estimaciones tomando como referencia los estimadores planteados.

### **Número de unidades de muestreo secundario por conglomerado**

El diseño utilizado permite concentrar el trabajo del inventario en un área relativamente pequeña sin grandes desplazamientos en campo. Sin embargo la cantidad más adecuada de UMS por UMP no se ha estudiado en este tipo de bosques. Esto nos lleva a evaluar las siguientes opciones respecto al número total de UMS por UMP.

1. UMP completas.- Incluye las 4 unidades de muestreo secundarias en todos los conglomerados en todas las secciones del inventario.
2. UMP incompletas 1.- Incluye solo 3 unidades de muestreo secundarias en todos los conglomerados en todas las secciones del inventario.
3. UMP incompletas 2.- Incluye 2 unidades de muestreo secundarias en todos los conglomerados en todas las secciones del inventario.
4. UMP incompletas 3.- Puede incluir 2, 3 y 4 unidades de muestreo secundarias en diferentes conglomerados en todas las secciones del inventario. Esto se hizo al azar para simular el tamaño desigual, como pudiera ocurrir en el caso de omisión de medición o subestrato.

### **Estimadores utilizados**

Las combinaciones de tamaño de UMS y UMS por UMP se analizaron bajo los estimadores descritos anteriormente y se hicieron comparaciones tanto en los estimadores puntuales (medias) como en los estimadores de intervalo (varianzas). A partir de estos resultados se propone una estrategia de muestreo en el futuro.

### 3.3.3.3. De la remediación del Inventario Forestal Ejidal

Se actualizó la base de datos del inventario forestal ejidal del 2009 con los datos de campo del 2012. Para realizar su análisis se utilizaron los estimadores de media de razones descritos anteriormente para poder realizar las estimaciones.

### 3.3.3.4. Estimación de incrementos

#### Estimador de razón para el incremento

Para realizar la estimación del incremento puntual basado en Cochran (1984) se sugiere el siguiente estimador de razón:

$$\hat{R} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$$

Dónde:

$\hat{R}$  = Es la razón de la variable de interés

$\bar{y}$  = Valor de la variable dasométrica de interés (área basal por hectárea ( $\text{ab.ha}^{-1}$ ), volumen total árbol ( $\text{vta.ha}^{-1}$ ), biomasa aérea total por hectárea ( $\text{bat.ha}^{-1}$ ) año 2012

$\bar{x}$  = Valor de la variable dasométrica de interés ( $\text{ab.ha}^{-1}$ ,  $\text{vta.ha}^{-1}$  y  $\text{bat.ha}^{-1}$ ) año 2009

Para la estimación de la varianza del estimador de razón

$$V(\hat{R}) = \frac{1 - \frac{n}{N}}{n \times \bar{x}^2} \times \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{R}x_i)^2}{n - 1}$$

Para la estimación de los intervalos de confianza al 95% de confiabilidad

$$\hat{R} - t_{\frac{\alpha}{2}} \times V(\hat{R})^{0.5}, \hat{R} + t_{\frac{\alpha}{2}} \times V(\hat{R})^{0.5}$$

El error de muestreo relativo (EMR) se calcula de la siguiente forma:

$$EMR = \frac{t_{\frac{\alpha}{2}} \times V(\hat{R})^{0.5}}{\hat{R}} \times 100$$

Para la actualización del inventario forestal 2009, se sugiere la siguiente fórmula en cuanto a la media poblacional y el total.

$\hat{Y}_r = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \bar{X}$ , media de la población y  $\hat{Y}_r = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} X$  razón del total donde  $X$  es el inventario total del 2009 y  $\bar{X}$  es la media del 2009.

### Componentes de cambio

Para estimar los componentes de cambio de las variables dasométricas (ab.ha<sup>-1</sup>, vta.ha<sup>-1</sup> y bat.ha<sup>-1</sup>) se sugieren:

### Incremento periódico (IP)

$$IP = G_{v2} - G_{v1}$$

$G_{v2}$  Valor promedio de la variable de interés en el tiempo 2 ( $t_2$ )

$G_{v1}$  Valor promedio de la variable de interés en el tiempo 1 ( $t_1$ )

Tomppo *et al.* (2010) propone la siguiente expresión para la estimación de la varianza para el estimador del incremento periódico

$$S_{\Delta}^2 = S_{G_{v2}}^2 + S_{G_{v1}}^2 - 2 \times \rho \times S_{G_{v2}} \times S_{G_{v1}}$$

Donde  $S_{G_{v2}}^2$  y  $S_{G_{v1}}^2$  son las varianzas de la variable de interés del tiempo 2 y 1 respectivamente y  $\rho$  es el coeficiente de correlación de los dos tiempos.

El error estándar del incremento periódico es expresado como

$$S_{\bar{\Delta}} = \frac{S_{\Delta}}{\sqrt{n}}$$

Y el coeficiente de correlación

$$\rho = \frac{S_{G_{v2} \cdot G_{v1}}}{S_{G_{v2}} \times S_{G_{v1}}}$$

### **Incremento periódico anualizado (IPA)**

$$IP = \frac{G_{v2} - G_{v1}}{P}$$

Dónde: P= periodo en años;  $G_{v2}$ =Valor promedio de la variable de interés en el tiempo 2 ( $t_2$ )

$G_{v1}$ =Valor promedio de la variable de interés en el tiempo 1 ( $t_1$ )

### **Incremento porcentual (IPP%)**

$$IPP\% = (\hat{R} - 1) \times 100 = \left( \frac{\bar{y}}{\bar{x}} - 1 \right) \times 100$$

### **Incremento porcentual anualizado (IPA%)**

$$IPA\% = \frac{(\hat{R} - 1) \times 100}{P} = \frac{\left( \frac{\bar{y}}{\bar{x}} - 1 \right) \times 100}{P}$$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Comparaciones de los escenarios de muestreo

Para realizar las comparaciones de los estimadores y los escenarios se trabajó con el área basal por tener menos fuentes de error. En el Cuadro 3 se presentan los valores estadísticos: media estratificada ( $y_{est}$ ), varianza de del estimador ( $S^2$ ) y precisión (E) para los tres estimadores utilizados en cada uno de los diferentes escenarios probados para el área basal por hectárea en el arbolado mayor a 25 cm de dap.

**Cuadro 3.- Estimadores estadísticos del área basal para diferentes escenarios.**

Tipo de estimador	Tamaño del sitio (m <sup>2</sup> )	Escenario <sup>α</sup>	$y_{est}$ (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	$S^2$	E (%)
Razón de medias	200	4	15.53	0.742	11.1
		3	15.21	0.846	12.1
		2	15.41	1.175	14.1
		MULTIPLE	15.49	0.887	12.2
	400	4	15.49	0.392	8.1
		3	15.36	0.475	9
		2	15.75	0.633	10.1
		MULTIPLE	15.45	0.443	8.6
Media de razones	200	4	15.53	0.742	11.1
		3	15.18	0.844	12.1
		2	15.42	1.174	14.1
		MULTIPLE	15.48	0.906	12.3
	400	4	15.49	0.392	8.1
		3	15.36	0.475	9
		2	15.75	0.633	10.1
		MULTIPLE	15.49	0.451	8.7
Muestreo Aleatorio	200	4	15.53	0.6	10
3		15.21	0.76	11.4	
Estratificado		2	15.47	1.18	14

