



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

Identificación y caracterización de tipos de bosques en la Zona de Usos  
Múltiples de la Reserva de Biosfera Maya, impactos del manejo forestal y  
propuesta de una red de parcelas permanentes de muestreo para su  
monitoreo

por

Gustavo Andrés Segura Clavijo

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

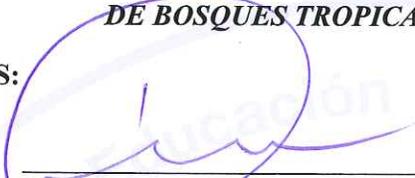
*Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de  
Bosques Tropicales y Biodiversidad

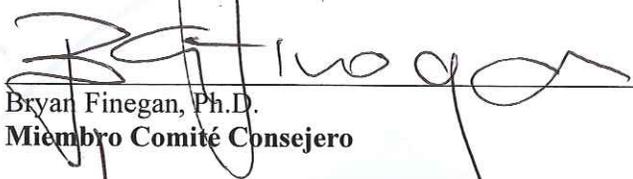
Turrialba, Costa Rica, 2012

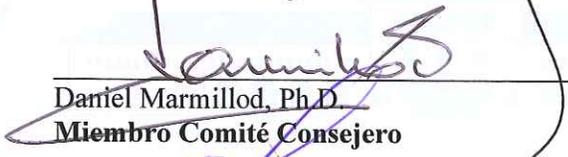
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

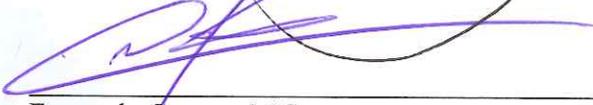
**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN  
DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

**FIRMANTES:**

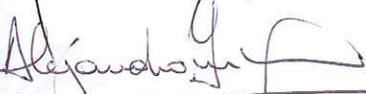
  
\_\_\_\_\_  
Diego Delgado, M.Sc.  
**Consejero Principal**

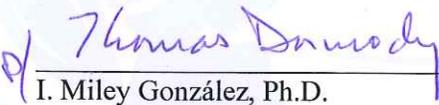
  
\_\_\_\_\_  
Bryan Finegan, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**

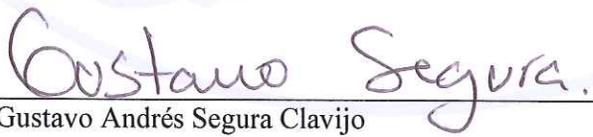
  
\_\_\_\_\_  
Daniel Marmillo, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**

  
\_\_\_\_\_  
Fernando Carrera, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**

  
\_\_\_\_\_  
Yadiel Ordóñez, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**

  
\_\_\_\_\_  
José Oduber Rivera, M.Sc.  
**Coordinador, Especialización en Práctica para el Desarrollo**

  
\_\_\_\_\_  
I. Miley González, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**

  
\_\_\_\_\_  
Gustavo Andrés Segura Clavijo  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

A nuestro Señor Jesucristo, porque todo es para Él.  
A mi madre y mi hermana por estar presentes en todas las fases de mi formación.  
A Karla por su apoyo y paciencia.

## AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios, por darme la oportunidad de venir a crecer y llevar en mi corazón esta bonita experiencia y las huellas de personas maravillosas que no se borrarán.

A mi madre, por ser ese ejemplo de vida, lucha y sacrificio; a Nacho ser ese apoyo para mi madre y mi familia; a mi hermana, mis tíos, primos y demás miembros de la familia Clavijo que siempre estuvieron y van a estar apoyándome donde quiera que este. A mi abuelita Hilda que siempre nos inculco lo importante de estudiar.

A la colocha salvadoreña que me trasnocha, me ha acompañado y espero me acompañe en este largo caminar.

A mis compañeros y amigos de la promoción 2010-2011, por las mejengas, los asados, las noches culturales y mostrarme en cada uno de ellos un rinconcito de su país.

Al ICETEX por financiar mis estudios de maestría.

Al gobierno de Finlandia a través del proyecto Finnfor, por su apoyo económico y técnico durante mi estadía en Costa Rica y Guatemala.

En Guate quiero agradecer principalmente a los concesionarios por ser la base y el sustento de esta investigación, al departamento técnico forestal y el centro de monitoreo y evaluación del CONAP, la OTN CATIE Guatemala, Proyecto Finnfor Guatemala, la fundación Naturaleza y el proyecto Mesoterra.

Personalmente quiero agradecer a don Hector Monroy, Eddie Pulido por su colaboración y amistad durante mi estadía en el Petén, así como a don Jorge, don Filadelfo, don Brigido, don Carmen, don Maquir y demás baquianos de la ZUM por sus valiosos aportes

A Diego por su colaboración y a los demás miembros del comité consejero por sus valiosos aportes.

A la unidad de biometría, especialmente a Sergio por su paciencia y apoyo en las largas sesiones, a don Hugo Brenes por apoyar el procesamiento de los datos y a Jhenny Salgado por su contribución en la construcción de las bases de datos y su amistad.

Finalmente quiero agradecer a Costa Rica y la familia CATIE, por hacerme sentir como en casa.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació en el municipio del Líbano, departamento del Tolima (Colombia) el 3 de abril de 1983. Sus estudios de pregrado de Ingeniería Forestal los realizó en la Universidad del Tolima, culminando esta etapa en el año 2006. Entre el año 2006 y 2010 se desempeñó en diversas actividades, una de ellas su participación en la propuesta del Plan de Ordenación Forestal para el departamento del Cesar en 2008 y en la propuesta del Plan de Acción del Oso Andino Ecorregión del Perijá. Para el año 2010 el estudiante viaja a Costa Rica para iniciar sus estudios de maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, así como la especialización en Prácticas del Desarrollo en el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza CATIE.

# CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA.....  | III  |
| AGRADECIMIENTOS.....  | IV   |
| BIOGRAFÍA .....   | V    |
| CONTENIDO.....  | VI   |
| RESUMEN .....   | VIII |
| SUMMARY .....   | X    |
| ÍNDICE DE CUADROS .....   | XII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | XIII |
| LISTA ACRÓNIMOS Y SIGLAS .....  | XVI  |
| 1 INTRODUCCIÓN .....  | 1    |
| 1.1 Objetivos del Estudio.....  | 3    |
| 1.1.1 <i>Objetivo general</i> .....   | 3    |
| 1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....  | 3    |
| 1.1.3 <i>Hipótesis de Estudio</i> .....   | 3    |
| 2 MARCO CONCEPTUAL.....   | 4    |
| 2.1 Manejo forestal sostenible (MFS).....   | 4    |
| 2.2 Composición, estructura, riqueza y diversidad de especies en tipos de bosques.....  | 5    |
| 2.3 Los bosques tropicales y su relación con variables ambientales .....  | 7    |
| 2.4 Monitoreo de los impactos de las intervenciones en los bosques y parcelas permanentes de monitoreo (PPM).....   | 8    |
| 2.5 Redes de PPM.....   | 9    |
| 2.6 Impactos del aprovechamiento en la composición, estructura, riqueza y diversidad de especies de los bosques. ....   | 11   |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 14   |
| 3 ARTÍCULO I: Identificación y caracterización de tipos de bosques y propuesta de red de parcelas permanentes para el monitoreo de impactos del manejo forestal en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén-Guatemala. .... | 20   |
| INTRODUCCIÓN.....   | 20   |
| 4 MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 23   |
| 4.1 Descripción del área de estudio .....   | 23   |
| 4.2 Características de la información.....  | 26   |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 4.3  | Gestión de información.....   | 29  |
| 4.4  | Análisis de datos .....   | 41  |
| 5    | RESULTADOS.....   | 47  |
| 5.1  | Identificación y caracterización de tipos de bosques en la ZUM .....  | 47  |
| 6    | DISCUSIÓN .....   | 64  |
| 6.1  | Acerca de la base de datos construida. ....   | 64  |
| 6.2  | Identificación de Tipos de bosques.....   | 66  |
| 6.3  | Caracterización de tipos de bosques .....   | 68  |
| 6.4  | Relación entre la composición florística y otras variables .....  | 68  |
| 6.5  | Red de PPM para el monitoreo de los bosques de la ZUM de la RBM.....  | 69  |
| 7    | CONCLUSIONES .....  | 71  |
|      | BIBLIOGRAFÍA.....   | 72  |
| 8    | ARTÍCULO II: Aprovechamiento forestal en tipos de bosques de la Zona de Usos<br>Múltiples de la Reserva de Biosfera Maya .....  | 81  |
|      | INTRODUCCION.....   | 81  |
| 9    | MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 82  |
| 9.1  | Descripción del área de estudio .....   | 82  |
| 9.2  | Características de la información recopilada .....  | 84  |
| 9.3  | Descripción de base de datos de ppm estandarizada y utilizada para análisis.....  | 86  |
| 9.4  | Análisis de datos .....   | 89  |
| 10   | RESULTADOS.....   | 91  |
| 10.1 | Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura de PPM ubicadas en los<br>bosques de la ZUM .....                         | 91  |
| 11   | DISCUSIÓN .....   | 97  |
| 11.1 | Base de datos recopilada y analizada: consideraciones para el manejo de<br>información a largo plazo en bosques de la RBM ..... | 97  |
| 11.2 | Efectos del aprovechamiento forestal en PPM en bosques de la ZUM.....   | 98  |
| 12   | CONCLUSIONES .....  | 100 |
|      | BIBLIOGRAFÍA.....   | 101 |
| 13   | RECOMENDACIONES GENERALES.....  | 110 |
| 14   | ANALISIS E IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN<br>AL DESARROLLO.....  | 111 |
| 15   | ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LOS RESULTADOS PARA LA FORMACIÓN DE<br>POLÍTICAS .....  | 114 |
|      | ANEXOS.....   | 115 |

## RESUMEN

El manejo forestal sostenible (MFS) implica entre otros aspectos, el conocimiento detallado de las áreas a intervenir, así como el monitoreo continuo de la respuesta de dichas áreas ante las acciones de aprovechamiento, que permitan un manejo adaptativo que garantice la oferta continua de bienes y servicios ecosistémicos que provee el bosque. Sin embargo obtener información con un mayor grado de detalle a escalas espaciales extensas, se convierte en una tarea imposible, siendo los inventarios forestales una de las herramientas más ampliamente utilizadas a este nivel. La Reserva de Biosfera Maya (RBM) de Guatemala, con más de dos millones de hectáreas es el área protegida más grande de Centro América y lugar en el que hace casi dos décadas se realiza manejo forestal mediante la figura de concesiones forestales certificadas. Las actividades de manejo al interior de cada concesión contemplan la ejecución de inventarios forestales y el monitoreo de los impactos del manejo forestal mediante parcelas permanentes de medición (PPM). El presente trabajo de investigación busca contribuir al conocimiento de los bosques en la Zona de Usos Múltiples (ZUM) de la RBM, a través de la 1) identificación y caracterización de los tipos de bosques, 2) el análisis de la influencia de algunas variables ambientales en la composición florística, 3) la evaluación de los impactos del aprovechamiento forestal en PPM y 4) una propuesta de red de PPM que permita la evaluación de los impactos del aprovechamiento forestal por tipos de bosques en la ZUM. En este sentido, la investigación involucró un fuerte proceso de recopilación de información y generación de bases de datos para más de 192.525 individuos con dap  $\geq$  10 cm en el caso de inventarios forestales y 21.439 individuos con dap  $\geq$  10 cm en el caso de PPM, así como la generación de un listado de especies, que involucró a los distintos actores del manejo forestal en la ZUM, como el Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP), ONG's y concesionarios. El análisis de información se realizó utilizando técnicas univariadas y multivariadas. Como resultado se identificaron tres tipos de bosques: i) Bosque de *Aspidosperma megalocarpon*, *Pouteria* y *Brosimum alicastrum*, ii) Bosque de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Vitex gaumeri*, y iii) Bosque de *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hottlei* y *Spondias mombin*, con valores distintos de producción y conservación, respondiendo su distribución a factores climáticos y geográficos principalmente. Así mismo la propuesta de red de PPM tiene como objetivo monitorear los impactos generados por actividades de manejo

y aprovechamiento forestal a nivel de rodal y por especies de importancia comercial en tipos de bosques de la ZUM, considerando 75 PPM actualmente activas. Finalmente, el análisis de los impactos del manejo forestal en los bosques de la ZUM, con bajas tasas de intervención, no evidenciaron cambios significativos en los valores de estructura, composición, diversidad y riqueza de especies.

**Palabras claves:** Reserva de la Biosfera Maya, manejo forestal sostenible, tipos de bosques, inventarios forestales, parcelas permanentes de medición, aprovechamiento forestal.

## SUMMARY

Sustainable forest management (SFM) involves having detailed knowledge about areas to be logged, as well as monitoring the response of harvest actions continuously, in order to allow an adaptive management that ensures continuous supply of goods and ecosystem services. However, information with high level of detail in extensive spatial scales is hard to obtain, in this case forest inventories are one of the most important tools used at this level. The Mayan Biosphere Reserve (MBR) of Guatemala, with more that 2 million hectares, is the largest protected area in Central America and a place with nearly two decades of implementation of forest management through certified forest concessions. The management activity in every forest concession contemplates the execution of forest inventories and the monitoring of harvesting practices through permanent sample plots (PSP). This research seeks to add knowledge about forest in Multiple Uses Zone (MUZ) of the MBR, through the implementation of 1) identification and characterization of forest types, 2) analysis of the influence of some environmental variables in the floristic composition, 3) evaluation of logging effects and 4) a proposed network of PSP that allows impacts assessment of logging on different types of forest in the MUZ. In this sense, the research used a process of compiling information and creation of databases for 192,525 trees and palms ( $\geq 10$  cm dbh) on previously implemented forest inventories and 21,439 trees and palms ( $\geq 10$  cm dbh) on PSP. Another outcome of this research was the generation of a taxonomic list (by species), a process in which different regional actors of forest management participated, such as the Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), NGO's and concessioners. The analysis of data used univariate and multivariate statistical analysis. For the MUZ, three forest types were identified: i) *Aspidosperma megalocarpon*, *Pouteria* y *Brosimum alicastrum* forest, ii) *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Vitex gaumeri* forest, and iii) *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hottlei* y *Spondias mombin* forest, all with different values of production and conservation, in which the distribution of the forest was found to respond to both climatic and geographical factors. The proposed PSP Network has the objective of monitoring effects of harvesting practices in a stand level and commercially valuable species for forest types in the MUZ, considering only 75 PSP that are currently active. Finally, the effects of harvesting

practices in the MUZ with low intervention rate did not show significant changes in the structure, floristic composition, diversity or richness of species.

**Keywords:** Mayan Biosphere Reserve, sustainable forest management, forest types, forest inventories, permanent sample plots, forestry effects.