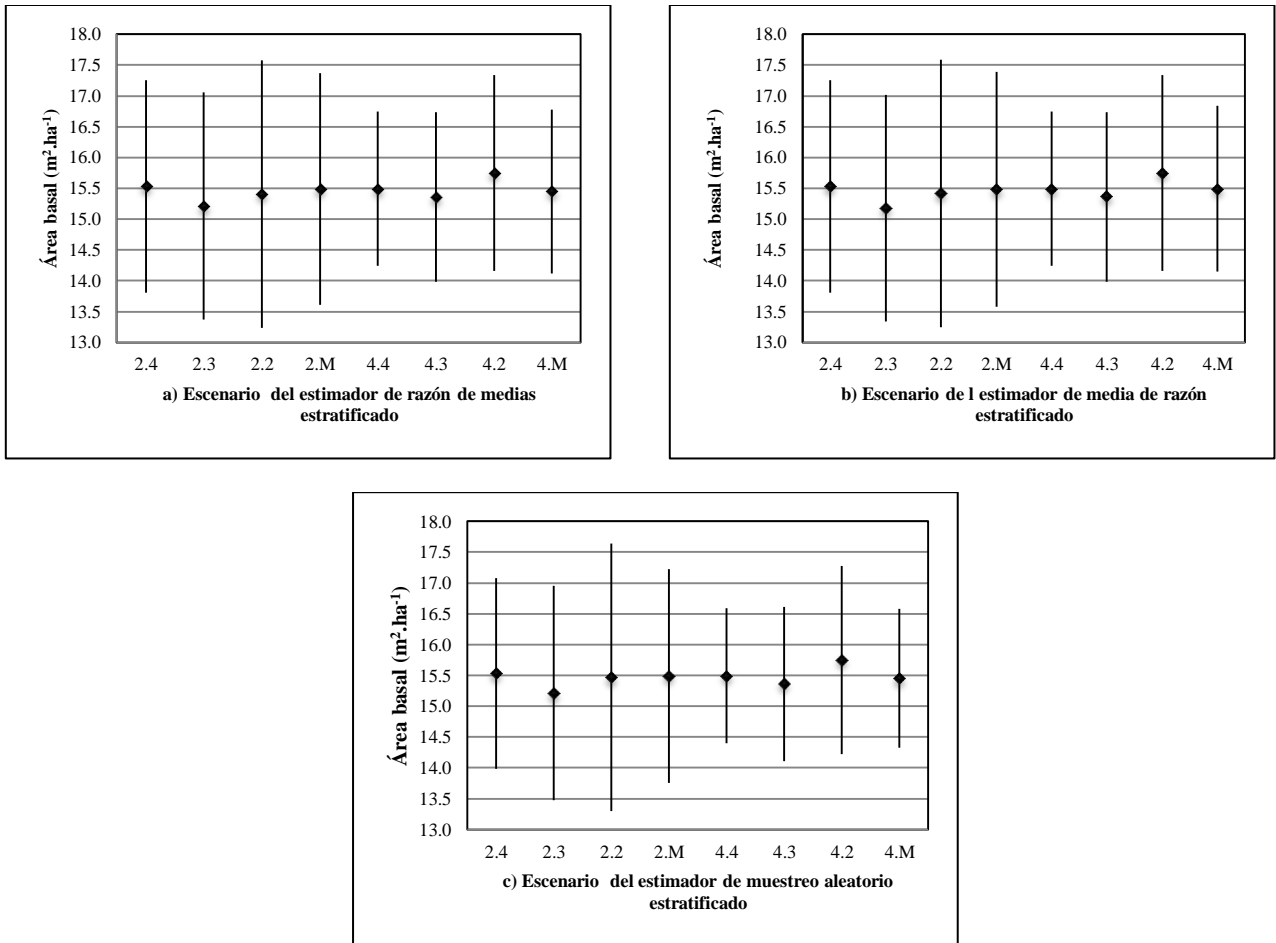
	MULTIPLE	15.49	0.75	11.2
400	4	15.49	0.3	7.1
	3	15.36	0.39	8.2
	2	15.75	0.58	9.7
	MULTIPLE	15.45	0.32	7.3

<sup>a</sup> Los escenarios son los siguientes: 4.- Conglomerado con 4 UMS, 3.- Conglomerado con 3 UMS, 2.- Conglomerado con 2 UMS y MULTIPLE.- Conglomerado que puede contener cualquiera de las anteriores de manera aleatoria.

Las medias estratificadas para los estimadores, tamaño de sitio y escenario muestreados varían desde los 15.175 hasta 15.749 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. En los sitios de 200 m<sup>2</sup> se presentan los valores en precisión más bajas que oscilan entre los 10.0 y 14.1%. Las más precisas se encuentran en los sitios de 400 m<sup>2</sup> con variaciones entre 7.1 a 10.1%. Es observable que a medida que se reduce el número de sitios por conglomerado, la precisión se reduce. El estimador de razón de medias es más preciso que el estimador de media de razones, cuando no se miden todas las UMS donde se originan UMP de tamaños diferentes.

En la figura 8, se presentan las medias e intervalos de confianza al 95% de los diferentes escenarios probados con los estimadores evaluados para el área basal.





**Figura 7.-Medias e intervalos de confianza al 95% de los diferentes escenarios de muestreo de los tres estimadores de muestreo utilizados para el análisis del área basal.**

En la Figura 7, los escenarios de los estimadores de muestreo para razón de medias, media de razones y de muestreo aleatorio estratificado los valores puntuales para la media estratificada del área basal son muy similares basado en que el intervalo de confianza más estrecho atrapa todas las medias en cualquiera de estos casos. La mejor precisión a nivel de estimadores se obtiene con el muestreo aleatorio estratificado donde las UMS se consideran independientes. El estimador de razón de medias es más preciso que el de media de razones, cuando alguna de las UMP están integradas por menos de cuatro UMS o de manera combinada .

Particularmente de los intervalos de confianza al 95%, se obtienen mejores resultados en el tamaño de parcela de 400 m<sup>2</sup> y midiendo las 4 UMS; por el contrario con el tamaño de parcela de 200 m<sup>2</sup> y midiendo 2 UMS se encuentra los intervalos de confianza más amplios. Es observable que a medida que se reduce el número de sitios y tamaño de estos por conglomerado, la precisión se reduce.

#### 4.2. Incrementos por hectárea para el área basal, volumen total árbol y biomasa aérea total

En el Cuadro 4 se muestra los estadísticos del estimador de razón usado para estimar el incremento para las variables dasométricas para arbolado mayor a 7.5 cm: área basal (AB), volumen total árbol (VTA) y biomasa aérea total (BAT).

**Cuadro 4.- Estadísticos del estimador de razón para las variables dasométricas**

<b>Estadístico</b>	<b>AB</b>	<b>VTA</b>	<b>BAT</b>
<b>Razón</b>	1.082	1.096	1.104
<b>V (m)</b>	1.286	109.395	94.534
<b>V (r)</b>	0.0002	0.0003	0.0005
<b>E (%)</b>	2.9	3.5	4.1
<b>L.S.</b>	1.113	1.135	1.148
<b>L.I.</b>	1.051	1.058	1.059

V (m) varianza muestral, V (r) varianza de razón, E (%) precisión, L.S. límite superior, L.I. límite inferior

En el Cuadro 4 se presenta los incrementos derivados del análisis de la medición 2009 y su remediación correspondiente en 2012. El Cuadro 5 se incluyeron: Incremento Periódico Anual (IPA), Incremento Periódico (IP), Incremento Porcentual Anual (IPA%), Incremento Porcentual Periódico (IPP%) para cada una de las variable dasométricas.

**Cuadro 5.-Incrementos de las variables dasométricas.**

<b>Variable</b>	<b>Incremento</b>			
	<b>IPA</b>	<b>IP</b>	<b>IPA%</b>	<b>IPP%</b>
<b>Área basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>	0.423	1.270	2.7	8.2

<b>Volumen total árbol (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>	3.721	11.163	3.2	9.6
<b>Biomasa área total (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>	3.212	9.635	3.5	10.4

El incremento periódico anual en área basal del ejido Noh Bec fue de 0.423 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, el cual es ligeramente mayor al reportado por Vester y Navarro (2007) para el mismo ejido con un incremento corriente anual de 0.32 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> mediante parcelas permanentes de muestreo.

Es posible realizar una estimación del incremento, cuando no se conoce la edad, utilizando el incremento medio del periodo o incremento promedio, a través de la agrupación de los individuos en categorías diamétricas y realizando al menos 2 mediciones en diferentes momentos (López y Tamarit, 2005; Prodan *et al.*, 1997).

#### **4.3. Incremento del volumen total árbol por hectárea para individuos mayores a 25 cm**

En el manejo forestal en el ejido de Noh Bec es importante conocer los incrementos volumétricos para la primera reserva (25-34.9 cm) y cortable (35 cm en adelante) para especies duras y blandas; y primera, segunda y tercera reserva (25-54.4) y cortable (55 cm en adelante) para especies preciosas. Por lo anterior, se realizó la estimación del incremento del arbolado mayor a 25 cm (incluye subsitio 1 y 2) . Los árboles en estas categorías tienen un incremento periódico anual de 2.088 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, un incremento porcentual de 5.07% en tres años, el incremento porcentual anualizado de 1.69%. Para el año 2009, había 126.011 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> en promedio para el predio. Al 2012, las existencias han incrementado a 132.411 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> en áreas sin aprovechamiento después de las dos mediciones.

#### 4.4. Incrementos por hectárea de *Pouteria reticulata*

Para este apartado se analizó el incremento de la especie *Pouteria reticulata* (zapotillo) para arbolado mayor a 7.5 cm, debido a su relevancia comercial y abundancia en el predio. La especie zapotillo tiene un incremento periódico anual de  $0.361 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , un incremento porcentual de 6.6% durante el periodo evaluado, el incremento porcentual anualizado de 2.2%. Para el año 2009, existían  $12.397 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  en promedio para el predio. En el 2012 las existencias de esta especie son  $13.2 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ .

#### 4.5. Actualización del inventario forestal ejidal

Para actualizar el inventario forestal ejidal del 2009 y conocer las nuevas existencias reales por hectárea, se usó la razón estimada correspondiente del cuadro 10. En el Cuadro 6 se presentan las existencias reales para el año 2009 y las actualizadas por medio del estimador de razón y sus límites de confianza al 95% para el año 2012.

**Cuadro 6.-Existencias reales del área basal, volumen total árbol y biomasa aérea total por hectárea de los años 2009 y 2012**

Variable	2009	2012	LI	LS
<b>Área basal (<math>\text{m}^2.\text{ha}^{-1}</math>)</b>	24.159	26.140	25.385	26.895
<b>Volumen total árbol (<math>\text{m}^3.\text{ha}^{-1}</math>)</b>	183.157	200.809	193.747	207.870
<b>Biomasa aérea total (<math>\text{Mg}.\text{ha}^{-1}</math>)</b>	149.684	165.216	158.524	171.907

LI límite inferior, LS límite superior

Para el año 2009, se encontraban unas existencias totales de biomasa aérea total de  $3,152,170.51 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}$ , al 2012, se encontraron  $3,479,249.77 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}$ , con intervalo de confianza al 95% de  $3,338,328.22 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}$  como límite inferior y  $3,620,171.31 \text{ Mg}.\text{ha}^{-1}$  como límite superior.

#### 4.6. Resumen de las características dasométricas del predio

Tomando en cuenta que el mejor estimador es razón de medias, los resultados que a continuación se presentan están basados en este estimador. Se presenta en este apartado los resultados a nivel general el inventario correspondiente al arbolado mayor o igual a 7.5 cm de diámetro a la altura del pecho en cada una de las variables involucradas en el análisis. En el inventario quedaron registradas 123 especies forestales. Para efecto de presentar los resultados por especie se muestran las 14 especies más abundantes y se resumen en el catálogo de “otras” 109 especies menos abundantes según la variable analizada.

##### 4.6.1. Área basal

El predio presenta un promedio de  $24.159 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$  de área basal, con una precisión del 7.3% (intervalo de confianza 95%  $22.406$  y  $25.912 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ). White and Hood (2004) reportan que el área basal en bosques maduros de la Península de Yucatán oscila entre  $11.9$  y  $32.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  para vegetación mayor a 3 cm de DAP. La distribución del área basal por especie se detalla en el Cuadro 7.

Cuadro 7.- Distribución del área basal por especie

Espece	Área basal ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	Porcentaje (%)
Zapote	5.353	22.2
Zapotillo	2.257	9.3
Ramón	1.927	8.0
Chaktekok	0.985	4.1
Amapola	0.943	3.9
Tabaquillo	0.927	3.8
Kaniste	0.868	3.6
Sac chaka	0.856	3.5
Chaka roja	0.852	3.5
Chechen	0.832	3.4
Ya'axnik	0.703	2.9

<b>Pas´asak</b>	0.630	2.6
<b>Caoba</b>	0.592	2.4
<b>Katalox</b>	0.555	2.3
<b>Subtotal</b>	18.280	75.7
<b>Otras</b>	5.879	24.3
<b>Total</b>	24.159	100.0

De las 123 especies registradas en el inventario, 14 especies acumulan el 75.7% del área basal. Las especies dominantes en área basal son: zapote ( $5.353 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ), zapotillo ( $2.257 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ), ramón ( $1.927 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ), chaktekok ( $0.985 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) y otras ( $5.879 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ).

#### 4.6.2. Volumen fustal limpio

El promedio de volumen fustal limpio sin corteza ( $vfl_{sc}$ ) en el ejido es de  $134.970 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , con una precisión del 7.9% (intervalo de confianza al 95% de  $124.318$  y  $145.622 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ). En las selvas del ejido Caobas y Petcacab se reporta un volumen fuste limpio por hectárea de  $96.787$  y  $125.226 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  respectivamente (FSC y Smartwood, 2005a; FSC y Smartwood, 2005b), lo que denota gran similitud con lo encontrado en el ejido Noh bec. La distribución del volumen fustal por especie se especifica en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.- Distribución del volumen fustal limpio sin corteza por especie**

<b>Especie</b>	<b><math>vfl_{sc}</math> (<math>\text{m}^3.\text{ha}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Zapote</b>	30.850	22.9
<b>Zapotillo</b>	10.707	7.9
<b>Ramón</b>	10.150	7.5
<b>Katalox</b>	6.782	5.0
<b>Chaktekok</b>	5.336	4.0
<b>Sac chaka</b>	5.171	3.8
<b>Caoba</b>	4.742	3.5
<b>Chechen</b>	4.718	3.5
<b>Chaka roja</b>	4.678	3.5
<b>Kaniste</b>	4.640	3.4

<b>Amapola</b>	4.436	3.3
<b>Tabaquillo</b>	4.228	3.1
<b>Pas´asak</b>	3.792	2.8
<b>Tastab</b>	2.590	1.9
<b>Subtotal</b>	102.821	76.2
<b>Otras</b>	32.149	23.8
<b>Total</b>	134.970	100

De las 123 especies registradas en el inventario, 14 especies acumulan el 76.2% del volumen fustal limpio sin corteza. Las cinco especies representativas para esta variable son: zapote ( $30.85 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), zapotillo ( $10.707 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), ramón ( $10.15 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), chaktekok ( $6.782 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) y otras con el 23.8% ( $32.149 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ).

#### 4.6.3. Volumen total árbol

El promedio de volumen total árbol ( $v_{ta_{cc}}$ ) con corteza en el ejido es de  $183.157 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , con una precisión del 8.1% (intervalo de confianza al 95%  $168.410$  y  $197.903 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ). La distribución del volumen total árbol por especie se detalla en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.- Distribución del volumen total árbol con corteza por especie**

<b>Especie</b>	<b>VTAcc (<math>\text{m}^3.\text{ha}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Zapote</b>	44.517	24.3
<b>Ramón</b>	15.652	8.5
<b>Zapotillo</b>	15.547	8.5
<b>Chaktekok</b>	7.538	4.1
<b>Amapola</b>	7.249	4.0
<b>Chaka roja</b>	6.775	3.7
<b>Kaniste</b>	6.530	3.6
<b>Sac chaka</b>	6.382	3.5
<b>Tabaquillo</b>	6.349	3.5
<b>Chechen</b>	5.890	3.2
<b>Caoba</b>	5.659	3.1
<b>Ya´axnik</b>	5.182	2.8
<b>Pas´asak</b>	4.746	2.6
<b>Katalox</b>	4.440	2.4
<b>Subtotal</b>	142.453	77.8

<b>Otras</b>	40.703	22.2
<b>Total</b>	183.157	100

El 77.8% del volumen total árbol con corteza está reunido en 14 especies. Para mencionar algunas como: zapote ( $44.517 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), ramón ( $15.652 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), zapotillo ( $15.547 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), chaktekok ( $7.538 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) y otras con el 22.2% ( $40.70 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ).