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Información recopilada de Inventarios forestales en la ZUM de la RBM.....  | 30 |
| Cuadro 2. Información recopilada de parcelas permanentes de muestreo en la ZUM de la RBM.....  | 31 |
| Cuadro 3. Diez primeras especies con mayor peso ecológico en cada TB de la ZUM en la RBM – Guatemala. ....   | 49 |
| Cuadro 4. Especies indicadoras por tipo de bosque con mayor Valor Indicador Observado (IV).....  | 50 |
| Cuadro 5. Promedios y errores estándares asociados para índices de diversidad y riqueza de especies en tres tipos de bosques y prueba de comparación múltiple LSD de Fisher (letras distintas indican diferencias significativas con $\alpha=0.05$ ) con datos de vegetación de 1043 parcelas de 1ha para arboles y palmas con DAP>25 cm. .... | 58 |
| Cuadro 6. Correlaciones simples de Mantel entre la composición florística y variables ambientales.....   | 59 |
| Cuadro 7. Información recopilada de parcelas permanentes de medición de 0.25 ha.....   | 87 |
| Cuadro 8. Número de individuos totales y por clases diamétricas antes y después de realizado el aprovechamiento forestal en PPM de 0.25 ha de la ZUM. ....   | 91 |
| Cuadro 9. Area basal total y por clases diamétricas antes y después de realizado el aprovechamiento forestal en PPM de 0.25 ha de la ZUM. ....   | 93 |
| Cuadro 10. Especies con mayor valor de importancia antes y después de realizado el aprovechamiento forestal. ....  | 96 |
| Cuadro 11. Efecto del aprovechamiento forestal en la riqueza y diversidad de especies en PPM de la ZUM. Se muestran valores promedio y errores estándar .....  | 97 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Redes de PPM, a. Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CFTS), b. Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) y c. Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF).....  | 10 |
| Figura 2. Impacto del aprovechamiento en la riqueza y diversidad de especies. ....  | 12 |
| Figura 3. Curvas de acumulación de especies en bosques tropicales de Madagascar. Fuente: Brown y Gurevith 2004.....   | 12 |
| Figura 4. Reserva de la Biosfera Maya – Petén - Guatemala. ....   | 24 |
| Figura 5. Diseño típico de una parcela utilizada en inventarios forestales en la ZUM de la RBM. ....  | 27 |
| Figura 6. Diseño de PPM en bosques de la ZUM, a) PPM cuadrada de 50 m x 50 m, b) PPM rectangular de 50 m x 250m y c) PPM rectangular de 500 m x 1000 m.....   | 28 |
| Figura 7. Análisis de conglomerado con base en la composición florística de 1043 parcelas de 1ha y el IVI, para árboles y palmas con DAP>25 cm en bosques de la ZUM de la RBM - Guatemala, utilizando Ward como medida de agrupación y distancia Euclidea. ....   | 47 |
| Figura 8. Análisis de correspondencia entre TB y UMF en la ZUM. La inercia explicada en los ejes 1 y 2 es de 79% y la prueba a través de tablas de contingencia indica un valor de Chi MV-G2 significativo ( $p<0.0001$ .) ....   | 52 |
| Figura 9. Tipos de bosques de la ZUM en base a la composición florística de especies de plantas, utilizando la información de 805 parcelas de inventario de las cuales se disponía de coordenadas geográficas. Fuente: CONAP a partir de resultados de este estudio....   | 53 |
| Figura 10. Análisis discriminante canónico de la composición florística para la diferenciación de tipos de bosques en la ZUM. Los ejes 1 y 2 representan el 62% y el 38% respectivamente. El análisis se realizó para 1043 parcelas. Por razones visuales no se incluyen las especies en la figura. ....  | 54 |
| Figura 11. Distribución por hectárea del número de individuos totales (a) y por clases diamétricas (b) y área basal total (c) y por clases diamétricas (d) en $m^2 ha^{-1}$ , para árboles > 25 cm de dap en tres TB de la ZUM. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher. .... | 55 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 12. Distribución total y por clases diamétricas del número de individuos por hectárea de especies comerciales (a,b, c y d) y potencialmente comerciales (e,f, g y h) para arboles > 25 cm de dap. Letras diferentes indican diferencias significativas entre bosques con un $\alpha=0.05$ a través de la prueba LSD de Fisher. Debido a que la categoría con individuos de dap>70cm no cumplen con los supuestos para el análisis de comparación de medias, se utilizó como última clase diamétrica los individuos con dap>60 cm.....  | 56 |
| Figura 13. Correlograma de Mantel para la composición florística de los bosques de la ZUM de la RBM. Los triángulos indican correlaciones significativas ( $p<0.05$ tras la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples). La imagen de fondo corresponde a un diagrama de dispersión con las coordenadas X e Y de las 805 parcelas de inventario, dispuesto de forma tal que permitiera explicar los cambios en la composición a medida que aumenta la distancia geográfica. El tamaño del símbolo indica la proximidad entre parcelas, un mayor tamaño indica mayor distancia entre parcelas. .... | 60 |
| Figura 14. PPM actualmente activas en la ZUM de la RBM. ....  | 61 |
| Figura 15. Distribución de PPM por tipo de bosque en la ZUM de la RBM. ....   | 62 |
| Figura 16. Reserva de la Biosfera Maya – Petén - Guatemala.....   | 83 |
| Figura 17. Diseño de parcela para evaluación de dinámica del bosque en la ZUM.....  | 85 |
| Figura 18. Efectos del aprovechamiento forestal en el número de individuos totales (a) y por clases diamétricas (b) en parcelas de 0.25 ha para árboles y palmas> 10 cm de dap. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher. ....   | 92 |
| Figura 19. Efectos del aprovechamiento forestal en el área basal total (a) y por clases diamétricas (b) en m <sup>2</sup> /parcela de 0.25 ha para árboles y palmas> 10 cm de dap. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher.....   | 94 |
| Figura 20. Efectos del aprovechamiento en el número de individuos y área basal total en m <sup>2</sup> /parcela de 0.25 ha por clases diamétricas de individuos comerciales (a,b), potencialmente comerciales (c,d) y especies no comerciales (c,d), para árboles y palmas> 10 cm de dap en PPM de la ZUM. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher. Las clases  |    |

diamétricas para individuos mayores o iguales a 40 cm de dap se agrupó en una sola categoría. .... 95

## **LISTA ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas

dap: diámetro a la altura del pecho

FSC: Forest Stewardship Council

MFS: Manejo forestal sostenible

PPM: parcela permanente de medición

RBM: Reserva de la Biosfera Maya

TB: Tipos de Bosque

UMF: Unidad de Manejo Forestal

ZUM: Zona de Usos Múltiples

# 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los bosques tropicales cubren cerca del 7% de la superficie terrestre, lo cual equivale a más de 700 millones de hectáreas (ITTO 2011), numerosos son los bienes y servicios ecosistémicos que estos generan y que influyen en los medios de vida de millones de personas que viven o dependen en cierta medida de ellos (Byron y Arnold 1999; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009), sin contar los “megaservicios” que estos proveen y que benefician a toda la población del planeta (PNUMA 2005). Sin embargo algunas de las causas que generan la desaparición de los bosques tropicales como la deforestación limitan y atentan contra la permanencia de este importante recurso, con las implicaciones que esto acarrea (Urquhart et ál. 1999), lo cual hace necesario de acciones que garanticen su integridad.

La creación de áreas para conservación estricta y el manejo sostenible de los bosques se han convertido en dos de los principales mecanismos adoptados para garantizar la permanencia e integridad de los bosques (Dickinson *et al.* 1996; Putz *et al.* 2001), el primero a través de acciones que buscan la mínima intervención del hombre, y el segundo bajo un enfoque orientado al aprovechamiento de los recursos, el cual enfrenta grandes retos y controversias por los impactos que se generan a la masa boscosa (Rice *et al.* 2001).

El manejo forestal sostenible (MFS) desde hace más de tres décadas se ha convertido en uno de los esquemas de manejo que, orientado al aprovechamiento sostenible de los recursos maderables y no maderables, busca ordenar y dirigir el bosque a través de técnicas y actividades que garanticen una provisión continua de los recursos haciendo un uso más eficiente de los mismos (Dickinson *et al.* 1996; Putz *et al.* 2001; Rice *et al.* 2001; Fredericksen y Putz 2003; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009), siendo el monitoreo ecológico una de las principales herramientas que incorpora el MFS, y a través del cual se pretende evaluar los impactos de las acciones de manejo de modo que se garantice el buen manejo de los bosques (Balas *et al.* 2004; Finegan *et al.* 2004).

Si bien los impactos generados en el bosque varían en función de las particularidades del lugar en el cual se realizan las actividades de aprovechamiento (Louman *et al.* 2001), las acciones de monitoreo deben garantizar la mayor representatividad de las condiciones generales del bosque con el fin de definir prácticas de manejo adecuadas (Finegan *et al.* 2004), siendo las parcelas permanentes de muestreo (PPM) uno de los instrumentos de monitoreo

ampliamente utilizados para conocer a largo plazo la respuesta de los bosques ante fenómenos biológicos y antrópicos que pueden generar cambios en su composición, estructura o diversidad (Camacho 2000; Pinelo 2000a; Vallejo *et al.* 2005).

En la actualidad son muchos los espacios de cooperación que a nivel internacional buscan generar y compartir información fruto del monitoreo a través de PPM, que bajo intereses o agendas comunes tienen como fin último aumentar el conocimiento científico para entender el comportamiento de los ecosistemas ante procesos globales e impactos locales y con ello dirigir las acciones de manejo (Coomes *et al.* 2002; ESFOR y CETEFOR 2004; Vallejo *et al.* 2005). Lo anterior implica que el éxito en las acciones de monitoreo utilizando PPM no solo dependerá de su establecimiento sino de la periodicidad en las mediciones, consistencia de la información recopilada, pero sobre todo la capacidad que estos instrumentos tienen para ser articulados con otras investigaciones (Vallejo *et al.* 2005).

La reserva de la biosfera Maya (RBM), se ubica al norte de Guatemala en el departamento del Petén, catalogada como el área protegida más grande de Mesoamérica. Alberga uno de los ejemplos de MFS más sobresalientes en América Latina como lo son las concesiones forestales del Petén (CONAP 2001), sin embargo consolidar este esquema de manejo es una tarea continua y en donde las acciones de monitoreo juegan un papel importante en un territorio donde confluyen diversos actores desde instituciones del estado como el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el Forest Stewardship Council (FSC), ente certificador de las actividades de manejo y los concesionarios o manejadores del bosque (CHEMONICS 2006).

Desde el otorgamiento de la primera concesión forestal hacia 1994 se inició en la Zona de Usos Múltiples (ZUM) el establecimiento de PPM, proceso exigido a los concesionarios por el CONAP y el FSC, como parte de las acciones de monitoreo que estos deben realizar (Manzanero 2003). Sin embargo, la falta de periodicidad en las mediciones en parte por los altos costos que estas acarrearán, la pérdida de información por no existir una centralización de la misma, la cancelación de algunas concesiones y con ella la desaparición de experimentos con más de 5 años de medición y la carencia de metodologías estandarizadas que permitan realizar comparaciones, a pesar de los numerosos protocolos que para la ZUM han sido adaptados (CATIE 2011; Marmillod 2011), hacen necesario adoptar medidas que garanticen que los dispositivos actualmente existentes contribuyan a mejorar las acciones de manejo forestal.

La presente investigación surge como una de las necesidades de investigación identificadas por el proyecto Finnfor en Guatemala (Finnfor 2010; CATIE et al. 2011). Se busca identificar y caracterizar tipos de bosques en la RBM a partir de datos de centenas de parcelas de inventarios forestales, evaluar el impacto de las acciones en manejo en cada uno de estos y generar las bases para la consolidación de una red de PPM que, mediante el enfoque de tipos de bosques, sirva como insumo en la planificación de las acciones de monitoreo que en la actualidad realizan los distintos actores que confluyen en la ZUM de la RBM.

## **1.1 Objetivos del Estudio**

### ***1.1.1 Objetivo general***

Contribuir al conocimiento de los bosques en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, y de su respuesta a intervenciones humanas, como base para generar estrategias que contribuyan al manejo sostenible de los bosques.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

- Identificar y caracterizar tipos de bosques (TB) en la zona de usos múltiples (ZUM) de la reserva de la biosfera Maya (RBM).
- Relacionar las variables ambientales que influyen en la variación de la composición de los bosques de la ZUM.
- Proponer un red de parcelas permanentes de medición (PPM) para el monitoreo de los impactos del aprovechamiento forestal en TB de la ZUM.
- Evaluar el impacto del aprovechamiento forestal en PPM de la ZUM.

### ***1.1.3 Hipótesis de Estudio***

- En los bosques de la ZUM de la RBM existen TB claramente identificados de acuerdo a su composición de especies, con valores diferentes de producción y conservación.
- Los tipos de bosques presentes en la ZUM se distribuyen de acuerdo a factores climáticos, topográficos y geográficos.

- El aprovechamiento forestal en PPM ubicadas en los bosques de la ZUM, influye en sus valores de producción y conservación.

## **2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 Manejo forestal sostenible (MFS)**

El MFS, concepto reciente en América Latina (FAO 2004), busca ordenar y dirigir el bosque mediante actividades y/o técnicas que permitan un uso eficiente de los bienes y servicios que este provee, garanticen la perpetuidad del mismo y no afecten su entorno físico y social (Vargas-Claros 2004; ITTO 2005). Uno de los mayores retos del MFS es hacer la silvicultura más atractiva que otros usos alternativos llevando la rentabilidad privada en línea con los beneficios sociales (Richards y Costa 1999; Rice *et al.* 2001).

En la actualidad el MFS tiene múltiples objetivos, desde los a) orientados a garantizar un flujo de madera constante y creciente, b) la protección y conservación de los bosques para una provisión continua de bienes y servicios ecosistémicos, c) garantizar aspectos legales de la tierra y d) los centrados en el mantenimiento de la diversidad biológica, que ha sido promovido por varios años por un sinnúmero de organizaciones internacionales e instituciones de investigación reconocidas (Rice *et al.* 2001; FAO 2004; ITTO 2005).

Por tanto, garantizar un manejo forestal sostenible implica un mayor conocimiento de la oferta de bienes y servicios que el bosque provee (PNUMA 2005), en donde herramientas como la clasificación de tipos bosques, el entendimiento de su respuesta a intervenciones, y el monitoreo de los mismos constituyen un insumo fundamental en la planificación de la producción y conservación (Finegan *et al.* 2004; Herrera y Finegan 2008).

#### **Clasificaciones de Tipos de bosques**

Los bosques tropicales se distribuyen de forma irregular a través del paisaje (Lamprecht 1990a), estos responden a factores climáticos, fisiográficos, edáficos y geográficos que inciden en su establecimiento o bien limitan su ocurrencia (Gentry 1988; Louman *et al.* 2001; Tuomisto *et al.* 2003).

Existen numerosas clasificaciones de tipos de bosques (Lamprecht 1990a), algunas basadas en aspectos climáticos como las utilizadas en función del régimen de precipitación, otras basadas en aspectos fisiográficos, las cuales utilizan la elevación y pendiente como mecanismo de diferenciación, otras enfocadas en aspectos fisionómicos, las cuales basan su identificación de bosques a partir de condiciones medioambientales asociadas a la vegetación, como la desarrollada por Holdridge (Holdridge 1987) y finalmente las asociadas a las características florísticas de los bosques. Estas última, que analiza información de la vegetación de los bosques, permite conocer las principales asociaciones existentes entre especies de plantas, como la propuesta por Braun-Blanquet (Poore 1955).

Si bien existe una alta variedad de sistemas utilizados para la clasificación de tipos de bosques, la selección de uno u otro dependerá en gran medida del nivel y detalle de la información que se desea obtener (Lamprecht 1990a). La clasificación basada en características florísticas de los bosques, por ejemplo, es una de las que mayor grado de detalle considera, al necesitar una adecuada identificación taxonómica de las especies presentes en los bosques, de igual manera es una de las clasificaciones que mayor información provee sobre las características y patrones de las comunidades vegetales presentes en los bosques (Louman *et al.* 2001).

## **2.2 Composición, estructura, riqueza y diversidad de especies en tipos de bosques**

Un aspecto importante como resultado del proceso de clasificación de tipos de bosques a nivel de comunidades, es que estas pueden ser diferenciadas a nivel de composición, estructura, riqueza y diversidad de especies (Guzmán 1997; Louman *et al.* 2001). La composición indica cuales son las especies vegetales que componen un bosque, esta característica está en función de factores bióticos (ocurrencia de claros, ecología de las especies, disponibilidad de semillas, diversidad y silvicultura) y abióticos (clima, altitud, precipitación, viento, suelos, topografía) que en gran medida limitan la presencia u ocurrencia de una especie (Lamprecht 1990a; Fredericksen *et al.* 2001; Louman *et al.* 2001).