#### 4.6.4. Número de árboles

Considerando parte de la descripción de la estructura. El bosque del ejido Noh Bec tiene una densidad promedio de 660.4 árboles por hectárea ( $\text{árb}.\text{ha}^{-1}$ ), una precisión de 6.6% con un mínimo y máximo posible de 616.8 y 703.9  $\text{árb}.\text{ha}^{-1}$  respectivamente.

**Cuadro 10.- Distribución de la densidad por especie**

<b>Especie</b>	<b>Densidad (<math>\text{árb}.\text{ha}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Zapotillo</b>	157.5	23.9
<b>Zapote</b>	41.5	6.3
<b>Tabaquillo</b>	40.4	6.1
<b>Ramón</b>	26.6	4.0
<b>Chaktekok</b>	22.1	3.3
<b>Botan</b>	21.4	3.2
<b>Sac chaka</b>	20.0	3.0
<b>Kaniste</b>	19.3	2.9
<b>Chaka roja</b>	19.1	2.9
<b>Chechen</b>	17.2	2.6
<b>Guano</b>	16.0	2.4
<b>Ekule</b>	14.9	2.3
<b>Copal</b>	14.7	2.2
<b>Pas´asak</b>	12.6	1.9
<b>Subtotal</b>	443.6	67.2
<b>Otras</b>	216.9	32.8
<b>Total</b>	660.4	100

El 67.2 % de la densidad se concentra en 14 especies con  $443.6 \text{ árb}.\text{ha}^{-1}$  y el grupo de “otras” con  $216.9 \text{ árb}.\text{ha}^{-1}$ . La especie más abundante es el zapotillo con  $157.5$



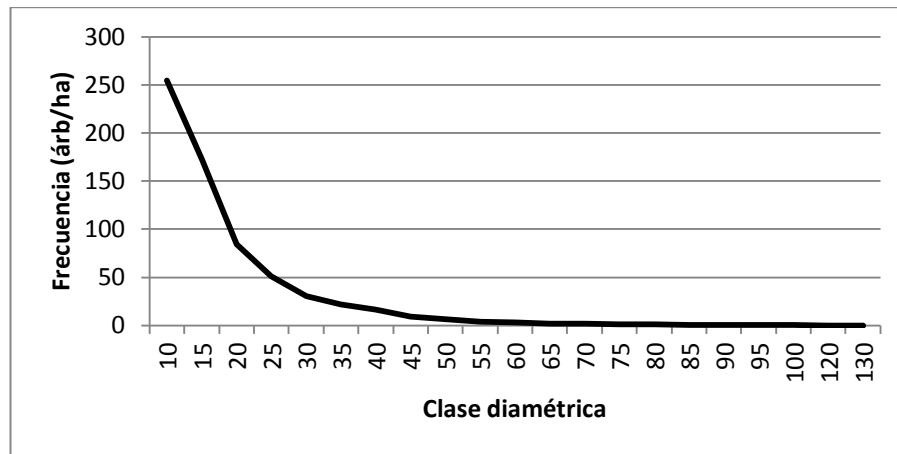
árb.ha<sup>-1</sup> lo que representa el 23.9%. Esta especie es característica del sotobosque y tiene una regeneración muy agresiva. Seguida por el zapote con 41.5 árb.ha<sup>-1</sup>.

La caoba se ubica en el lugar 24, con 6.2 árb.ha<sup>-1</sup>. Se señala este dato por ser un género de importancia económica para el ejido. Argüelles *et al.* (1998) señalan que existían 7.9 árb.ha<sup>-1</sup> y Argüelles (1991) reporta 6.057 árb.ha<sup>-1</sup> para el ejido de Noh bec, lo que indica que la densidad de esta especie se ha mantenido constante.

La distribución del número de árboles por hectárea por clase diamétrica se detalla en el cuadro 11 y se ilustra en la Figura 1.

**Cuadro 11.- Distribución del número de árboles por hectárea por clase diamétrica**

<b>Clase diamétrica (cm)</b>	<b>Densidad (árb.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Clase diamétrica (cm)</b>	<b>Densidad (árb.ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>10</b>	254.4	<b>65</b>	2.0
<b>15</b>	172.0	<b>70</b>	1.8
<b>20</b>	84.1	<b>75</b>	1.4
<b>25</b>	50.8	<b>80</b>	1.2
<b>30</b>	30.6	<b>85</b>	0.5
<b>35</b>	21.6	<b>90</b>	0.3
<b>40</b>	16.7	<b>95</b>	0.3
<b>45</b>	8.9	<b>100</b>	0.2
<b>50</b>	6.6	<b>120</b>	0.1
<b>55</b>	3.7	<b>130</b>	0.0
<b>60</b>	3.2		
<b>Total general</b>			660.4



**Figura 8.- Distribución del número de árboles por hectárea por clase diamétrica del ejido Noh Bec**

CATIE (2001) menciona que cuando un bosque presenta una tendencia como la mostrada en la Figura 1, se describe como un bosque maduro intervenido con una estructura en perfil vertical como discetánea con forma completa. Las selvas del ejido Noh Bec han sido sujetas a más de 30 años de aprovechamientos forestales continuos, lo cual, explica el comportamiento del número de árboles por clase diamétrica.

#### **4.6.5. Biomasa total aérea**

Se estimó para el predio un promedio de biomasa aérea total (BAT) de 149.684 Mg.ha<sup>-1</sup> con una precisión 8.4% y estimaciones dentro de 137.067 y 162.300 Mg.ha<sup>-1</sup>. Cairns *et al.* (2003) reportan 191.5 Mg.ha<sup>-1</sup> en La Pantera, Ejido Graciano Sánchez, al centro del Estado de Quintana Roo. Los valores obtenidos en este estudio para la biomasa aérea total de la selva mediana perennifolia se encuentran dentro del rango global reportado de 28 a 266 Mg.ha<sup>-1</sup> para selvas tropicales secas (Murphy and Lugo 1986, Martínez, 1995) pero se encuentra por debajo del intervalo

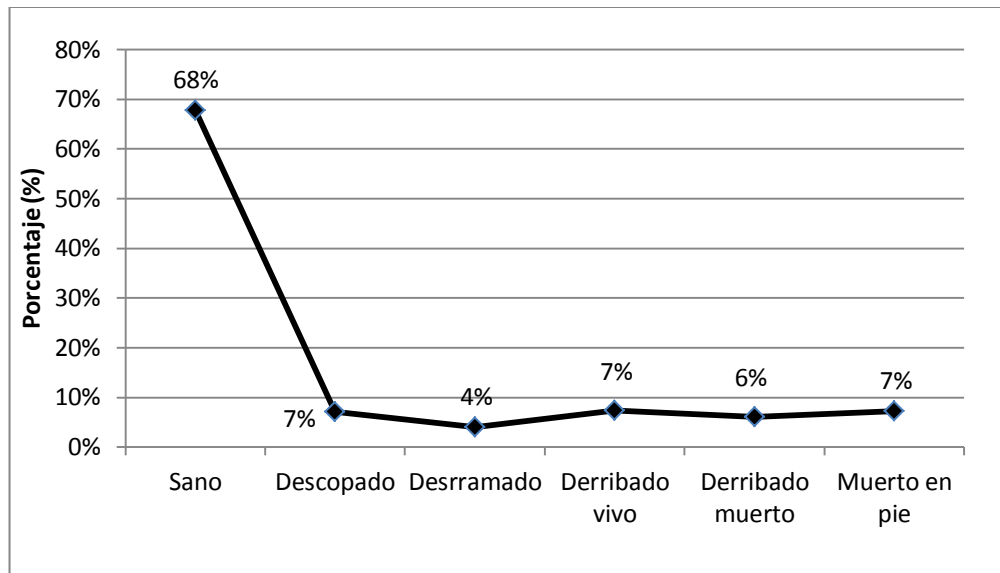
reportado para selvas tropicales húmedas (209 a 1163 Mg.ha<sup>-1</sup>) (Murphy and Lugo 1986). El resumen de la distribución de la biomasa aérea total por especie se describe en el Cuadro 12.

**Cuadro 12.- Distribución de la biomasa aérea total por especie**

<b>Especie</b>	<b>Biomasa aérea total (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Zapote</b>	35.564	23.8
<b>Ramón</b>	13.178	8.8
<b>Zapotillo</b>	11.910	8.0
<b>Amapola</b>	6.607	4.4
<b>Chaktekok</b>	6.236	4.2
<b>Kaniste</b>	5.485	3.7
<b>Sac chaka</b>	5.404	3.6
<b>Chaka roja</b>	5.299	3.5
<b>Tabaquillo</b>	5.037	3.4
<b>Chechen</b>	4.965	3.3
<b>Ya'axnik</b>	4.613	3.1
<b>Caoba</b>	4.303	2.9
<b>Katalox</b>	4.044	2.7
<b>Pas'asak</b>	3.974	2.7
<b>Subtotal</b>	116.619	77.9
<b>Otras</b>	33.065	22.1
<b>Total</b>	149.684	100

El 77.2% de la biomasa aérea total esta almacenada en 14 especies. Los géneros que más biomasa aérea total aportan el zapote con 35.564 Mg.ha<sup>-1</sup>, ramón con 13.17 Mg.ha<sup>-1</sup>, zapotillo con 11.91 Mg.ha<sup>-1</sup> y 109 géneros agrupados en "otras" aportan 33.065 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Utilizando la condición del arbolado dividida en seis categorías se presenta la Figura 10, que describe la distribución de la biomasa aérea total en cada una de estas categorías.



**Figura 9.- Distribución de la biomasa aérea total según su condición de salud**

En esta forma podemos decir que para el año 2009, (dos años después del impacto del huracán Dean), el 68% de la biomasa aérea total del bosque del ejido Noh Bec está dentro de la condición “sano”, lo que significa que la mayoría de los árboles no tuvieron daño ocasionado por el huracán.

Usando la relación 2:1 de la biomasa total seca con respecto a la concentración de carbono (50%) (IPCC, 1996 y Segura, 1999) y usando los resultados de la biomasa aérea total promedio por ha en el predio, se estima la cantidad de carbono en de  $74.842 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  con intervalo de confianza al 95% de  $68.534$  y  $81.15 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Estos cálculos son muy cercanos a los reportados por diversos autores como: Houghton (1999) y DeFries *et al.* (2002) que reporta  $55 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , Brown (1997), Achard *et al.* (2004) reportan  $47 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , y el IPCC (2006) informa  $126 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para la selva tropical seca. La cantidad de carbono aéreo total dentro del área muestreada es de  $1,576,084.95 \text{ Mg}$ , dentro de un intervalo de confianza al 95% de  $1,443,245.86$  y  $1,708,924.05 \text{ Mg}$ .

## 5. CONCLUSIONES

- 5.1. Los resultados sugieren que para un estudio de inventario forestal con fines de manejo, el utilizar el muestreo por conglomerados es estadísticamente menos eficiente que el diseño aleatorio simple o estratificado.
- 5.2. Sin embargo cuando se decide utilizar este diseño se debe al menos garantizar la localización de 3 UMS por conglomerado y estas es recomendable que sean de 400 m<sup>2</sup>. No obstante los conglomerados demostraron ser útiles para su localización y remediación al cubrir una mayor superficie en una vecindad relativamente reducida durante la remediación de los mismos. Probablemente con UMS de 400 m<sup>2</sup> distribuidas sistemáticamente en el terreno sería un poco más difícil tanto para su ubicación y logística de medición y remediación en el campo, sobre todo en áreas muy extensas, aun con la ayuda de los sistemas de geoposicionamiento global (GPS).
- 5.3. A partir de la remediación de una fracción de los conglomerados y mediante la técnica de muestreo de razón es posible obtener un valor (razón) que nos permite actualizar los datos anteriores con muy buena precisión para la estimación. Por consiguiente, la remediación de los conglomerados no debe ser tan extensiva y se puede establecer un diseño en dos fases, lo que permitirá conocer a qué ritmo crecen las selvas. Esto es vital para el ajuste en los planes de manejo operativo donde en general, no se tiene una idea clara del incremento total o específico de las especies individuales. Este tipo de estimadores sugieren además que no se necesita un esfuerzo de muestreo excesivo ya que con pocos sitios de remediación se obtienen estimadores precisos. En todo caso queda por

establecer la periodicidad de estas remediciones, así como las labores de mantenimiento a este tipo de sitios, de resguardo de datos y de capacitación profesional para garantizar su uso y utilidad en la elaboración y ajuste de planes de manejo.

5.4. En cuanto a los estimadores para el diseño de muestreo por conglomerados en dos fases se recomienda utilizar razón de medias o media de razones cuando se miden las cuatro UMS en ambos casos el resultado es igual para los valores estadísticos, otro caso es cuando existe UMP de tamaños desiguales, se consiguen mejores resultados al utilizar los estimadores de razón de medias al obtener una mejora en la precisión. Aunque el estimador de media de razones es fácil de aplicar ya que sus fórmulas son simples y similar al muestreo aleatorio simple en cada estrato. Su aplicación se facilita ya que es conocida por los técnicos, en comparación con la complejidad de fórmulas que se presenta con el estimador de razón de medias.

5.5. Los sitios de muestreo de 400 m<sup>2</sup> son los que obtuvieron mejor precisión y por el contrario los sitios de 200 m<sup>2</sup> son los que mostraron menor precisión para el arbolado mayor a 25 cm en todos los estimadores utilizados.

5.6. A la fecha existen algunos estudios forestales en Quintana Roo, donde se propone el uso del muestreo por conglomerados pero en ellos no se especifica de manera clara la forma de analizar los datos. El uso inadecuado de los estimadores de muestreo por conglomerados en los inventarios para manejo forestal repercute en subestimaciones o sobrestimaciones del área basal, volumen y demás variables, además de que agregan costos al trabajo de campo.

- 5.7. El inventario forestal en el ejido Noh Bec, constituye un sistema de monitoreo y evaluación del programa de manejo forestal maderable y no maderable.
- 5.8. La subdivisión de unidades de muestreo como tradicionalmente se realiza en los inventarios en la Península de Yucatán, que consiste en medir a un lado de la línea de muestreo los individuos mayores a 7.5 cm de diámetro, y en el otro los individuos mayores a 25 cm de diámetro, genera una dificultad en el análisis de la información del inventario, ya que deriva en realizar prácticamente dos análisis por separado como si se tratará de muestreos separados. El primer caso es para individuos desde 7.5 cm hasta 25 cm, mismo que queda sub-representado en comparación con el segundo caso. Que consiste en individuos mayores o iguales a 25 cm. Lo anterior sucede al intentar representar con buena precisión las clases diamétricas cortables.
- 5.9. Realizando una revisión del primer Inventario Nacional Forestal para el territorio de Quintana Roo, es de este inventario donde surge la metodología utilizada en los inventarios actuales para manejo forestal, que consisten en parcelas de muestreo continuas con líneas de muestreo equidistantes, esta forma de inventario es considerada muestreo por conglomerados a pesar de esto se analiza como muestreo aleatorio simple.
- 5.10. Los inventarios en la Península de Yucatán son extensivos y sobretodo costosos, por esto se debe investigar la aplicación de un muestreo de razón, utilizando para una fase principal un muestreo aleatorio simple o estratificado, y para la fase auxiliar, utilizar el muestreo con sitios de dimensiones variables ya que este muestreo ayudará a aumentar la precisión en las categorías de manejo.