Por estructura se entiende la organización física, tendencia o patrón que presenta un sistema, al interior de una comunidad la estructura hace referencia a la cantidad de objetos presentes en esta, su distribución y arreglo espacial (Noss 1990; Melo y Vargas 2003); a nivel del bosque generalmente se evalúan dos tipos de estructura, la vertical asociada a la

distribución de las especies vegetales en los diferentes estratos o niveles altitudinales que estas forman al interior del bosque, y la horizontal relacionada a la distribución espacial de los árboles por clase diamétrica (Louman et al. 2001; Melo y Vargas 2003). Un conocimiento detallado de esta última es relevante al momento de planificar las intervenciones a realizar en el bosque (Prodan et al. 1997).

Algunos de los índices más utilizados en la medición de la estructura horizontal del bosque son el número de árboles, el cual es una medida directa de la densidad (Prodan et al. 1997), el área basal por su parte es la medida más importante de la estructura horizontal, su cálculo se fundamenta en el área de un círculo de diámetro igual al DAP de un árbol, siendo la suma de las áreas basales al interior de una comunidad o un bosque (expresada en  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) utilizada como indicador de competencia, en donde la distribución de individuos por clases diamétricas es ampliamente utilizado para evaluar el potencial de recuperación del bosque ante una intervención (Louman et al. 2001).

La riqueza de especies es la medida más sencilla y directa para medir la biodiversidad, pues expresa el número de especies por unidad de área (Van Kuijk et al. 2009), por su parte la diversidad taxonómica del bosque hace referencia a la variabilidad de especies presentes en un bosque y la cual se compone de tres niveles, la diversidad alfa o diversidad dentro del hábitat y la cual se evalúa con base al número de especies en una muestra definida, la beta diversidad o diversidad entre diferentes hábitats definida como un cambio en la composición de especies por factores ambientales y la diversidad gama o diversidad de todo el paisaje, que resulta de la combinación de las dos anteriores (Melo y Vargas 2003).

Algunos de los índices comúnmente utilizados en la medición de la diversidad son el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) el cual mide la heterogeneidad de la comunidad, por tanto su alto valor indica que todas las especies son igualmente abundantes, el índice de Simpson ( $D$ ), el cual es una medida de la dominancia, por tanto un alto valor de este índice determinará una mayor probabilidad en la dominancia de una –o pocas especies- en la comunidad y finalmente el índice de Fisher ( $\alpha$ ), el cual establece que la riqueza de especies está en función del número de individuos muestreados, eliminando el efecto de la abundancia sobre la diversidad y por tanto permite hacer comparaciones entre parcelas o tipos de bosques (Wadsworth 2000; Melo y Vargas 2003).

## 2.3 Los bosques tropicales y su relación con variables ambientales

Si bien la estructura, composición, riqueza y diversidad de especies son características que permiten evaluar la complejidad de un bosque, existen una serie de factores ecológicos que inciden en su distribución en el paisaje (Gentry 1988; Lamprecht 1990a; Louman *et al.* 2001; Tuomisto *et al.* 2003). Factores ambientales como el clima, han sido asociados a la distribución de los bosques, así por ejemplo Gentry (1988), luego de analizar la información de parcelas de 0.1 ha, instaladas en bosques tropicales y subtropicales, encontró que la riqueza de especies, variaba en función de la precipitación.

Autores como Pastor y Post (1986) y Clark et ál. (1998), reconocen la importancia del suelo como otro de los factores que influye en la distribución de las especies. Los primeros destacan como la disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo influye en las diferentes respuestas de las especies, y los segundos identificaron que a escalas espaciales pequeñas existe una asociación altamente significativa entre las especies y los tipos de suelos.

La elevación constituye un factor importante a considerar. Kessler (2011) identificó la preferencia de ciertas especies por gradientes de elevación bajas y otras asociadas a altas elevaciones, una de las conclusiones a las que llegó este estudio fue que existe un cambio dramático en la diversidad de especies a medida que se aumenta el gradiente altitudinal, en donde los valores máximos de riqueza en bosques tropicales húmedos se presentan a elevaciones entre los 1000 – 1500 msnm, comportamiento también observado por Gentry (1988) en investigaciones realizadas para el Neotrópico. Otro de los factores que empieza a considerarse para tratar de explicar la distribución de los bosques tropicales a escala de paisaje es el efecto del geográfico del espacio (De Luzuriaga y Olano 2006).

Los estudios anteriormente mencionados destacan las relaciones existentes entre factores ambientales y la distribución de los bosques en el paisaje, sin embargo estudios realizados en Costa Rica y Honduras, han demostrado que la interacción entre múltiples factores también tiene una influencia en la distribución de los bosques. Chain (2009), Sesnie (2009), Murrieta et ál. (2007) y Doblado (2011), a partir de parcelas de muestreo utilizadas para la caracterización de tipos de bosques, identificaron la relación existente entre factores ambientales como la elevación, clima, suelo y la composición de los bosques en el pacífico sur de Costa Rica y en el norte de Honduras.

## **2.4 Monitoreo de los impactos de las intervenciones en los bosques y parcelas permanentes de monitoreo (PPM)**

El monitoreo ecológico es el proceso de recolección de información que a través del tiempo nos permite conocer el estado del bosque siendo una herramienta cuyos resultados son útiles en la toma de decisión sobre el manejo de los bosques (Finegan et al. 2004).

En ese mismo sentido Finegan *et al.* (2004) señalan que el MFS debe ser un proceso de manejo adaptativo, siendo el monitoreo aquella herramienta que permite aprender y entender los impactos generados por la actividad forestal y de esta manera adaptarse a los cambios resultado de la respuesta del bosque a estos impactos. Sin embargo el éxito de una estrategia de monitoreo estará en función de una buena planificación, debido a los altos costos que este acarrea (Carrera 2004; Finegan *et al.* 2004).

Uno de los instrumentos más utilizados para monitorear la vegetación son las parcelas permanentes de monitoreo, muestreo o medición (PPM). Una PPM es un área claramente ubicada y demarcada, en donde se evalúan periódicamente datos ecológicos siendo algunos de sus objetivos los siguientes (Camacho 2000; Pinelo 2000b; Louman *et al.* 2001):

- Monitorear cambios y tendencias en la composición, estructura y diversidad como efecto del aprovechamiento y manejo del bosque.
- Obtener información sobre la dinámica del bosque en aspectos como crecimiento, mortalidad, reclutamiento, rendimiento, entre otros.
- Evaluar a largo plazo el impacto de factores ambientales sobre el bosque.
- Obtener información conducente a la generación de modelos de crecimiento.

Para el CONAP (2010) las PPM deben ser un mecanismo que permita generar información para la toma de decisiones en el manejo forestal, en este sentido estas deben proveer información sobre los efectos del aprovechamiento en la estructura, composición y dinámica del bosque. El FSC (2010) en tanto, fundamenta el monitoreo de la dinámica del bosque a través de PPM en cuatro de los Principios y Criterios para el otorgamiento de la certificación forestal, de modo que se puede obtener información relacionada a tasa máxima de cosecha, impacto del manejo sobre las condiciones del bosque, datos de crecimiento y regeneración que sirvan como insumo para la toma de decisiones

## 2.5 Redes de PPM.

Consolidar espacios para el manejo de la información proveniente de investigaciones a largo plazo a partir de PPM es fundamental en la gestión del MFS. Son pocas las iniciativas internacionales que reconocen este hecho en donde el monitoreo a través de estudios ecológicos a largo plazo, como el que se realiza en redes de PPM, se convierten en parte esencial del manejo y la toma de decisiones.

Aunque no existe un concepto concreto de lo que es una red de PPM, esta puede definirse como una plataforma de gestión de información en la que interactúan múltiples actores con intereses comunes, en donde la unidad básica de investigación es la PPM y donde algunos de sus objetivos son compartir información, unificar protocolos, sincronizar agendas de investigación, pero principalmente, el de aumentar la escala de representatividad como resultado del monitoreo y por ende generar un mayor conocimiento y entendimiento de las respuestas del bosque ante intervenciones antrópicas y factores medioambientales (Esfor y Cetefor 2004; Inisefor s.f.)

Experiencias en el tema de monitoreo de bosques a través de redes de PPM son pocas. Una de estas es la del Centro de Ciencias Forestales del Trópico del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (CTFS por sus siglas en inglés), que orientada al estudio de los procesos en bosques tropicales y templados y su diversidad, ha permitido vincular (en más de 20 años de creada la red) a más de 40 instituciones dedicadas a la investigación (CTFS 2010). A escala regional se destaca la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) que desde el año 2000 ha vinculado a diversas instituciones de investigación a nivel internacional y de la región (Vallejo *et al.* 2005), su énfasis ha sido el comprender el comportamiento de los bosques amazónicos ante los efectos del calentamiento global.

A nivel latinoamericano, Bolivia, a través del Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), ha realizado esfuerzos con el objetivo de consolidar sistemas de monitoreo en áreas de producción forestal que permitan obtener información sobre la respuesta del bosque a distintos sistemas silviculturales, a través de la instalación de 895 ha con PPM, en donde el respaldo legal de la Ley Forestal actual ha jugado un papel importante y (IBIF 2010).

Experiencias de carácter global, regional y nacional como las mencionadas anteriormente (Figura 1) demuestran la importancia de vincular a diferentes actores involucrados en el manejo y aprovechamiento de los bosques en torno al monitoreo a través de PPM, sin embargo el éxito y la continuidad de este tipo de iniciativas se fundamenta en

aspectos como la estandarización de metodologías para comparación de resultados, bases de datos que faciliten el acceso a la información, compromisos institucionales que respalden las iniciativas, integración de comunidades locales, interdisciplinariedad, alianzas estratégicas, mecanismos de divulgación de resultados efectivos y definición de líneas de investigación de mediano y largo plazo (IAvH 1999).

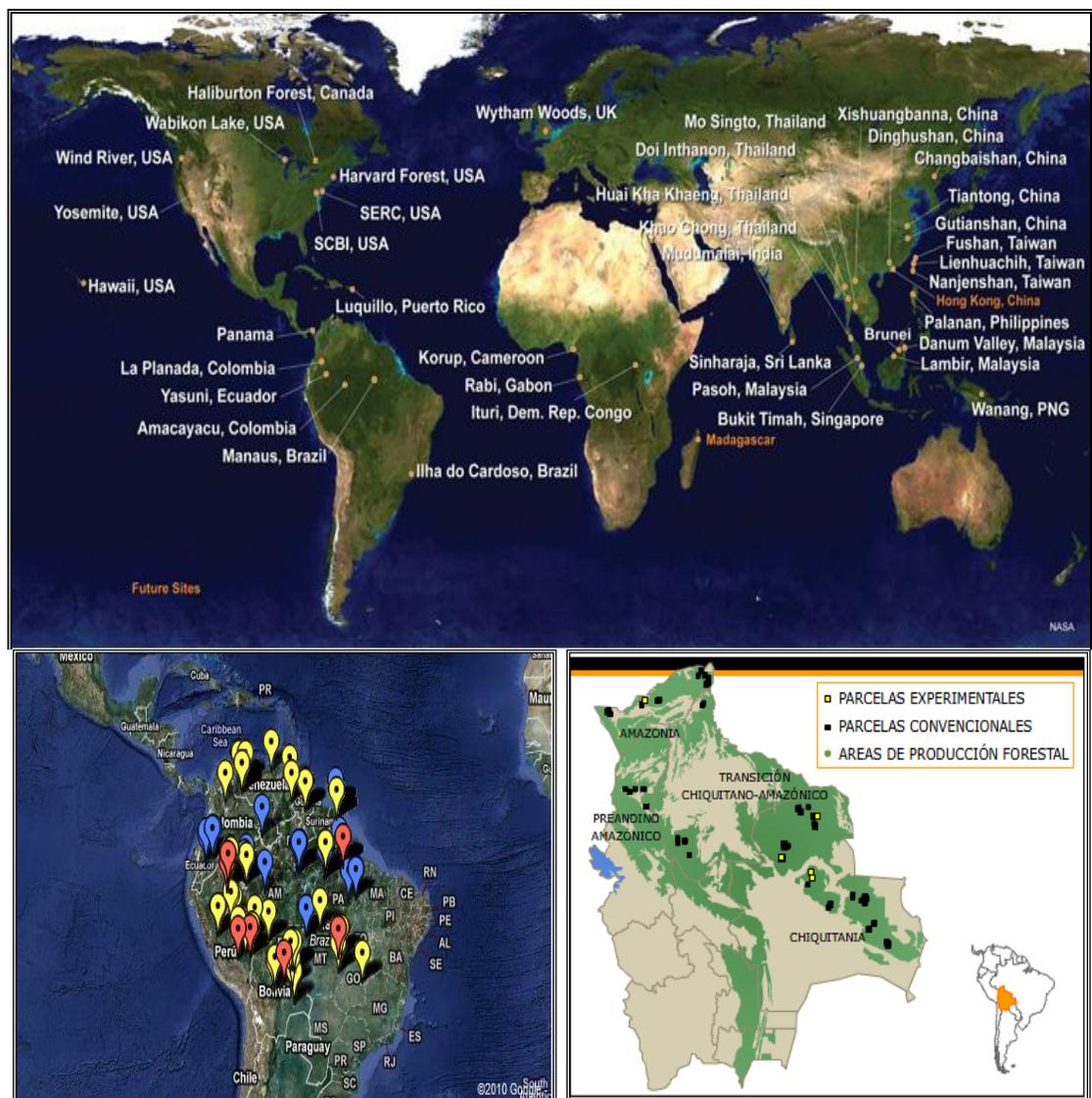


Figura 1. Redes de PPM, a. Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CFTS), b. Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) y c. Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF).

## **2.6 Impactos del aprovechamiento en la composición, estructura, riqueza y diversidad de especies de los bosques.**

El impacto se concibe como el “conjunto de posibles efectos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural como consecuencia de obras u otras actividades” (RAE 2010). Orozco et ál. (2006) consideran que estos efectos no necesariamente son negativos, coincidiendo en que es la acción antrópica la que de manera directa o indirecta genera estos cambios los cuales pueden afectar la calidad de vida, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos.

El aprovechamiento del bosque involucra una serie de actividades que potencialmente podrían generar algún impacto en el estado de los bosques. Acciones como el uso de maquinaria pesada para la apertura de caminos, la construcción de patios de acopio, sistemas de aprovechamiento de como la tala rasa, tala selectiva o técnicas convencionales, la apertura de claros, el no direccionamiento en la caída de los árboles, entre otras, tienen un efecto sobre el microclima, la fauna, el suelo, algunos procesos naturales y la vegetación particularmente en la composición, estructura y diversidad de especies (Fredericksen y Putz 2003; Brown y Gurevitch 2004; Van Rheenen *et al.* 2004; Orozco *et al.* 2006; Lobo *et al.* 2007).

Una recopilación de estudios en bosques tropicales de Sur América, África y Asia realizada por Ter Steege (2003), demostraron a través de experimentos realizados en PPM que la composición de especies se mantuvo constante para tres períodos de tiempo evaluados (1954, 1981 y 1997), sin embargo el estudio demostró un ligero cambio en las 10 especies más abundantes a largo plazo en donde especies pioneras de los géneros *Cecropia* e *Inga* empiezan a ser protagonistas.

La intervención antrópica o fenómenos naturales que generan impacto sobre el bosque promueven una alta diversidad a mediano plazo, haciendo que esta sea menor o mayor de acuerdo a la frecuencia e intensidad de las intervenciones (Figura 2a). Por otra parte, el uso de distintas técnicas de aprovechamiento impactan la biodiversidad, siendo las técnicas menos mecanizadas (manual y uso de animales) y las más sofisticadas (helicópteros y cable aéreo) las que un menor impacto generan, caso contrario con el uso de maquinaria pesada generalmente utilizado en la construcción de caminos, haciendo que en este tipo de zonas la recuperación del bosque tome más tiempo (Figura 2b) (Putz *et al.* 2001; Arets 2005).

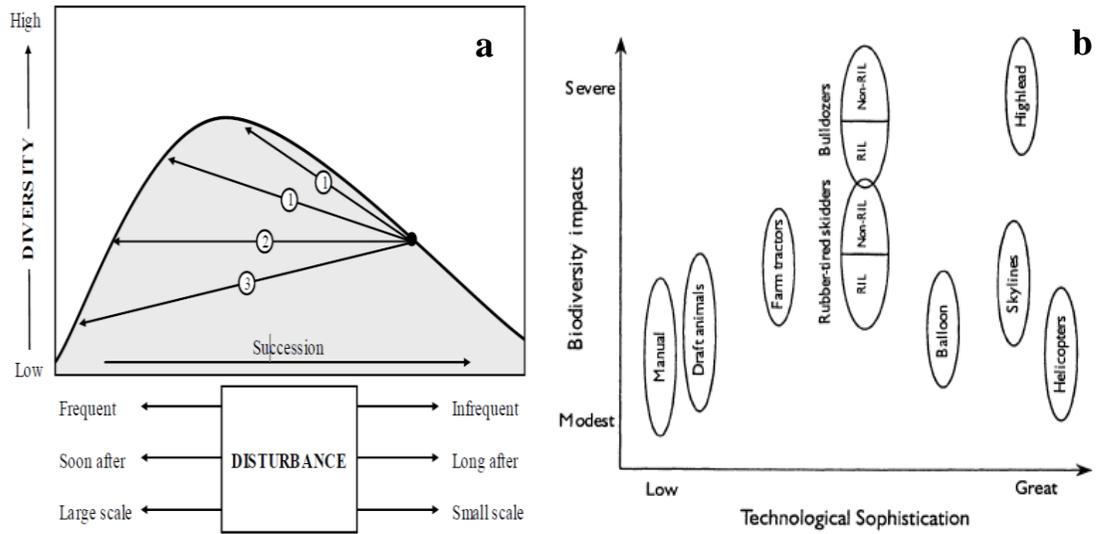


Figura 2. Impacto del aprovechamiento en la riqueza y diversidad de especies.

Brown y Gurevitch (2004) en inventarios realizados en bosques tropicales de Madagascar y tomando como referencia cuatro puntos de muestreo a) bosques no aprovechados, b) bosques afectados por un ciclón, c) bosques aprovechados luego de 50 años y d) bosques aprovechados luego de 150 años, encontraron diferencias significativas entre bosques aprovechados y el no aprovechado para los valores riqueza e índices de diversidad de Shannon y Fisher (Figura 3).

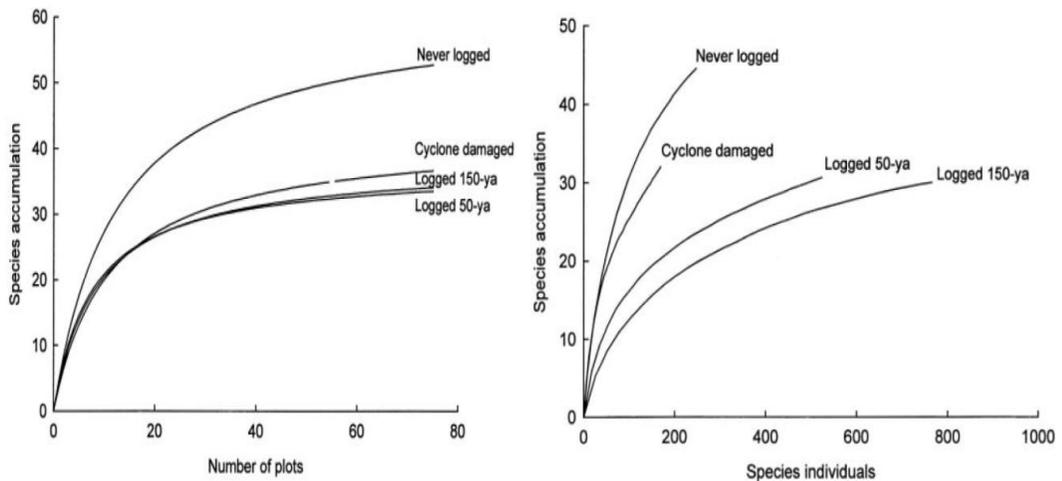


Figura 3. Curvas de acumulación de especies en bosques tropicales de Madagascar. Fuente: Brown y Gurevith 2004.

Con el fin de conocer el impacto en la estructura horizontal del bosque, Finegan y Camacho (1999) evaluaron el efecto de tres tratamientos silviculturales aplicados a un bosque húmedo tropical de Costa Rica (1988-1996), como resultado se encontró una reducción en el número de individuos en parcelas tratadas, sin embargo el área basal de las especies maderables para uno de los tratamientos, luego de 6 años, se incrementó en 0,9 m<sup>2</sup>/ha. Las clases diamétricas entre 10-20 y 20-30 e individuos con DAP<sub>≥</sub> a 70 cm presentaron las tasas más altas de mortalidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Borcard, D; Legendre, P; Drapeau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73(3):1045-1055.
- Borcard, D; Legendre, P. 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling* 153(1-2):51-68.
- Butterfield, R; Chapela, F; Fuge, P; de Freitas, AG; Hayward, J; Jansens, JW; Jenkins, M; Madrid, S; Martin, A; de Azevedo, TR. 2003. La certificación forestal y las comunidades: mirando hacia la siguiente década. 61 p.
- Carrera, F; Gálvez, J; Morales, J. 2000. Concesiones forestales comunitarias en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, Guatemala. 11 p.
- Carrera, H. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala, [Guide for planning forest inventories in the multiple use region in the Maya Biosphere Reserve, Peten, Guatemala]. Serie técnica. Informe técnico 275.
- Chain, A. 2009. Factores que influyen en la composición y diversidad de bosques en una red de conectividad ecológica en un paisaje fragmentado mesoamericano. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 143 p.
- CHEMONICS. 2006. Concesiones Forestales: Un modelo exitoso. Informe final del proyecto BIOFOR. 50 p. Disponible en [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PDACJ348.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDACJ348.pdf)
- Clark, DB; Clark, DA; Read, JM. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology* 86(1):101-112.
- Clarke, K. 1993. Non parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18(1):117-143.
- Colwell, RK. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Disponible en [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)
- CONAP (Consejo Nacional de Areas Protegidas, GT). 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya 2001-2006. 98 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. Política marco de concesiones para el manejo integral de recursos naturales en áreas protegidas de Petén. 48 p.
- Cottenie, K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters* 8(11):1175-1182.

- Davidse, G; Sousa, M; Chater, AO. 1994. Flora mesoamericana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. p. Disponible en <http://www.tropicos.org/Project/FM>
- de Luzuriaga, AL; Olano, J. 2006. Con los pies en el suelo: incluyendo la estructura espacial de los datos en los análisis multivariantes. *Ecosistemas* 15(3):59-67.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Pla, L; Vílchez, S; Di Rienzo, MJ. 2010. Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach. *Latin American Journal of Conservation* 1:73-75.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2011. InfoStat. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
- Doblado, L. 2011. Identificación y caracterización de tipos de bosque y su relación con variables ambientales, en un paisaje fragmentado al Norte de Honduras. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Dufrene, M; Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- FAO (Food and Agricultural Organization, IT). 2004. Estado y tendencias de la ordenacion forestal en 17 países de America Latina. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/j2628s/J2628S00.htm#TopOfPage>
- Forster, R; Albrecht, H; Belisle, M; Caballero, A; Galletti, H; Lacayo, O; Ortiz, S; Robinson, D. 2002. Comunidades forestales y el mercadeo de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. México, DF.
- Fredericksen, T; Contreras, F; Pariona, W. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. 81p.
- Galicia, L; Arista, AEZ. 2002. El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología. *Ciencias* (067):34-40.
- Gálvez, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Gentry, AH. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*:1-34.

- Gomez, I; Mendez, VE. 2005. El Caso de la asociación de co-munidades forestales de Petén (ACOFOP): análisis de contexto. Center for International Forestry Research (CIFOR) and PRISMA:47p.
- Gotelli, NJ; Colwell, RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4(4):379-391.
- Guzmán, R. 1997. Caracterización y clasificación de especies forestales en gremios ecológicos en el bosque sub-húmedo estacional de la región de Lomerío, Santa Cruz-Bolivia. Turrialba, Costa Rica.
- Herrera, B; Finegan, B. 2008. La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad. Experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54:4-13.
- Hijmans, RJ; Cameron, SE; Parra, JL; Jones, PG; Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15):1965-1978.
- Holdridge, L. 1987. Ecología basada en las zonas de vida. Life zones ecology. Libros y Materiales Educativos (IICA) 83:216 p.
- Hubbell, SP. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton Univ Dept of Art &. p. (32)
- Ibarra, R; Cabrera, C. 2008. Evaluación de las concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.168.
- ITTO (International Timber Tropical Organization, JP). 2005. Criterios e indicadores revisados de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales con inclusión de un formato de informes.40 p. Disponible en [http://www.itto.int/es/policypapers\\_guidelines/](http://www.itto.int/es/policypapers_guidelines/)
- Jarvis, A; Reuter, H; Nelson, A; Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. available from the CGIARCSI SRTM 90m Database <https://srtm.csi.cgiar.org> 2007(June 15).
- Kessler, M; Grytnes, JA; Halloy, SRP; Kluge, J; Krömer, T; León, B; Macía, MJ; Young, KR. 2011. Gradients of Plant Diversity: Local Patterns and Processes en: *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*.348 p.

- Lamprecht, H. 1990a. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. 335 p.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Silvicultura de los trópicos. GTZ. RFA. 335 p.
- Legendre, P; Fortin, MJ. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80:107-138.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Serie técnica. Manual técnico 46:265 p.
- Lundell, C. 1937. The vegetation of Petén. University of Michigan. 244p.
- Marmillod, D. 2011. Parcelas de medición forestal en plantaciones y bosque natural de coníferas y de latifoliadas en Guatemala: reflexiones acerca de su futuro. Ponencia IX Congreso Forestal Nacional La Antigua Guatemala. 8 p.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, J. 2007. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Proposal for an ecological connectivity network in the Volcánica Central Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. 51-52:69-76.
- NPV (Fundacion Naturaleza para la Vida, GT). 2001. Manual de campo inventario forestal en unidades de manejo comunitario, zona de uso múltiple - ZUM -, reserva de biosfera Maya - RBM- Petén, Guatemala 45 p.
- Ortega, S. 2009. Propuesta de red de conectividad ecológica entre remanentes y cacaotales en dos paisajes centroamericanos. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Pastor, J; Post, W. 1986. Influence of climate, soil moisture, and succession on forest carbon and nitrogen cycles. *Biogeochemistry* 2(1):3-27.
- Pennington, T; Sarukhan, J; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, M, DF . FAO, Roma. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.
- Perdomo, M; Galloway, G; Louman, B; Finegan, B; Velásquez, S. 2002. Herramientas para la planificación del manejo de bosques a escala de paisaje en el sudeste de Nicaragua. Tools for forest management planning on a landscape scale in the Nicaraguan Southeast. *Revista Forestal Centroamericana (CATIE)*. 38:51-58.

- Pinelo, G. 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 47 p. Disponible en [http://www.wwfca.org/sala\\_redaccion/publicaciones/?133203/Manual-de-Inventario-Forestal-integrado-para-unidades-de-manejo-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala](http://www.wwfca.org/sala_redaccion/publicaciones/?133203/Manual-de-Inventario-Forestal-integrado-para-unidades-de-manejo-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala)
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, U. 2005. Evaluación de los ecosistemas del Milenio: informe de síntesis. Borrador final Fuente: New York; ONU, 2005, 43 p. Ilus, Tab.39 p.
- Poore, M. 1955. The use of phytosociological methods in ecological investigations: I. The Braun-Blanquet system. *Journal of Ecology* 43(1):226-244.
- Primack, R; Barton, D; Galletti, H; Ponciano, I. 1999. La Selva Maya: Conservación y desarrollo. Siglo veintiuno editores. 312 p.
- Putz, F; Blate, G; Redford, K; Fimbel, R; Robinson, J. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* 15(1):7-20.
- Ramos, Z; Finegan, B. 2005. Una red ecológica para la conservación de la biodiversidad: Corredor Biológico San Juan-La Selva. *Recursos, Ciencia y Decisión (CATIE)* 4:3 p.
- Rice, R; Sugal, C; Ratay, S; Fonseca, G. 2001. Manejo forestal sostenible. Revisión del saber convencional. *Advances in Applied Biodiversity Science* 3:1-35.
- Richards, M; Costa, PM. 1999. Can tropical forestry be made profitable by 'internalising the externalities'? *Natural Resource perspectives* 46:6 p. Disponible en <http://www.odi.org.uk/resources/download/2108.pdf>
- Sánchez, D; Finegan, B; Harvey, C; Delgado, D. 2007. Tipos de bosques en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua. Types of forests in the southern sector of Nicaragua's Atlantic Biological Corridor. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. 51-52:48-56.
- Schulze, MD; Whitacre, DF. 1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 41(3):169-297.
- Schwartz, NB. 1990. Forest society: A social history of Peten, Guatemala. University of Pennsylvania Press. p. 368. p.

- Sesnie, SE; Finegan, B; Gessler, PE; Ramos, Z. 2009. Landscape-Scale Environmental and Floristic Variation in Costa Rican Old-Growth Rain Forest Remnants. *Biotropica* 41(1):16-26. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00451.x>
- SmartWood. 2006. Estandares interinos de Rainforest Alliance/Smartwood para evaluaciones de manejo forestal en Guatemala (versión 2.0).37 p.
- Standley, PC; Steyermark, JA. 1946. Flora of Guatemala. Flora of Guatemala.
- Team, R. 2008b. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria ISBN 3(10).
- Tuomisto, H; Ruokolainen, K; Yli-Halla, M. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299(5604):241.
- Vargas-Claros, M. 2004. Fortalezas y debilidades del manejo forestal tropical en Bolivia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 42:93 - 102.
- WCS (Wildlife Conservation Society, U; CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, G. 2011. Desarrollo de mapas de uso del suelo para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala.19 p.

### **3 ARTÍCULO I: Identificación y caracterización de tipos de bosques y propuesta de red de parcelas permanentes para el monitoreo de impactos del manejo forestal en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén-Guatemala.**

#### **INTRODUCCIÓN**

Los bosques tropicales se distribuyen en el paisaje en función de una serie de factores ecológicos (Gentry 1988; Lamprecht 1990a; Louman *et al.* 2001; Tuomisto *et al.* 2003). Algunos de estos han sido ampliamente estudiados, como es el caso de los factores climáticos como la precipitación, temperatura y humedad (Gentry 1988), factores fisiográficos como elevación y pendiente (Kessler *et al.* 2011), edáficos como contenido de nutrientes (Clark *et al.* 1998) y estudios más recientes relacionan algunos de estos factores con el componente espacial con el fin de conocer e identificar patrones de los bosques a nivel de paisaje (Legendre y Fortin 1989; Cottenie 2005; De Luzuriaga y Olano 2006).

La interacción de múltiples factores genera condiciones propicias para el establecimiento de comunidades vegetales –o tipos de bosques- con valores particulares de composición, diversidad y estructura (Louman *et al.* 2001), que hacen indispensable su identificación y caracterización como una herramienta que permita definir estrategias de manejo y conservación que garanticen una producción continua de bienes y servicios ecosistémicos (PNUMA 2005; Herrera y Finegan 2008).