## 6. LITERATURA CITADA

- Achard, F.; H. D. Eva; P. Mayaux, H. J. Stibig, and A. Belward. 2004. Improved estimates of net carbon emissions from land cover change in the tropics for the 1990s *Glob. Biogeochem Cycles* 18:doi:10.1029/2003GB002142..
- Argüelles S., L. A. 1991. Plan de manejo forestal para el bosque tropical de la empresa ejidal Noh-Bec. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 128 p.
- Argüelles S., L. A., y F. R. Sánchez B. (2003). Programa de manejo forestal para el predio central Prado. *Tropica Rural Latinoamericana A.C.* Quintana Roo, México. 97 pp.
- Argüelles S., L. A.; F. R. Sánchez B., A. Caballero R., y E. Ramírez S. 1998. Programa de manejo forestal para el bosque tropical del ejido Noh-Bec. *Tropica Rural Latinoamericana A.C.* Quintana Roo, México. 99 p.
- Bechtold, W. A., and P. L. Patterson. (eds.). 2005. The enhanced Forest Inventory and Analysis program—national sampling design and estimation procedures. Gen. Tech. Rep. SRS-80. Asheville, North Carolina: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 85 p.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. *FAO Forestry Paper no. 134* Rome, Italy. 55 p.
- Brown, S., A. J. R. Gillespie, y A. E. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35: 881-902.
- Cairns, M. A., I. Olmsted, J. Granados, and J. Argaez. 2003. Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management* 186 (2003) 125–132
- CATIE. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Volumen 50 de la Serie técnica (CATIE). Manual técnico. 264 p
- Cochran, W. G. (1984). *Técnicas de muestreo*. México: Compañía Editorial Continental. 513 p.
- DeFries, R. S., R. A. Houghton, M. C. Hansen, C. B. Field, D. Skole, and J. Townshend. 2002 Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s *Proc. Natl Acad. Sci.* 99 ( 22): 14256–14261.
- Del Ángel S., D. 2011. Resumen ejecutivo de la manifestación de impacto ambiental (mia-p) para el proyecto: “aprovechamiento forestal maderable y no



maderable en el Ejido Noh-Bec”, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Consultado: 20 de junio de 2012. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/resumenes/2011/23QR2011FD030.pdf>. 37 p.

- DGINF. 1969. Inventario Forestal de la Zona F. Carrillo Puerto-Chunjub Quintana Roo. Publicación 12. México, D.F. 49 p.
- DGINF. 1976. Inventario Forestal del Estado de Quintana Roo. Publicación 41. México, D.F. 29 p.
- FAO. 2002. Evaluación y vigilancia de los bosques. Unasyva - No. 210 - Revista internacional de silvicultura e industrias forestales - Vol. 53 2002/3. 91 p.
- FAO. 2010. Contexto actual de los inventarios forestales nacionales en Centroamérica. Taller de expertos proyecto REDD+ para Centroamérica y República Dominicana. 22 p.
- Flachsenberg, H., y H. A. Galletti. 1999. El manejo forestal de la selva en Quintana Roo, México. La Selva Maya, Conservación y Desarrollo, Siglo XXI Editores, México, 475 pp.
- Forest Stewardship Council (FSC) y Smartwood. 2005a. Resumen Público de Certificación de Ejido Caoba. Certificado: SW-FM/COC-1647. New York, USA. 27 p.
- Forest Stewardship Council (FSC) y Smartwood. 2005b. Resumen Público de Certificación de Ejido Petcacab. Certificado: SW-FM/COC-1646. New York, USA. 28 p.
- García, E. 1984. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 16-21 pp.
- Houghton, R. A. 1999 The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850–1990. *Tellus B* 51(2):298–313
- INE. 2006. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 1990-2002. Mexico. 258 p.
- INEGI. 2001. Curvas de nivel Carta topográfica E16A45 y E16A46, Escala 1:50,000, serie I (Continuo Nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- INEGI. 2005a. Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E1601, Escala 1:250,000, serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.

- INEGI. 2005b. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico E1601, Escala 1:250,000, serie II (Continuo Nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme ed H S Eggleston, L Buendia, K Miwa, T Ngara and K Tanabe (Japan: Institute For Global Environmental Strategies).
- Kangas, A. 2006. Mensurational aspects. En: Forest Inventory: Methodology and application. In: Annika Kangas and Matti Maltamo (eds.). The Netherlands. 53-58 pp.
- Lohr, S. L. 2000. Muestreo: Diseño y análisis. Trad. México. 479 p.
- López T., J. L., y J. C. Tamarit U. 2005. Crecimiento e incremento en diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente 11(2):117-123 p.
- Malleux, J. 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. Lima, Perú, UNA. 414 p.
- Martínez Y., A. 1995. Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forest. In: Seasonally dry tropical forest. Bullock S. H., Money H. A., Medina E. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge UK 326-345.
- Miranda, F., y E. X. Hernández,. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 28: 29-179.
- Murphy, P. G. y A. E. Lugo. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. Annual Review of Ecology and Systematics 17:67-88
- Oficina de Manejo Forestal (OMF). 2012. Entrevista con el personal de la oficina de manejo forestal del ejido Noh Bec.
- Pennington, T. D y , J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. Segunda edición Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 523 p.
- Pérez, L. C. 2005. Muestreo estadístico: conceptos y problemas resueltos. Pearson educación S. A. Madrid, España. 392 p.
- Prodan, M., R.Peters, F. Cox, y P. Real. 1997. Mensura forestal. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 586 p.

- Rendón, S. G. 1993. Muestreo: aplicación en la estimación simultanea de varios parámetros. Universidad Autónoma Chapingo, México. 246 p.
- Romero G., Y. E. 2011. Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular predio particular Maalo Che, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo. Consultado: 20 de junio de 2012. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2011/23QR2011FD062.pdf>. 131 p.
- Saborowski J., und Š. Šmelko 1998. Zur Auswertung von Stichprobeninventuren mit variablen Probeflachengrosen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 169: 71–75.
- Scheaffer, R. L.; W. Mendenhall, y L. Ott. 1986. Elementos de muestreo. D. F. México. 321 p.
- Schreuder, H. T., T. G. Gregorie, and G. B. Wood. 1993. Sampling methods formultisource forest inventory. EUA. 446 p.
- Schreuder, H. T.; R. Ernst, y M. H. Ramírez. 2006. Técnicas estadísticas para muestreo y monitoreo de recursos naturales. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 144 p.
- Segura M., M. A. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central, Costa Rica. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- SEMARNAT y CONAFOR. 2010. Informe preliminar del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. Zapopan, Jalisco. México. 207 p
- Šmelko, Š., and J. Merganič. 2008. Some methodological aspects of the National Forest Inventory and Monitoring in Slovakia. Journal of Forest Science 54 (10): 476–483 p.
- Sukhatme, P. V. 1962. Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones. D. F. México. 495 p.
- Tokola, T. 2006. Asia and Europe. In: Forest Inventory: Methodology and application. Annika Kangas and Matti Maltamo (eds.). The Netherlands. 295-307; 317-318 pp.
- Tomppo, E.; G. Thomas; M. Lawrence, y R. E. McRoberts,. (eds). 2010. National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting. New York, U.S:A. 612 p.
- Torres P., J. A. 2001. Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de un bosque tropical. Tesis doctoral. Programa .....Colegio de postgraduados. México. 134 p.

- TROPICARURAL. 2010. Trabajos sobre inventarios de varios ejidos asesorados por Tropicarural S.C de R.L.
- Velasco B., E.; H. Ramírez, F. Moreno, y A. De la Rosa. 2003. Estimadores de razón para el inventario nacional forestal de México. *Revista ciencia forestal en México* 28 (94): 23-44.
- Velasco B., E.; F. Moreno S., y R. Rodríguez P. 2002. Comparación de siete diseños de unidades de muestreo secundarias en inventarios forestales. *Revista ciencia forestal en México* 27 (92): 23-44.
- Vester, H. M., y Ma. A. Navarro M. 2007. Fichas ecológicas: árboles de maderables de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 139 p.
- White, D. A., and Hood, C. S. 2002. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forest of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15:151-160 p.

## ANEXOS

Anexo A.-Parámetros de la ecuación de altura total para las especies de: .....