La Reserva de la Biosfera Maya (RBM), creada por decreto en 1990 para garantizar la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y culturales (CONAP 2001; Ibarra y Cabrera 2008), se encuentra adscrita el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP). Es una de las cinco grandes Reservas que sustentan la Selva Maya, y hace parte de la estrategia regional Corredor Biológico Mesoamericano. Con una extensión superior a los dos millones de hectáreas, la RBM es el área protegida más grande de Mesoamérica (CONAP 2001).

Una de las tres grandes zonas que componen la RBM es la Zona de Usos Múltiples (ZUM), lugar en el cual solo es permitido un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales provenientes del bosque, el cual debe estar certificado por el Forest Stewardship Council (FSC por sus siglas en inglés) (Carrera *et al.* 2000; CONAP 2001; Ibarra y Cabrera 2008). Es en esta zona donde actualmente se concentra uno de los esquemas de manejo

forestal más exitoso a nivel latinoamericano, también denominado “concesiones forestales del Petén”(CHEMONICS 2006).

Una concesión es una figura legal establecida en la ley de áreas protegidas en Guatemala que permite al estado, por medio del CONAP, compartir responsabilidades de la administración de áreas protegidas con personas naturales o jurídicas, distinguiéndose dos categorías de concesión: una enfocada a la prestación de servicios públicos y otra al aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, siendo esta última la que aplica en la ZUM de la RBM<sup>1</sup> (CONAP 2001; CONAP 2002).

Garantizar que este instrumento de conservación perdure implica, entre otros aspectos, un conocimiento exhaustivo de las áreas bajo manejo. Autores como Gálvez (1996), Schulze y Whitacre (1999) a escalas pequeñas y Lundell (1937) WCS y CONAP (2011) a escalas más gruesas, han identificado y caracterizado tipos de bosques en la ZUM.

Gálvez (1996) por ejemplo, con base en la información florística de 40 parcelas permanentes control de 0.25 ha cada una y situadas dentro y cerca de la Unidad de Manejo Forestal San Miguel la Palotada, identificó tres tipos de bosques, siendo las características fisiográficas de la zona las que más influyeron en su diferenciación. Schulze y Whitacre (1999) por su parte, con base en información de 201 parcelas circulares y 93 cuadradas cada una con un área de 0.041 ha, distanciadas entre 100 - 300 m del parque nacional Tikal, identificaron 11 tipos de bosques siendo el gradiente topográfico el que más influyó en su diferenciación y en donde los bosques ubicados en tierras altas fueron los que concentraron el 70% del área basal de individuos con  $DAP \geq 30$  cm.

Lundell (1937) con base en observación en campo, información de estudios realizados para la península de Yucatán y registros de colecta de plantas realizadas en el departamento del Petén y el norte de Belice, realizó de manera exploratoria la identificación de tipos de bosques para la zona central y el norte del Petén, identificando para la zona norte del Petén (área que corresponde a la ubicación actual de la ZUM) tres tipos de bosques. Estos fueron: el “zapotal” dominado por *Manilkara zapota*, el “ramonal” por la alta dominancia de *Brosimum alicastrum* y el “caobal” por la dominancia de *Swietenia macrophylla*. Sin embargo la identificación de bosques realizada por Lundell (1937) dado su carácter descriptivo, se

---

<sup>1</sup> En la ZUM el tiempo de duración de la concesión otorgada a comunidades o empresas es de 25 años (prorrogables), siempre y cuando se garanticen con los requisitos del CONAP y la certificación forestal.

restringe a identificar asociaciones entre especies, desconociendo valores de conservación y producción que permitan un mayor detalle de estos bosques.

En la actualidad la clasificación del uso del suelo para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala (WCS y CONAP 2011) es la oficialmente adoptada por el CONAP para la clasificación de bosques en la ZUM. Esta clasificación, a partir imágenes de satélite LANDSAT TM y ETM, define agrupaciones a partir de criterios fisionómicos del paisaje como la cobertura de las copas y pendientes, identificando para la ZUM dos tipos de bosques: a) el bosque latifoliado medio-alto, con una altura promedio de 25 m, caracterizado por coberturas densas de vegetación, y ubicados en zonas bien drenadas, a diferencia del b) el bosque latifoliado bajo, con una altura entre 5-15 m, ubicados en tierras con mal drenaje.

Si bien es importante destacar los avances en materia de clasificación de bosques realizados en la ZUM y su incorporación en planes generales de manejo, esta metodología no considera aspectos relacionados a la composición de la vegetación, lo cual implica el desconocimiento de un sinnúmero de procesos e interacciones que pueden darse a escala local y que pueden ser de importancia al momento de planificar las acciones de manejo.

En este mismo sentido, el monitoreo se constituye una herramienta fundamental en la planificación, en la ZUM tanto el CONAP como la certificación, exigen contar con planes de monitoreo en cada UMF, el cual incorpora como instrumento las parcelas permanentes de medición (PPM) (Manzanero 2003). Desde la creación de la ZUM, se han establecido un total de 135 de estos dispositivos, 105 de los cuales se encuentran activos, convirtiendo a la ZUM en el área boscosa de Guatemala con mayor número de tales dispositivos de monitoreo (CATIE *et al.* 2011).

Sin embargo, garantizar la operatividad y la articulación de los dispositivos actualmente vigentes y velar porque los nuevos sean lo suficientemente representativos, se convierte en uno de los retos que hoy tiene la ZUM (CATIE *et al.* 2011; Marmillod 2011). Sobre la base de las consideraciones anteriores, esta investigación busca contribuir al conocimiento de los tipos de bosques presentes en la ZUM de la RBM, así como proponer una red de PPM para su monitoreo.

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio

La Reserva de la Biosfera Maya (RBM) se localiza al norte de Guatemala en el Departamento del Petén. Con una extensión de 2.112.940 ha<sup>2</sup>, limita al oeste y al norte con los estados mexicanos de Chiapas, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, al este con Belice y al Sur con los municipios peteneros de Flores, Dolores y la Libertad (Figura 4). Se encuentra en la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido (bh-St(c)) (Holdridge 1987), con temperatura y precipitación que en promedio alcanzan los 22 °C y 1.200 mm anuales, respectivamente (CONAP 2001).

La RBM es una de las cinco reservas de la biosfera que hacen parte de la Selva Maya, una de las extensiones de selva tropical más grande del mundo y uno de los ecosistemas más ricos por su diversidad biológica, herencia cultural y beneficios económicos que comparten Guatemala, México y Belice (Primack *et al.* 1999).

Previo a la consolidación de la RBM en 1990, los bosques del Petén precedían de un largo historial de intervenciones que datan desde la civilización Maya (2000 AC - 1546 DC), con la domesticación de especies de árboles y palmas de importancia para alimentación y como fuente maderable (Lundell 1937). Con la llegada de los españoles e ingleses hacia el siglo XVII se inicia un fuerte período extractivo, principalmente de *Swietenia macrophylla* y *Haematoxylum campechianum*, que duraría hasta mediados del siglo XIX con la independencia de los países centroamericanos (Schwartz 1990), y continuaría con la llamada explotación chiclerá o “Chiclería” que por más de 80 años se constituyó como uno de los pilares del desarrollo económico del Petén y Guatemala (Lundell 1937; Schwartz 1990).

---

<sup>2</sup> El 36% de la RBM corresponde a la Zona Núcleo (ZN), 40% a la Zona de Usos Múltiple (ZUM) y 24% a la Zona de Amortiguamiento (ZAM).

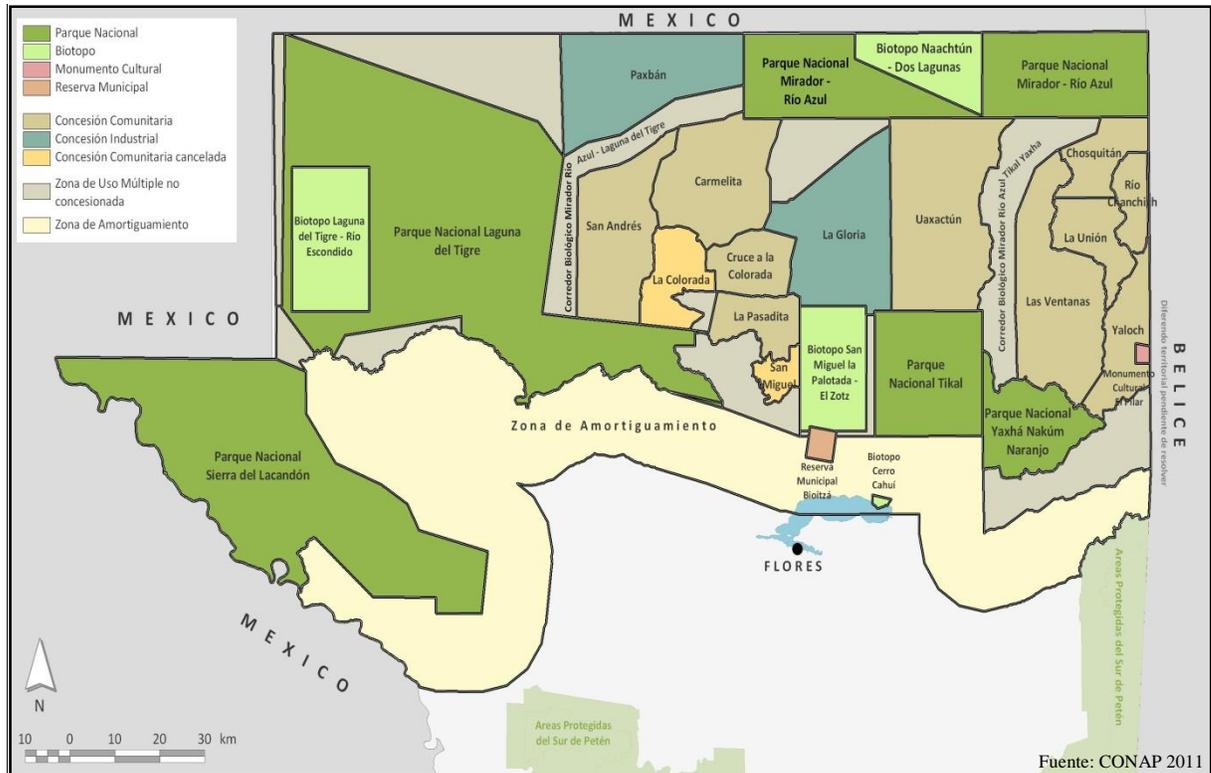


Figura 4. Reserva de la Biosfera Maya – Petén - Guatemala.

Hacia 1960, y luego de la bonanza chiclera, el gobierno central buscó una mayor vinculación del Petén a la nación, asignando el control del departamento a la Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo (FYDEP). Esta empresa administraba la explotación de los recursos y el otorgamiento de tierras a campesinos lo que contribuyó a un aumento en la deforestación de los bosques<sup>3</sup> por la explotación irracional de productos maderables y no maderables<sup>4</sup> y un aumento en las migraciones mediante la colonización de tierras por parte de campesinos provenientes del interior del país<sup>5</sup> (Schwartz 1990; CONAP 2002; Gomez y Mendez 2005).

Para finales de los años 80, grupos conservacionistas, junto con agencias internacionales de desarrollo, preocupados por la actividad extractivista que estaba dando lugar en el Petén ejercen presión en diferentes estancias estatales con el fin de proteger los

<sup>3</sup> Para el período comprendido entre 1962 – 1975 la deforestación estuvo entre un 12 y 20%, alcanzando hacia 1985 el 38% del departamento del Petén.

<sup>4</sup> Entre 1979 y 1987 las empresas maderables en el Petén reportaron oficialmente la tumba de 103.544 individuos de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y otras especies. El rango de individuos afectados por árbol aprovechado estaba entre 12 a 17 árboles, sumado esto a la construcción de caminos.

<sup>5</sup> En 1964 la población del Petén fue de 25.207 habitantes, población que para el año 1985 aumento considerablemente a 300.000 habitantes (crecimiento de 12.500 habitantes por año).

bosques. Como resultado se constituyó en 1989 el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), ente gubernamental encargado de la administración de las áreas protegidas en Guatemala. CONAP asumió el rol del FYDEP en el Petén, y luego en la RBM, creada en 1990.

Para 1994, CONAP otorgó en concesión la primera Unidad de Manejo Forestal, un esquema nuevo de gestión territorial para el manejo sostenible de los recursos naturales (Primack *et al.* 1999; Carrera *et al.* 2000; CONAP 2002; Gomez y Mendez 2005). Si bien el proceso concesionario tuvo un duro arranque en sus inicios por ser una propuesta novedosa y de la cual se tenía mucha incertidumbre, fue la adopción de la certificación forestal voluntaria como requisito “obligatorio” para la adjudicación de UMF, la que contribuyó enormemente a que este proceso se consolidara<sup>6</sup> (Carrera *et al.* 2000; Butterfield *et al.* 2003; Gomez y Mendez 2005).

Entre los requisitos contemplados al concesionario por parte de el CONAP y la certificación forestal voluntaria, el primero considera de manera inicial realizar un inventario forestal general a toda el área de la UMF a ser adjudicada, el cual tiene como objetivo el conocer el potencial productivo del bosque en cuanto a productos forestales maderables y no maderables, que sustentado bajo un plan de manejo debe contemplar entre otras la zonificación de áreas (protección, productivas o arqueológicas), la estimación del potencial productivo, actividades de aprovechamiento, monitoreo y control a realizar en la UMF, entre otras que luego de ser aprobado por el CONAP garanticen una gestión adecuada del área a adjudicar (CONAP 2002).

La certificación forestal voluntaria, es un instrumento “opcional” con que cuentan los manejadores de bosques, que fundamentada en una serie de Principios, Criterios e Indicadores adaptados para cada país, evalúa aspectos legales, ecológicos y socioeconómicos que permiten reconocer la buena gestión forestal (SmartWood 2006). Relacionados al plan de manejo, la certificación forestal considera para Guatemala que este debe tener objetivos claros de manejo, descripción de recursos forestales a manejar, descripción y justificación de las prescripciones de manejo, criterios de selección de especies a aprovechar, planes de monitoreo de

---

<sup>6</sup> Un aspecto importante de la adopción de la certificación como requisito a la adjudicación de áreas para manejo forestal en la ZUM ha sido garantizar a comunidades y empresas el acceso legal a la tenencia a largo plazo de los bosques.

crecimiento, regeneración y dinámica del bosque, entre otros y el cual deberá ser revisado periódicamente con el fin de incorporar los resultados fruto del monitoreo (SmartWood 2006).

## **4.2 Características de la información**

En relación a los inventarios forestales, con la creación de la RBM estos se convirtieron en el insumo mínimo para la planificación de las actividades silviculturales en cada UMF de la ZUM. Cada concesionario, con el apoyo de ONG's constituidas para brindar capacitación, acompañamiento y apoyo técnico temporal, eran los encargados de realizar el inventario forestal y presentar los resultados al CONAP.

En general, la información de inventarios forestales analizada en este estudio data de 1994 en el caso del inventario más antiguo (UMF La Pasadita), y 2005 para el más reciente (UMF San Miguel II). Para la elaboración de planes de manejo, los inventarios realizados en cada UMF siguieron la metodología definida por Carrera (1996), a partir de un muestreo sistemático de la vegetación, con parcelas rectangulares de 1 ha, subdivididas en subparcelas de 50 m x 10 m para evaluación de la regeneración natural (Figura 5).

En cada parcela de inventario se evaluaron árboles y palmas  $\geq 25$  cm de DAP y regeneración natural en 4 subparcelas: fustales: individuos con  $10 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 25 \text{ cm}$ , latizales: individuos con  $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$ , brinzales: individuos con alturas  $\geq 30 \text{ cm}$  y  $\text{DAP} < 5 \text{ cm}$ . Para árboles, las variables que se miden son: identificación de los individuos a nivel de nombre común, DAP, altura total y calidad de fuste, entre otras (Carrera 1996; Pinelo 2004). Aunque en la mayoría de inventarios analizados se evaluó toda la vegetación presente en la masa boscosa, algunos como el caso de la UMF la Carmelita y San Miguel la Palotada sólo consideró especies comerciales, información que para efectos de los análisis realizados en la presente investigación no fue tomada en cuenta.