ESPECIE	a	b
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	3.813	0.432
<i>Brosimum alicastrum</i> subsp. <i>alicastrum</i>	4.031	0.377
<i>Terminalia buceras</i> (L.) C. Wright	2.319	0.444
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	3.861	0.391
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	5.139	0.282
<i>Caesalpinia platyloba</i> S. Watson	5.139	0.282
<i>Cedrela odorata</i> L.	3.710	0.405
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	3.260	0.430
<i>Cordia dodecandra</i> DC.	5.034	0.305
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	4.240	0.382
<i>Guettarda combsii</i> Urb.	4.792	0.363
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	4.792	0.363
<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.	5.264	0.316
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	3.809	0.389

<b>Manilkara zapota (L.) P. Royen</b>	3.670	0.367
<b>Metopium brownei (Jacq.) Urb.</b>	3.611	0.385
<b>Platymiscium yucatanum Standl.</b>	3.928	0.410
<b>Pouteria campechiana (Kunth) Baehni</b>	4.209	0.366
<b>Pouteria reticulata (Engl.) Eyma</b>	4.209	0.366
<b>Sabal yapa 1 C. Wright ex Becc.</b>	13.141	-0.110
<b>Sabal yapa C. Wright ex Becc.</b>	13.141	-0.110
<b>Sickingia salvadorensis (Standl.) Standl.</b>	4.507	0.355
<b>Simarouba glauca DC.</b>	4.116	0.376
<b>Swartzia cubensis (Britton &amp; P. Wilson)</b>	4.859	0.317
<b>Standl.var. Cubensis</b>		
<b>Swietenia macrophylla King</b>	4.252	0.374
<b>Acacia collinsii Saff.</b>	4.187	0.353
<b>Albizia niopoides (Spruce ex Benth)</b>	4.187	0.353
<b>Burkart var niopoides</b>		
<b>Allophylus cominia (L.) Sw.</b>	4.187	0.353
<b>Alseis yucatanensis Standl.</b>	4.187	0.353
<b>Alvaradoa amorphoides Liebm.</b>	4.187	0.353
<b>Annona primigenia Standl. &amp; Steyerm.</b>	4.187	0.353
<b>Ardisia Sw.</b>	4.187	0.353
<b>Bauhinia divaricata L.</b>	4.187	0.353
<b>Blomia prisca (Standl.) Lundell</b>	4.187	0.353
<b>Bunchosia swartziana Griseb.</b>	4.187	0.353
<b>Byrsonima bucidaefolia Standl.</b>	4.187	0.353
<b>Cameraria latifolia L.</b>	4.187	0.353
<b>Casimiroa tetrameria Millsp.</b>	4.187	0.353
<b>Cecropia peltata L.</b>	4.187	0.353
<b>Chrysophyllum mexicanum Brandegees ex Standl.</b>	4.187	0.353
<b>Cnidioscolus aconitifolius (Mill.) I.M. Johnst.</b>	4.187	0.353
<b>Coccoloba acapulcensis Standl.</b>	4.187	0.353
<b>Coccoloba cozumelensis Hemsl.</b>	4.187	0.353
<b>Coccoloba diversifolia Jacq.</b>	4.187	0.353
<b>Coccoloba spicata Lundell</b>	4.187	0.353
<b>Croton reflexifolius Kunth</b>	4.187	0.353
<b>Cryosophila argentea Bartlett</b>	4.187	0.353
<b>Cupania belizensis Standl.</b>	4.187	0.353
<b>Desconocido</b>	4.187	0.353
<b>Desconocido 1</b>	4.187	0.353
<b>Desconocido 2</b>	4.187	0.353
<b>Desconocido 3</b>	4.187	0.353
<b>Desconocido 4</b>	4.187	0.353
<b>Desconocido 5</b>	4.187	0.353

<i>Diospyros tetrasperma</i> Sw.	4.187	0.353
<i>Diphysa yucatanensis</i> A.M. Hanan & M. Sousa	4.187	0.353
<i>Drypetes lateriflora</i> (Sw.) Krug & Urb.	4.187	0.353
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	4.187	0.353
<i>Esenbeckia pentaphylla</i> (Macfad.) Griseb.	4.187	0.353
<i>Eugenia axillaris</i> (Sw.) Willd.	4.187	0.353
<i>Eugenia foetida</i> Pers.	4.187	0.353
<i>Eugenia organoides</i> O. Berg	4.187	0.353
<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	4.187	0.353
<i>Exostema mexicanum</i> A. Gray	4.187	0.353
<i>Exothea diphylla</i> (Standl.) Lundell	4.187	0.353
<i>Ficus maxima</i> Mill.	4.187	0.353
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	4.187	0.353
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4.187	0.353
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	4.187	0.353
<i>Hampea trilobata</i> Standl.	4.187	0.353
<i>Inga vera</i> Willd.	4.187	0.353
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Zucc.	4.187	0.353
<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl) Urb.	4.187	0.353
<i>Laetia thamnina</i> L.	4.187	0.353
<i>Licaria campechiana</i> (Standl.) Kosterm.	4.187	0.353
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	4.187	0.353
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell	4.187	0.353
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	4.187	0.353
<i>Malmea depressa</i> (Baillon) R.E. Fries subsp. <i>depressa</i>	4.187	0.353
<i>Mosannonna depressa</i> (Baill.) Chatrou	4.187	0.353
<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms var. <i>pereirae</i> (Royle) Harms	4.187	0.353
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	4.187	0.353
<i>Neea psychotrioides</i> Donn. Sm.	4.187	0.353
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	4.187	0.353
<i>Picramnia antidesma</i> Sw.	4.187	0.353
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	4.187	0.353
<i>Piper</i> spp. L.	4.187	0.353
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	4.187	0.353
<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.	4.187	0.353
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	4.187	0.353
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> J.D. Smith	4.187	0.353
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	4.187	0.353
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	4.187	0.353

<b>Sambucus mexicana</b>	4.187	0.353
<b>Semialarium mexicanum (Miers) Mennega</b>	4.187	0.353
<b>Sideroxylon foetidissimum Jacquin subsp. gaumeri (Pittier) Pennington</b>	4.187	0.353
<b>Sideroxylon salicifolium (L.) Lam.</b>	4.187	0.353
<b>Spondias mombin L.</b>	4.187	0.353
<b>Sweetia Spreng.</b>	4.187	0.353
<b>Tabebuia rosea (Bertol.) A. DC.</b>	4.187	0.353
<b>Tabernaemontana L.</b>	4.187	0.353
<b>Talisia oliviformis (Kunth) Radlk.</b>	4.187	0.353
<b>Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth</b>	4.187	0.353
<b>Thevetia gaumeri Hemsl.</b>	4.187	0.353
<b>Thouinia paucidentata Radlk.</b>	4.187	0.353
<b>Thrinax radiata Lodd. ex Schult. &amp; Schult. f.</b>	4.187	0.353
<b>Trichilia glabra L.</b>	4.187	0.353
<b>Trichilia minutiflora Standl.</b>	4.187	0.353
<b>Trophis racemosa (L.) Urb.</b>	4.187	0.353
<b>Zanthoxylum caribaeum Lam.</b>	4.187	0.353
<b>Zuelania guidonia (Sw.) Britton &amp; Millsp.</b>	4.187	0.353
<b>Vitex gaumeri Greenm.</b>	4.693	0.318

**Anexo B.-Parámetros de la ecuación de volumen fustal para las especies de: .....**

<b>Nombre común</b>	<b>A0</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
<b>Akitz</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Amapola</b>	0.112	-0.006788	0.0004457
<b>Anonillo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Belsinik</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Boop</b>	-0.005061	0.0007866	0.0004449
<b>Boopchich</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Caimito</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Canchunup</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Caoba</b>	0.241	-0.007393	0.0006198
<b>Caracolillo</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Cauche</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Chacteviga</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Chaka roja</b>	0.068	-0.006108	0.0005438
<b>Chaktekok</b>	0.037	-0.002931	0.0004652
<b>Chamalche</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Chaya</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Chechen</b>	0.075	-0.00756	0.0005948
<b>Chechen blanco</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299