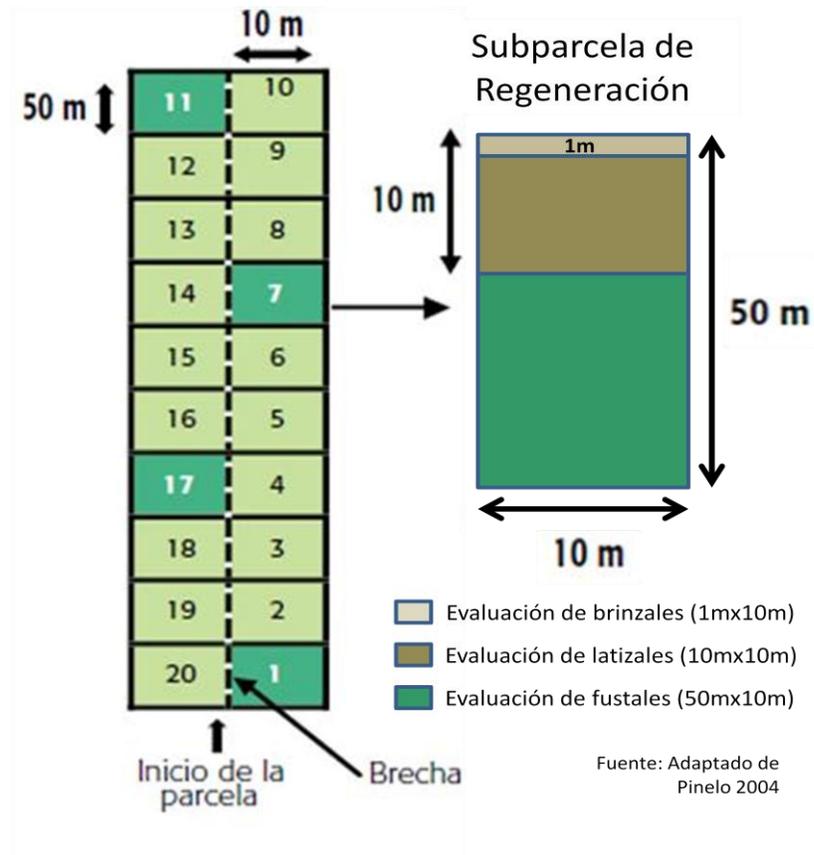


Figura 5. Diseño típico de una parcela utilizada en inventarios forestales en la ZUM de la RBM.

Por su parte las parcelas permanentes de medición (PPM), se constituyen como uno de los instrumentos de monitoreo utilizados desde la creación de la ZUM y requisito exigido a los concesionarios para obtener la certificación forestal. Las ONG's acompañantes del proceso concesionario han desempeñado un papel fundamental para el establecimiento y remediación de estos dispositivos de investigación, centrados en que tienen como objetivos dos objetivos a) conocer la dinámica de todas las especies en las áreas intervenidas y b) conocer el comportamiento de ciertas especies de mayor interés por su importancia comercial.

En la ZUM no existe un diseño único de PPM, estos varían en función de los intereses de cada concesionario, los cuales van desde la evaluar la dinámica del rodal, utilizando principalmente parcelas cuadradas de 0,25 ha, o la dinámica de especies de interés comercial con parcelas generalmente rectangulares de 1; 1,25 y hasta 50 ha (Figura 6).

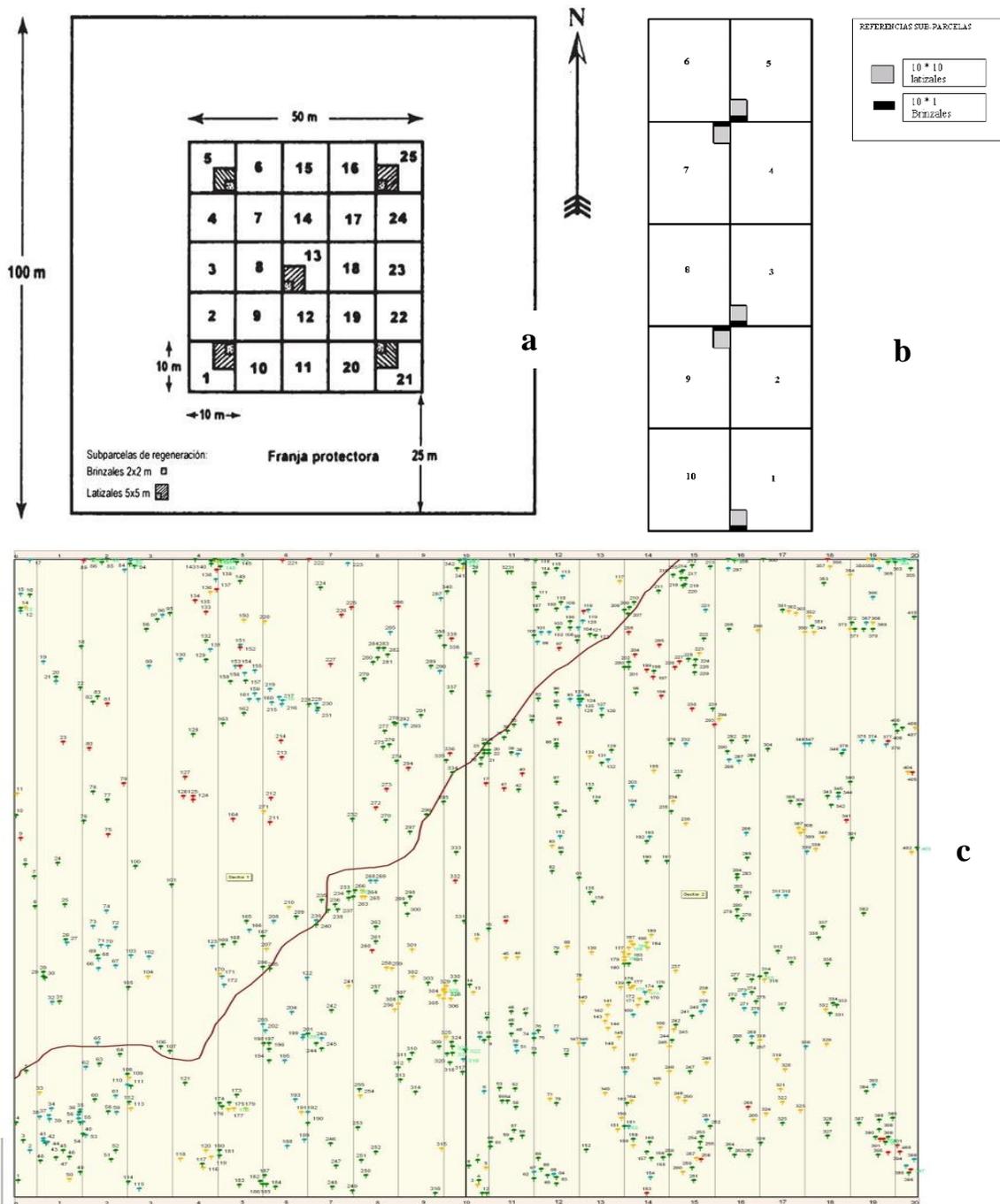


Figura 6. Diseño de PPM en bosques de la ZUM, a) PPM cuadrada de 50 m x 50 m, b) PPM rectangular de 50 m x 250m y c) PPM rectangular de 500 m x 1000 m.

## **4.3 Gestión de información**

### ***4.3.1 Recopilación de información***

El proceso de recopilación de información de inventarios forestales y parcelas permanentes de monitoreo (PPM) inició con una a presentación oficial de la investigación en el taller “Análisis del estado actual del monitoreo de la dinámica de los Bosques Latifoliados a través de Parcelas Permanentes de Muestreo y análisis de propuestas para la integración de esfuerzos”, organizado por el proyecto Finnfor y realizado en Flores-Petén el 10 de febrero de 2011 y el cual contó con la participación de concesionarios, CONAP, INAB, Rain Forest Alliance, y personal de Finnfor.

Espacio que sirvió además como plataforma para establecer compromisos con los manejadores de bases de datos para la obtención de la información, recopilada de manera continua durante el desarrollo de la fase de campo. Proceso que tuvo como principales características la fragmentación de la información y en algunos casos la antigüedad limitó la recuperación de parte de ella.

Entre las principales fuentes de información se destacan la fundación Naturaleza para la Vida (NPV), el Centro de Monitoreo y Evaluación del CONAP (CEMEC), los Ingenieros Manuel Manzanero y Gustavo Rodriguez quienes se desempeñaron como funcionarios de la desaparecida ONG Propetén, la asociación de comunidades forestales de Petén (ACOFOP), el CATIE y, en menor medida, los regentes forestales de cada UMF, quienes facilitaron los datos en forma impresa y digital.

Gran parte de la información recopilada se maneja y continua manejando a través del Sistema de Evaluación, Monitoreo y Análisis forestal (Semafor), programa diseñado por Brenes y Martins en 1996, bajo un ambiente Visual FoxPro (extensión DBF), para facilitar y garantizar un eficaz manejo de la información de inventarios forestales, una menor cantidad bajo formato Microsoft Excel. Como resultado del proceso de recopilación de información, en el caso de inventarios forestales, se logró consolidar la información para diez UMF actualmente vigentes y seis UMF no otorgadas en concesión o a las que esta fue cancelada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Información recopilada de Inventarios forestales en la ZUM de la RBM.

| Nº           | Unidad de Manejo        | Área UM (ha)   | Número de parcelas (1ha) | Año de medición |
|--------------|-------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|
| 1            | Carmelita*              | 53.797         | 93                       | 1999            |
| 2            | Chosquitán              | 19.390         | 53                       | 1999            |
| 3            | Cruce la Colorada       | 20.469         | 33                       | 1999            |
| 4            | La Colorada             | 22.067         | 58                       | 1999            |
| 5            | La Gloria               | 66.548         | 123                      | 1999            |
| 6            | La Pasadita             | 18.817         | 54                       | 1994            |
| 7            | La Unión                | 21.176         | 67                       | 2000            |
| 8            | Las Ventanas            | 64.793         | 79                       | 1999            |
| 9            | Lechugal                | 24.973         | 62                       | 2002            |
| 10           | Paxbán                  | 65.755         | 107                      | 1999            |
| 11           | Río Chanchich           | 12.217         | 43                       | 1999            |
| 12           | San Andrés              | 51.939         | 148                      | 1997            |
| 13           | San Miguel La Palotada* | 7.039          | 32                       | 1999            |
| 14           | San Miguel II           | 4.170          | 26                       | 2005            |
| 15           | Uaxactún                | 83.558         | 118                      | 1996            |
| 16           | Yaloch                  | 25.386         | 72                       | 2000            |
| <b>Total</b> |                         | <b>562.094</b> | <b>1.168</b>             |                 |

\*UMF que solo analiza especies comerciales

En el caso de PPM, se logró consolidar información para diez UMF actualmente activas y tres a las que fue cancelada su concesión (Cuadro 2). En esta fase de la investigación se destaca el apoyo del departamento técnico forestal del CONAP, el Centro de Monitoreo y Evaluación del CONAP (CEMEC) y el respaldo del proyecto Finnfor.

Cuadro 2. Información recopilada de parcelas permanentes de muestreo en la ZUM de la RBM.

| Unidad de Manejo Forestal | Experimento   | Área PPM (ha) | Objetivo de evaluación | Número de Parcelas | Año de Instalación/Año de última medición | Número de Mediciones |
|---------------------------|---------------|---------------|------------------------|--------------------|---|----------------------|
| Carmelita                 | 035B          | 0.25          | DB                     | 6                  | 2006/2006                                 | 1                    |
| Chosquitán                | 032B          | 0.25          | DB                     | 6                  | 2000/2006                                 | 2                    |
| Cruce la Colorada         | 043B          | 0.25          | DB                     | 8                  | 2006/2006                                 | 1                    |
| La Colorada               | 036B*         | 0.25          | DB                     | 4                  | 1999/2006                                 | 2                    |
| La Gloria                 | Icotea        | 50.00         | DEM                    | 2                  | 2004/2010                                 | 7                    |
| La Unión                  | 033B          | 0.25          | DB                     | 6                  | 2006/2006                                 | 1                    |
| Las Ventanas              | Las Ventanas  | 0.25          | DB                     | 3                  | 2004/2010                                 | 6                    |
|                           | Las Ventanas  | 0.25          | DB                     | 6                  | 2005/2010                                 | 5                    |
|                           | Las Ventanas  | 0.25          | DB                     | 3                  | 2006/2010                                 | 3                    |
|                           | Las Ventanas  | 0.25          | DB                     | 4                  | 2009/2010                                 | 2                    |
| Paxbán                    | Paxbán 1      | 1.00          | DEM                    | 6                  | 2005/2007                                 | 2                    |
|                           | Paxbán 2      | 1.00          | DEM                    | 6                  | 2008/2008                                 | 1                    |
| Rio Chanchich             | 022B          | 0.25          | DB                     | 12                 | 1998/2009                                 | 4                    |
|                           | 031B          | 0.25          | DB                     | 6                  | 1999/2009                                 | 4                    |
| San Andrés                | San Andrés 1* | 1.50          | DEM                    | 6                  | 2002/2010                                 | 3                    |
|                           | San Andrés 2  | 0.25          | DB                     | 6                  | 2006/2010                                 | 3                    |
| San Miguel                | 002B          | 0.25          | DB                     | 5                  | 1992/2005                                 | 9                    |
|                           | Yarxché       | 0.25          | DB                     | 21                 | 1993/1998                                 | 5                    |
| Uaxactún                  | Uaxactún 1    | 0.25          | DB                     | 6                  | 2005/2007                                 | 2                    |
|                           | Uaxactún 2    | 1.00          | DEM                    | 7                  | 2007/2007                                 | 1                    |
| Yaloch                    | Yaloch        | 0.25          | DB                     | 6                  | 2009/2009                                 | 1                    |
| <b>Total</b>              |               |               |                        | 135                |   |                      |

\*experimentos con mediciones extraviadas

DB: Dinámica del Bosque

DEM: Dinámica de especies maderables

#### 4.3.2 Estandarización, homogenización y depuración de la información

El proceso de estandarización inicia con una revisión exhaustiva de la información recopilada. Si bien el volumen inicial de datos recopilado a través de esta etapa fue alto, la necesidad de definir aquella a utilizar para la generación de la base de datos de inventarios

forestales, hizo necesario consultas continuas a manejadores de información y verificar la concordancia y coherencia de la información, con la consignada en los planes de manejo forestal general de cada una de las UMF. En el caso de PPM, se revisó que la información de cada uno de los documentos técnicos generados por las ONG's acompañantes, y regentes forestales principalmente, tuvieran relación con las bases de datos recopiladas.

Seguidamente, para cada UMF se generaron por separado archivos formato Excel, con información de datos de inventario y PPM. En ambos casos, a cada uno de los archivos generados se adicionó información de general de la unidad de muestreo y para cada individuo evaluado, tales como unidad de manejo, coordenadas geográficas, fecha de medición, parcela, subparcela, nombre común, dap, calidad de fuste, y observaciones, entre otras. Esto con el fin de generar una estructura única para todos los archivos generados.

La generación de una estructura única, hizo necesario un proceso de homogenización de valores para algunas variables. Tal es el caso de la identificación de cada individuo evaluado (a nivel de nombre común), en donde fue necesario corregir aspectos relacionados a una mala tipificación, el uso de acentos o descriptores de nombres comunes a través de iniciales.