<b>Cheri</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Chilillo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Chintoc</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Chit</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Chobenche</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Chonloc</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Copal</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Copo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Desconocida 1</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Desconocida 2</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Desconocida 3</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Desconocida 4</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Dzol</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Ecule</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Elemuy</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Granadillo</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Guano</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Guano kun</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Guarumbo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Guaya</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Guayabillo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Guayacan</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Guayancox</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Higo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Huilote</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Ikpach</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Ixcanlol</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Ixinche</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Jabin</b>	0.008299	2.845E-07	0.0004512
<b>Jobillo</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Jobo</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Jupich</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Kanasin</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Kaniste</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Kaska´at</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Katalox</b>	0.129	0.011	0.0006489
<b>Kisyuc</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Kitamche</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Laurel</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Limonaria</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Lumche</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Majahua</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Malacate</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Naranjillo</b>	0.00243333	3.7667E-05	0.0003948
<b>Palo de cojolute</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Palo de ruda</b>	0.027	-0.002865	0.0004218



<b>Pas´asak</b>	0.006377	-0.000761	0.0004909
<b>Pata de vaca</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Perezcutz</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Pimienta</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Pimientillo</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Pochote</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Ramón</b>	-0.062	0.00509	0.000352
<b>blanco</b>			
<b>Ramón rojo</b>	-0.062	0.00509	0.000352
<b>Roble rojo</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Sabacche</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Sac chaka</b>	0.001367	-0.0001085	0.000476
<b>Saclob</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Sacpa</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Silil</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Sinanche</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Sipche</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Siricote</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Subintel</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Sufricaya</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Tabaquillo</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Tadsii</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Tamay</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Tasinche</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Tastab</b>	0.003629	-0.0004381	0.0005299
<b>Tooyub</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Tsisilche</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Tzalam</b>	0.035	0.006328	0.0001967
<b>Uvilla</b>	0.01471667	-	0.0004083
		0.00141367	
<b>Verde lucero</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Xuul</b>	-0.00985	0.001489	0.0003813
<b>Ya´axnik</b>	-0.009669	0.0003352	0.0002695
<b>Yaiti</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Yuuy</b>	0.027	-0.002865	0.0004218
<b>Zapote</b>	0.034	-0.005557	0.0005527
<b>Zapotillo</b>	0.027	-0.002865	0.0004218

**Anexo C.-Parámetros para la ecuación de volumen total para las especies de .....**

<b>ESPECIE</b>	<b>Grupo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Cedrela odorata L.</b>	A	-9.646	1.794	1.0392
<b>Swietenia macrophylla King</b>	B	-	1.982	1.0370
		10.060		
<b>Brosimum alicastrum subsp. alicastrum</b>	C	-9.534	1.860	0.9698
<b>Manilkara zapota (L.) P. Royen</b>	D	-9.849	1.912	1.0456
<b>Bursera simaruba (L.) Sarg.</b>	E	-9.883	1.922	1.0471
<b>Spondias mombin L.</b>	F	-	1.932	1.0619
		10.091		

<b>Zuelania guidonia (Sw.) Britton &amp; Millsp.</b>	G	-9.984	1.950	1.0515
<b>Metopium brownei (Jacq.) Urb.</b>	H	-8.813	1.564	1.0836
<b>Acacia collinsii Saff.</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Lonchocarpus castilloi Standl.</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Lonchocarpus rugosus Benth.</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Lonchocarpus xuul Lundell</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Lysiloma latisiliquum (L.) Benth.</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Platymiscium yucatanum Standl.</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Swartzia cubensis (Britton &amp; P. Wilson) Standl.var. Cubensis</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Sweetia Spreng.</b>	J	-9.564	1.823	1.0174
<b>Cupania belizensis Standl.</b>	K	-9.528	1.763	1.0817
<b>Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand</b>	K	-9.528	1.763	1.0817
<b>Thevetia gaumeri Hemsl.</b>	K	-9.528	1.763	1.0817
<b>Astronium graveolens Jacq.</b>	L	-9.833	1.924	1.0097
<b>Talisia oliviformis (Kunth) Radlk.</b>	L	-9.833	1.924	1.0097
<b>Thouinia paucidentata Radlk.</b>	L	-9.833	1.924	1.0097
<b>Albizia niopoides (Spruce ex Benth) Burkart var niopoides</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Allophylus cominia (L.) Sw.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Alseis yucatanensis Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Alvaradoa amorphoides Liebm.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Annona primigenia Standl. &amp; Steyerm.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Ardisia Sw.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Bauhinia divaricata L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Blomia prisca (Standl.) Lundell</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Bunchosia swartziana Griseb.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Byrsonima bucidaefolia Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Caesalpinia gaumeri Greenm.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Caesalpinia platyloba S. Watson</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Cameraria latifolia L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Casimiroa tetrameria Millsp.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Cecropia peltata L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Ceiba aesculifolia (Kunth) Britten &amp; Baker f.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Chrysophyllum mexicanum Brandegees ex Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Cnidioscolus aconitifolius (Mill.) I.M. Johnst.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Coccoloba acapulcensis Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Coccoloba cozumelensis Hemsl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Coccoloba diversifolia Jacq.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Coccoloba spicata Lundell</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Cordia dodecandra DC.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Croton reflexifolius Kunth</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Cryosophila argentea Bartlett</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Dendropanax arboreus (L.) Decne. &amp; Planch.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407

<b>Desconocido</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Desconocido 1</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Desconocido 2</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Desconocido 3</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Desconocido 4</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Desconocido 5</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Diospyros tetrasperma Sw.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Diphysa yucatanensis A.M. Hanan &amp; M. Sousa</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Drypetes lateriflora (Sw.) Krug &amp; Urb.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Ehretia tinifolia L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Esenbeckia pentaphylla (Macfad.) Griseb.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Eugenia axillaris (Sw.) Willd.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Eugenia foetida Pers.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Eugenia origanoides O. Berg</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Exostema caribaeum (Jacq.) Roem. &amp; Schult.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Exostema mexicanum A. Gray</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Exothea diphylla (Standl.) Lundell</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Ficus maxima Mill.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Guazuma ulmifolia Lam.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Guettarda combsii Urb.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Guettarda elliptica Sw.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Gymnanthes lucida Sw.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Hampea trilobata Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Inga vera Willd.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Karwinskia humboldtiana (Willd. ex Roem. &amp; Schult.) Zucc.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Krugiodendron ferreum (Vahl) Urb.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Laetia thamnia L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Licaria campechiana (Standl.) Kosterm.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Luehea speciosa Willd.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Malmea depressa (Baillon) R.E. Fries subsp. depressa</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Mosannonna depressa (Baill.) Chatrou</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Myroxylon balsamum (L.) Harms var. pereirae (Royle) Harms</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Nectandra salicifolia (Kunth) Nees</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Neea psychotrioides Donn. Sm.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Pachira aquatica Aubl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Picramnia antidesma Sw.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Pimenta dioica (L.) Merr.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Piper spp. L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Piscidia piscipula (L.) Sarg.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Pouteria campechiana (Kunth) Baehni</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Pouteria reticulata (Engl.) Eyma</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Protium copal (Schltdl. &amp; Cham.) Engl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Pseudolmedia oxyphyllaria J.D. Smith</b>	M	-9.417	1.764	1.0407

<b>Psidium sartorianum (O. Berg) Nied.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Roystonea regia (Kunth) O.F. Cook</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Sabal yapa 1 C. Wright ex Becc.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Sabal yapa C. Wright ex Becc.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Sambucus mexicana</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Semialarium mexicanum (Miers) Mennega</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Sickingia salvadorensis (Standl.) Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Sideroxylon foetidissimum Jacquin subsp. gaumeri (Pittier) Pennington</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Sideroxylon salicifolium (L.) Lam.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Simarouba glauca DC.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Tabebuia rosea (Bertol.) A. DC.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Tabernaemontana L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Terminalia buceras (L.) C. Wright</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Thrinax radiata Lodd. ex Schult. &amp; Schult. f.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Trichilia glabra L.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Trichilia minutiflora Standl.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Trophis racemosa (L.) Urb.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Vitex gaumeri Greenm.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407
<b>Zanthoxylum caribaeum Lam.</b>	M	-9.417	1.764	1.0407