Debido a la antigüedad de gran parte de la información (en el caso de inventarios forestales) y al no contar con información exacta de la ubicación geográfica de cada unidad de muestreo fue necesaria: 1) la búsqueda con las fuentes primarias de información con el fin de obtener el dato exacto de ubicación de cada unidad muestral, 2) en caso de no obtener la información requerida, se procedió a digitalizar cada una de las parcelas a partir de imágenes contenidas en planes de manejo o documentos técnicos. Como resultado de este proceso se cuenta con la información espacial para 837 de 1168 parcelas de inventario y ubicación geográfica de todas las PPM.

Finalmente se construyó un archivo con toda la información de inventarios forestales generales y PPM. Uno de los aspectos a tener en cuenta es que la estructura de la base de datos no contempla la variable numero de ejes, si bien la estructura de datos inicial de gran parte de las UMF contemplaban esta variable, ninguna asignó valores para la misma. Así mismo, el proceso de estandarización, homogenización y depuración de la información permitió la consolidación de un listado único con 650 nombres comunes.

### ***4.3.3 Generación de listado único de especies***

En general los muestreos realizados en la ZUM en el caso de inventarios forestales y PPM, presentan una fase de gabinete la cual busca ubicar espacialmente las parcelas a muestrear, realizando una estratificación con base en la cobertura vegetal, altitud y pendientes mediante el uso de sistemas de información geográfica. Posteriormente con la ubicación espacial de cada parcela y la ayuda de puntos de control establecidos (caminos, ríos), un equipo de trabajo conformado por un jefe de cuadrilla, un asistente del jefe de cuadrilla, un baquiano y un “brechero”, ubican la parcela.

La capacitación de la cuadrilla de trabajo es un aspecto importante, por tal razón y para la calidad de la información, previo a la etapa del levantamiento de la información, se realiza una validación y unificación de criterios e interpretación de las variables a registrar en los formularios de campo (NPV 2001). En la ZUM los inventarios forestales y el levantamiento de información de PPM han considerado, para la identificación de cada individuo evaluado, su nombre común, resaltando el papel del baquiano, que como función principal tiene la identificación de especies forestales de árboles, fustales, latizales y brinzales.

Si bien los nombres comunes o vernáculos de las especies son de gran valor debido a que reflejan muchas de las costumbres, creencias y tradiciones, esta condición se magnifica en el Petén, uno de los ecosistemas más ricos en términos biológicos, culturales y económicos, cuna de una de las civilizaciones Maya, y en donde confluyen actualmente tres naciones: Belice, Guatemala y México (Primack *et al.* 1999).

Según estimaciones, en los inventarios forestales realizados en la ZUM participaron un total de 32 baquianos (NPV 2001). El perfil general de los baquianos del Petén, muestra que la gran mayoría nacieron en la década de los 50's y son originarios de la región Petén. En cuanto al conocimiento de plantas este lo obtuvieron principalmente por herencia de sus padres y abuelos, algunos manifestaron que el haber trabajado en actividades extractivas de chicle, xate y pimienta, y madera a gran escala en la década de los 70's también contribuyó a acumular una mayor experiencia.

Esta realidad, se encuentra plasmada en los más de 650 nombres comunes presentes en la información analizada, lo cual suscito la generación de un listado único de nombres comunes depurados, con el fin de identificar las sinonimias existentes entre nombres comunes.

Para esto fue necesario consolidar un listado inicial que contuviese todos los nombres comunes presentes en los archivos generados de inventarios forestales y PPM. Este listado inicial se dividió en tres partes: una con los nombres comunes de especies de importancia económica, otra con información de especies no comerciales pero altamente abundantes en cuanto al número de registros en los datos de inventario y finalmente otra con los nombres restantes (menos abundantes).

Las dos primeras partes del listado se llevó a través de encuestas a cada uno de los baquianos con mayor experiencia, residentes en la zona y que en su conjunto participaron como reconocedores de plantas en un 90% de los inventarios forestales de la ZUM y en un alto porcentaje de los establecimientos y remediciones de PPM.

Con la información tabulada, se procedió a consolidar 1) aquellos nombres comunes en donde los baquianos coincidían en que no existía sinonimia, 2) nombres comunes en donde los baquianos identificaban un sinónimo para el nombre común, por ejemplo varillo y santa maría, 3) nombres comunes con tres o más sinónimos (como el caso de tapaculo, pixoy o caulote) y 4) finalmente los que el conjunto de baquianos entrevistados no identificaban o lo tenían por desconocido, como se describe a continuación:

1. Nombres de especies sin sinonimia: corresponden principalmente a nombres comunes de especies que solo presentan un único nombre común, ampliamente conocidas en la región luego de años de manejo, tal es el caso caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), manchiche (*Lonchocarpus castilloi*), chechen negro (*Metopium brownei*), chechen blanco (*Sebastiania longicuspis*), entre otras. Así mismo, algunas especies no comerciales y que de acuerdo con los baquianos corresponden a una entidad y no tienen otro nombre común en la zona es el caso de nombres comunes como cola de pava, guaco, palo de gas, silillon, entre otros.
2. Nombres comunes en donde los baquianos identificaban un sinónimo para el nombre común: corresponden a aquellos nombres comunes de especies comerciales y no comerciales para las cuales cada baquiano reconoce la existencia de un nombre alterno o sinónimo y que identifican una sola especie. Este fue el caso de especies comerciales como santa maria o varillo (*Calophyllum brasiliense*), malerio blanco o vayo (*Aspidosperma stegomeris*) y no comerciales como maculiz o matilisguate, guano o botán, entre otras.

3. Nombres comunes con tres o más sinónimos: hace referencia a aquellas especies comerciales y no comerciales que según los baquianos cuentan con tres nombres comunes, es el caso de nombres comunes como cuero de sapo, pellejo de sapo y palo de diente; tapaculo, pixoy y caulote; jobillo, jocote fraile y palo ron ron.
4. Nombres comunes no identificados o desconocidos por los baquianos: en este grupo de nombres comunes se encontraron aquellos que los baquianos desconocen, es el caso de nombres como gramoxone, huevo de chucho, palo de vicks en donde gran parte de los baquianos entrevistados coinciden en que este grupo de nombres denotan generalmente “una ocurrencia” del baquiano que identificó al individuo. Finalmente otro de los casos atípicos se presentó para el nombre común ramón, esto debido a que en la zona se reconocen dos “ramones” el ramón colorado y el ramón oreja de mico.

Todos los casos que surgieron como resultado de la encuesta realizada a cada uno de los baquianos fueron analizados posteriormente a través de un taller (Anexo 1) en donde se expusieron los resultados de las encuestas, se evaluaron evaluar posibles conflictos y se tomaron decisiones de manera conjunta sobre casos particulares. De esta manera se consolidó un listado de nombres comunes único con y sin sinonimia (Anexo 2).

Con el listado único de nombres comunes para la ZUM se procedió a construir un listado de correspondencia (el más cercano posible) entre nombres comunes y nombres científicos, para esto se consideraron los siguientes pasos:

1. Asignación de nombres científicos con información del libro: “Flora of Guatemala” (Standley y Steyermark 1946). Este documento constituyó el primer filtro para la asignación de identificación taxonómica a cada nombre común. El estudio realizado por “The Field Museum of Natural History” y publicado hacia 1946, hace una descripción de la vegetación florística de Guatemala, incluido el Petén, su importancia radica en la caracterización de la vegetación con base a material botánico colectado.
2. Asignación de nombres científicos con información del “Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México” (Pennington *et al.* 1968). Este documento constituyó el segundo filtro para la asignación de identificación taxonómica. Cuenta con el respaldo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México y la FAO, y hace una

caracterización de 150 especies de importancia comercial en el trópico mexicano, zona que presenta características semejantes en términos de culturales y de composición de los bosques con los de la ZUM.

3. Asignación de nombres científicos con información del libro “Comunidades forestales y mercadeo de maderas tropicales poco utilizadas de Mesoamérica” (Forster *et al.* 2002). Esta fuente bibliográfica constituyó el tercer y último filtro para la asignación de nombres comunes, en donde Forster et ál. (2002) hacen un análisis de las especies maderables poco comercializadas en México (Yucatán), Guatemala (Petén) y Honduras (Atlántida), que contó con el apoyo de algunas instituciones acompañantes del proceso concesionario en el Petén como Centro Maya y CATIE.

En todos los casos se verificó que la presencia o distribución de las especies identificadas a nivel de nombre científico comprendiera el área del Petén, para lo cual se utilizó la información del proyecto de la Flora Mesoamericana (Davidse *et al.* 1994) disponible en la página web Tropicos del Jardín Botánico de Missouri. Esta base de datos del Jardín Botánico de Missouri pone a disposición de la comunidad científica más de 3.9 millones de registros de especies de plantas a nivel mundial (disponible en <http://www.tropicos.org/Home.aspx>). Dado el caso de que la especie consultada no se encontrara en la base de datos de la página de Trópicos, la identificación taxonómica asignada a la especie fue la establecida a través de la Flora of Guatemala.

Todo el proceso anterior permitió generar un listado final con 530 nombres, entre nombres únicos y con sinonimia(s), todos ellos identificadas y codificados<sup>7</sup> a los siguientes niveles taxonómicos:

1. Identificación taxonómica a nivel de Familia: corresponden a nombres comunes encontrados en la información secundaria y que pueden denotar diferentes géneros para una misma familia botánica. Dada esta complejidad, la entidad se reconoció a nivel de familia. Tal es el caso del nombre común sacalante - sacalante aguacatillo para el cual se reconocen tres especies para la zona según la literatura como son *Nectandra globosa*, *Phoebe mexicana* y *Ocotea sp.* Para tal conjunto de nombres,

---

<sup>7</sup> El código asignado consta de una combinación de seis caracteres, de orden alfabético o alfanumérico.

que según los baquianos son sinónimos, su identificación taxonómica se dejó a nivel de la familia Lauraceae. El 2.9% del total de nombres comunes se llevó a nivel de familia (15 nombres comunes).

Un caso particular fue el del nombre común “ramón”, que según los baquianos corresponde a ramón colorado o ramón oreja de mico. Debido a que estos dos nombres comunes denotan diferentes géneros de una misma familia taxonómica (*Trophis* y *Brosimum*), su identificación se dejó a este nivel o sea Moraceae.

El código de identificación asignado a los individuos identificados a este nivel, se compone de las cuatro letras iniciales de la familia taxonómica a la que pertenece y los dos dígitos siguientes corresponden a la condición de morfoespecie. Por ejemplo, a nivel de inventario existen tres palmas grandes (familia ARECACEAE); dos de estas palmas no pudieron identificarse a nivel de género. Los baquianos las identifican como “corozo” y “manaca”. A nivel de codificación se les nombró como AREC01 y AREC02, respectivamente. En inventarios forestales del total de registros, un 1,7% se codificó a este nivel, en PPM se logró llevar un 1,2% a este nivel.

2. Identificación taxonómica a nivel de género: corresponden a nombres comunes encontrados en la información secundaria y que pueden denotar diferentes especies para un mismo género de plantas, tal es el caso del nombre común cordoncillo, que según la literatura se reportan más de cinco especies para la zona como *Piper aduncum*, *P. amalago*, *P. auritum*, *P. scabrum*, entre otras, por tanto este nombre común se maneja como una sola entidad y su identificación taxonómica se dejó a nivel de género *Piper*. El 9.8% del listado de nombres comunes se llevó a este nivel (52 nombres comunes).

Para especies que se lograron identificar a nivel de género, las cuatro primeras letras del código de identificación pertenecen al género, seguidas por dos dígitos que corresponden a una condición de morfoespecie. Por ejemplo, “canisté” y “zapotillo” se reconocen como dos especies del género *Pouteria*; para efectos de codificación se asignó a “zapotillo” el código POUT01 y a canisté el código POUT02. En caso de que existiera otra especie identificada dentro de este género se asignaría el código POUT03, y así sucesivamente. Del total de registros, un 9%

se codificó a este nivel en el caso de inventarios forestales, para PPM a este nivel se llevo un 23%.

3. Identificación taxonómica a nivel de especie: corresponden a nombres comunes con sus sinónimos y que denotan una sola especie. Es el caso de nombres como puncté, como nombre común único, y que se le asignó el nombre de *Bucida buceras*. En el caso de especies con más de un nombre común y en que se encontró correspondencia de alguno de estos con una entidad taxonómica, se asumió ésta para el conjunto de especies. Este fue el caso de la especie caimito o siquiya, para la cual su identificación taxonómica asignada correspondió a la encontrada para el nombre común caimito *Chrysophyllum mexicanum*. El 63% del listado se llevó al nivel de especie (335 nombres comunes).

Para nombres comunes donde se logró asignar una identificación taxonómica completa, como por ejemplo en el caso del cedro, *Cedrela Odorata*, las cuatro primeras letras del código corresponden al género y las dos últimas a la especie, siendo por tanto CEDROD. En el caso de inventarios forestales, del total de registros, un 86% se codificó a este nivel. Para PPM un 68,9% se llevó a este nivel.

4. Identificación taxonómica desconocida: corresponden a los nombres comunes a los cuales no se encontró identificación taxonómica asociada y su identificación se dejó desconocida, tal es el caso de nombres comunes como achotillo, candelero, manzanillo, chile amate – chilamate, a los cuales no se logró llegar a una identificación taxonómica a nivel de familia, género o especie. Por tal razón cada uno de estos nombres o conjuntos de nombres (sinonimia) se llevó a nivel de desconocido. El 24.2% del listado esta a nivel de desconocido (128 nombres comunes).

La codificación de individuos a nivel de desconocido se trató de la siguiente manera:

- En el caso de individuos desconocidos, con nombre común único o sinonimia reconocida y que el número de registros bajo este nombre(s) en las bases de datos fue de cinco o más ocasiones; se consideró como una entidad desconocida, es el caso del nombre común “achotillo” al cual de le asignó el código DESC01. Para situaciones similares se modificó la codificación asignándole al final números consecutivos (DESC02,

DESC03, etc). Del total de registros, un 2,7% se codificó a este nivel, en PPM un 7% se logro llevar a algunos de los niveles de desconocido.

- Para individuos desconocidos, con un nombre común único o sinonimia reconocida y que el número de registros bajo este nombre(s) en las bases de datos fue menor a cinco ocasiones; se consideró como una entidad desconocida y se decidió colocar un único código: DESC99. Del total de registros, un 0.04% se codificó a este nivel.
- Finalmente, para registros en que la variable “nombre común” se encontrara vacía, o con calificativos como: “no existe”, “descalificado”, “desconocido”, “no determinado”, se asignó el código DESCON. Del total de registros, un 0.18% se codificó a este nivel.

Adicionalmente a cada individuo se asignó el grupo comercial al cual corresponde. En Petén, se manejan tres grupos de especies orientadas al aprovechamiento forestal como son las especies de alto valor comercial o AAACOM, especies actualmente comerciales con menor valor o ACTCOM y especies que en la actualidad no se aprovechan pero que en el futuro pueden tener algún mercado que conlleve a su aprovechamiento, o POTCOM<sup>8</sup>. Otros grupos están orientados principalmente a especies protegidas (PROTEC), palmas (PALMA) y especies sin valor comercial alguno (SINVAL).

No existe, sin embargo, un listado único de especies por grupo comercial, esto lo define cada concesionario con base en las especies presentes en cada UMF, por tanto aquellas especies que pueden ser comerciales en una unidad de manejo no lo son en otra o bien puede encontrarse en una categoría diferente. En el caso de las especies AAACOM, todas las unidades de manejo reconocen solo dos especies bajo esta categoría: *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro).

Con el fin de definir categorías únicas de grupo comercial para la ZUM, se tomó como punto de partida la clasificación realizada en cada UMF, posteriormente se compiló la información de todas las unidades de manejo definiendo como categoría única para la especie aquella con mayor moda, por tanto si de catorce concesiones diez de ellas reconocían a las especie como ACTCOM y cuatro como POTCOM, la categoría asignada a esta especie fue

---

<sup>8</sup> Para la asignación de grupos comerciales se trabajo con los Planes de Manejo Forestal de cada una de las UMF.

ACTCOM, en caso de que se encontraran dos o tres categorías con iguales posibilidades se asignaba la de mayor valor comercial.

El listado final de especies contiene 151 entidades a nivel de familia, 145 a nivel de género, 127 a nivel de especie y 63 a nivel de desconocido (Anexo 3). Este listado representa un primer esfuerzo por aclarar gran parte de la taxonomía de los árboles y palmas presentes en la ZUM, medidos en parcelas permanentes y de inventarios. Se reconoce, sin embargo, el alto grado de incertidumbre que este proceso conlleva, por lo que se recomienda se interpreten con precaución los resultados en materia de riqueza y diversidad de especies. El proceso adelantado, no obstante, tiene entre sus fortalezas la aplicación sistemática de procedimientos claros, rigurosos y a la vez conservadores. Se espera con esta base de datos obtener una aproximación confiable sobre el estado de los bosques, su relación con factores ambientales y sobre el impacto del manejo forestal. Recomendamos como próximos pasos realizar comprobaciones directas en campo, para mejorar la confiabilidad en las identificaciones.

#### ***4.3.4 Descripción de base de datos construida***

Una vez generado el listado único, la codificación y la asignación de grupo comercial a cada una de las especies analizadas, se consolidó la base de datos de inventarios forestales, la cual tiene información de 1168 parcelas de inventarios de 16 UMF. La base de datos contiene un total de 192.525 registros con información de individuos desde los 10 cm de DAP, de los cuales 117.055 registros corresponden a individuos con  $dap \geq 25$  cm. Cada registro cuenta con información correspondiente a su ubicación (UMF, parcela, subparcela, número de árbol), código de especie y grupo comercial, variables evaluadas (dap, altura comercial, calidad de fuste) y observaciones.

La base de datos de PPM, contiene información de 135 dispositivos, que representan una área de 150.4 ha, con fechas de instalación y remediación entre 1993 y 2010. El número total de registros consolidados fue de 76.780, que corresponden a 21.439 individuos evaluados una o múltiples ocasiones y ubicados en 13 UMF. Se diferenciaron un total de 21 experimentos, 15 de los cuales evalúan la dinámica de todas las especies presentes en el rodal y 6 de ellos la dinámica de especies comerciales.

Al igual que para los registros de inventarios forestales, cada uno de los registros de PPM cuentan con información correspondiente a su ubicación, código de especie, grupo

comercial, número y fecha de medición, variables evaluadas (dap, altura comercial, clase identidad de fuste, iluminación de copa, entre otras) y observaciones.

Para 805 parcelas de inventario y el total de PPM, se logró obtener su posición geográfica. Adicionalmente a cada una de estas se incluyó información de variables climáticas con la ayuda de la base de datos de Worldclim (Hijmans *et al.* 2005), que es un conjunto de capas climáticas a nivel global, con datos para el período de tiempo comprendido entre 1950–2000 a una resolución espacial de 1 Km, y los cuales pueden ser interpolados a escalas locales con el uso de los sistemas de información geográfica (SIG).

Las variables climáticas asignadas a cada una de las parcelas, corresponden a temperatura media anual, estacionalidad de la temperatura, temperatura mínima del mes más frío, precipitación media anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco y estacionalidad de la precipitación. Las variables climáticas anteriormente mencionadas fueron seleccionadas asumiendo que estas tienen un papel importante para predecir la composición de los bosques (Chain 2009; Sesnie *et al.* 2009).

De igual manera, a cada unidad de muestreo se asignó valores de elevación y pendiente con información sustraída del modelo de elevación digital SRTM 90m del CGIAR-CSI (Jarvis *et al.* 2008), el cual utiliza una resolución de 90 metros cuadrados. El manejo de la información espacial se realizó con la ayuda del CEMEC, utilizando el software ArcView 3.1 y ArcGis 9.3.

## **4.4 Análisis de datos**

### ***4.4.1 Identificación de tipos de bosques (TB).***

Para la identificación de tipos de bosques se siguió la metodología propuesta por CATIE, aplicada en diferentes trabajos de investigación (Perdomo *et al.* (2002), Ramos y Finegan (2005), Murrieta *et al.*(2007), Sánchez *et al.*(2007), Chain (2009) y Ortega (2009)). Para esta investigación se trabajó sólo con aquellas parcelas de 1 ha de inventarios forestales en donde se evaluó el total de las especies presentes en la masa boscosa, e individuos con dap  $\geq 25$  cm (incluidos árboles y palmas).

Para los análisis de tipos de bosques se consideraron un total de 1043 parcelas de 1 ha, de inventarios efectuados entre 1994 y 2005 en 14 UMF. El número total de registros analizados fue de 110.133 de 117.055 registros totales para individuos con dap  $\geq 25$  cm, los

registros descartados, corresponden a inventarios que solo tuvieron en cuenta especies maderables o bien para individuos con  $dap < 25$  cm.

En cada parcela de inventario se calculó el índice de valor de importancia (IVI) (Lamprecht 1990b) para cada una de las especies identificadas y se construyó una matriz de IVI eliminando aquellas especies presentes en solo una parcela; para esto se utilizó el software Visual FoxPro 7.0. Posteriormente, con la ayuda del software Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011), se aplicó un análisis de conglomerados, utilizando Ward como medida de agrupamiento y medida de distancia Euclídea, para la identificación exploratoria de los tipos de bosques presentes en la ZUM.

Una vez identificados los tipos de bosques, estos fueron validados a través de la prueba de análisis de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997) con la ayuda del software Qeco (Di Rienzo *et al.* 2010). El análisis de especies indicadoras además de ser usado para identificar aquellas especies que diferencian tipos de bosques, permite definir el número óptimo de grupos formados, con base en la agrupación que reúna mayor número de especies indicadoras y un valor de  $p$  promedio significativo más bajo.

De igual manera, se aplicó la técnica de análisis de similitud ANOSIM (Clarke 1993) con la ayuda del software Qeco (Di Rienzo *et al.* 2010) en el entorno de R (2008a) utilizando como medida de disimilitud Euclídea y un total de 1000 permutaciones. ANOSIM es una técnica de análisis multivariado utilizada para verificar estadísticamente las diferencias entre dos o más unidades muestrales.

La información climática y topográfica de cada tipo de bosque se caracterizó con base a las 805 parcelas de inventario para las cuales se obtuvo coordenadas geográficas, con datos de Worldclim y el modelo de elevación digital SRTM 90m del CGIAR-CSI.

Con el fin de identificar relaciones entre UMF y los tipos de bosques identificados se realizó un análisis de correspondencia, que es una técnica exploratoria que permite identificar asociaciones entre variables cualitativas. En el caso de que al análisis indique alguna relación entre estas variables, la significación de esta relación se validó con el uso de tablas de contingencia, análisis que permite conocer con un nivel de significancia si estadísticamente existe dependencia o independencia entre el conjunto de variables cualitativas analizadas. Para los análisis de correspondencia y tablas de contingencia se utilizó Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011).

Finalmente, se identificaron las especies que más influyen en la discriminación de los tipos de bosques identificados a través de análisis discriminante canónico. Esta técnica propuesta por Fisher (1936) permite describir de manera algebraica las relaciones existentes entre dos o más grupos, de modo que las diferencias entre estos se maximicen. Otra utilidad es con fines predictivos en el caso de asignar una clasificación a una nueva unidad muestral a partir de sus características, de igual manera la técnica permite encontrar el subconjunto de variables que mejor expliquen la variación entre grupos.

#### **4.4.2 Caracterización de Tipos de bosques**

La caracterización de tipos de bosques se realizó a nivel de composición, estructura y diversidad de especies, analizados a escala de rodal y grupo de especies comerciales para todos los árboles y palmas con dap  $\geq 25$  cm. Para nombrar los bosques identificados se utilizaron los resultados del análisis de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997), tomando aquellas especies con valor  $p < 0.05$  y mayor valor indicador (VI). El análisis de especies indicadoras se realizó con la ayuda de Qeco (Di Rienzo *et al.* 2010).

En cuanto a la caracterización de la estructura, se calculó por parcela la densidad (número de individuos/ha) y área basal ( $m^2/ha$ ), total y por clase diamétrica, y se comparó por tipo de bosque. Esto se hizo para el total de individuos y para grupos de importancia comercial.

Las comparaciones entre TB de nivel de estructura, composición y diversidad se realizaron mediante análisis de varianza univariado (ANDEVA) con la ayuda del software Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011), para esto se utilizó como réplicas a las parcelas identificadas en cada tipo de bosque, verificando que se cumplieran los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En el caso de aquellos análisis de varianza en donde no se cumplió con el supuesto de normalidad se realizó transformación de los valores de la variable a rangos, conservando las medias y errores originales.

El modelo general utilizado en las comparaciones se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = variable dependiente o respuesta (variable de diversidad o estructura)

$\mu$  = media general.

$B_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tipo de bosque.  
 $\epsilon_{ij}$  = error experimental que se supone  $N(0, \sigma^2)$ .

#### ***4.4.3 Relación entre la composición florística y otras variables.***

Con el fin de identificar las relaciones existentes entre la composición florística y variables ambientales y geográficas, que pueden estar incidiendo en el recambio de especies y la distribución de las mismas en bosques de la ZUM, se realizaron las siguientes pruebas:

##### **4.4.3.1 Correlaciones simples de mantel entre distancia florística y variables ambientales.**

Con el fin de establecer la relación entre el recambio de especies de los bosques de la ZUM y factores ambientales (topografía, clima y distancia geográfica), se realizaron correlaciones entre matrices de distancia utilizando el estadístico de Mantel, mediante los siguientes pasos:

1. Se construyó una matriz de distancia florística utilizando el IVI de las especies. Previo a la construcción de la matriz de composición, fue necesario realizar una transformación de los valores de IVI de las especies a raíz cuadrada, esto con el fin de colapsar el efecto de especies muy dominantes.
2. Se construyó la matriz de distancia geográfica (utilizando las coordenadas de cada parcela). Luego de generada la matriz esta se transformó a logaritmo natural para asimilar el efecto aleatorio de la distribución de especies (Hubbell 2001).
3. Se construyó matrices de distancia para cada una de las variables de topografía (elevación y pendiente), clima (temperatura media anual, estacionalidad de la temperatura, temperatura mínima del mes más frío, precipitación media anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco y estacionalidad de la precipitación

El estadístico de Mantel actúa como un coeficiente de correlación, con valores entre -1 y +1 (De Luzuriaga y Olano 2006; Di Rienzo *et al.* 2011), además la prueba asigna un valor de

probabilidad con un nivel de significancia, con el fin de establecer si la variable relacionada explica una variación en la composición de los bosques (Di Rienzo *et al.* 2011). Estos análisis fueron realizados a través de Infostat (2011). En la construcción de las matrices se utilizó como medida de distancia Euclídea.

#### **4.4.3.2 Autocorrelación entre la composición florística y la distancia geográfica.**

Para evaluar el recambio de la composición entre pares de parcelas según la distancia geográfica, se realizó un correlograma de Mantel. El correlograma se interpreta como la autocorrelación entre pares de parcelas, en una clase de distancia dada, o sea cuanto la composición puede diferenciarse a medida que pares de parcelas se encuentran más distantes.

El correlograma obtiene valores de correlación entre -1 y 1. Un valor cercano a -1 indica diferencias en la composición, por el contrario valores cercanos a 1 indica que las comunidades son más parecidas en su composición (De Luzuriaga y Olano 2006).

Para la construcción del correlograma de Mantel se utilizó Qeco (Di Rienzo *et al.* 2010) en ambiente de R (Team 2008b) para un total de 999 permutaciones. Siendo necesario la transformación de coordenadas geográficas para cada parcela a logaritmo natural para asimilar el efecto aleatorio de la distribución de especies (Hubbell 2001).

#### **4.4.3.3 Propuesta de red de parcelas permanentes de monitoreo por tipo de bosque.**

Para el diseño de la red de PPM solo se tuvieron en cuenta los dispositivos actualmente activos. En este sentido en la ZUM se cuenta con dos clases de dispositivos, los orientados a evaluar la dinámica del rodal, con parcelas cuadradas de 0.25 ha y los que evalúan la dinámica de especies maderables, con parcelas generalmente rectangulares y con diferentes tamaños. Siendo necesario asignar a cada uno de los dispositivos el tipo de bosque al cual corresponden, utilizando una técnica estadística diferente para cada clase de dispositivo.

- **En el caso de los dispositivos que evalúan la dinámica de especies del rodal**, se calculó a cada una de las parcelas se calculó el IVI por especie, tomando como referencia individuos con  $dap \geq 25$  cm y aquella medición con más fortaleza de acuerdo al baquiano que realizó la identificación de especies (Anexo 6), en el caso de parcelas que tuviesen más de una medición.

Los valores de IVI por especie y por parcela fueron adicionados a la matriz construida para la identificación de tipos de bosques (numeral 4.4.1), que además de contener los valores de IVI de cada especie por parcela, contiene el tipo de bosque identificado para cada parcela de inventario. En el caso de que las PPM no tuvieran algunas de las especies presentes en la matriz de IVI de inventario, se asignaron valores de 0. Si por el contrario las especies presentes en PPM no se encontraron en la matriz de inventario, estas fueron eliminadas.

Teniendo como base la matriz de IVI para PPM y parcelas de inventario y el respectivo tipo de bosque en el caso de las últimas, se corrió un análisis discriminante canónico, técnica multivariada que permite clasificar una nueva unidad muestral a partir de los valores de variables discriminadoras. De esta forma se asignó a cada una de las PPM, el tipo de bosque identificado en las parcelas de inventario.

- **En el caso de las PPM en donde se evalúa la dinámica de especies comerciales,** al no contar con información precisa sobre el total de especies presentes en la parcela, la asignación de tipos de bosques para esta clase de dispositivos se realizó mediante los resultados del análisis de correspondencia simple (ACS) (numeral 4.4.1). Esta técnica multivariada permite establecer de manera gráfica y exploratoria las relaciones existentes entre variables cualitativas.

Para el caso de la investigación las variables relacionadas fueron UMF y TB. Por tanto el tipo de bosque asignado a cada PPM, estará en función de la UMF en donde esta se encuentre ubicada. Así por ejemplo si una de las parcelas se encuentra ubicada en la UMF Paxbán y el TB relacionado a esta UMF según análisis de correspondencia es el bosque 1, a la PPM se asignará este tipo de bosque.

Adicionalmente se mencionarán algunas recomendaciones para que la red de PPM por tipo de bosque en la ZUM de la RBM sea funcional.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Identificación y caracterización de tipos de bosques en la ZUM

#### 5.1.1 Identificación de Tipos de bosques

El análisis de conglomerado aplicado al conjunto de datos de inventarios forestales de la ZUM, muestra de manera exploratoria que existen tres tipos de bosques (Figura 7), siendo los bosques 1 y 2 los que presentan mayor similitud en su composición. El número de grupos fue validado mediante análisis de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997) para tres y cuatro grupos, con el fin de definir la mejor agrupación. El análisis realizado para tres grupos fue el que mostró la mejor agrupación con 144 especies indicadoras y valor de p significativo promedio más bajo ( $p=0.002$ ).

El ANOSIM, con un valor de R significativo ( $p=0.0009$ ), también indicó que los grupos formados son estadísticamente diferentes en cuanto a la composición de especies. De las 1043 parcelas analizadas, el bosque 1 agrupa 438 parcelas, el Bosque 2 agrupa 364 parcelas y el Bosque 3 agrupa 241 parcelas.

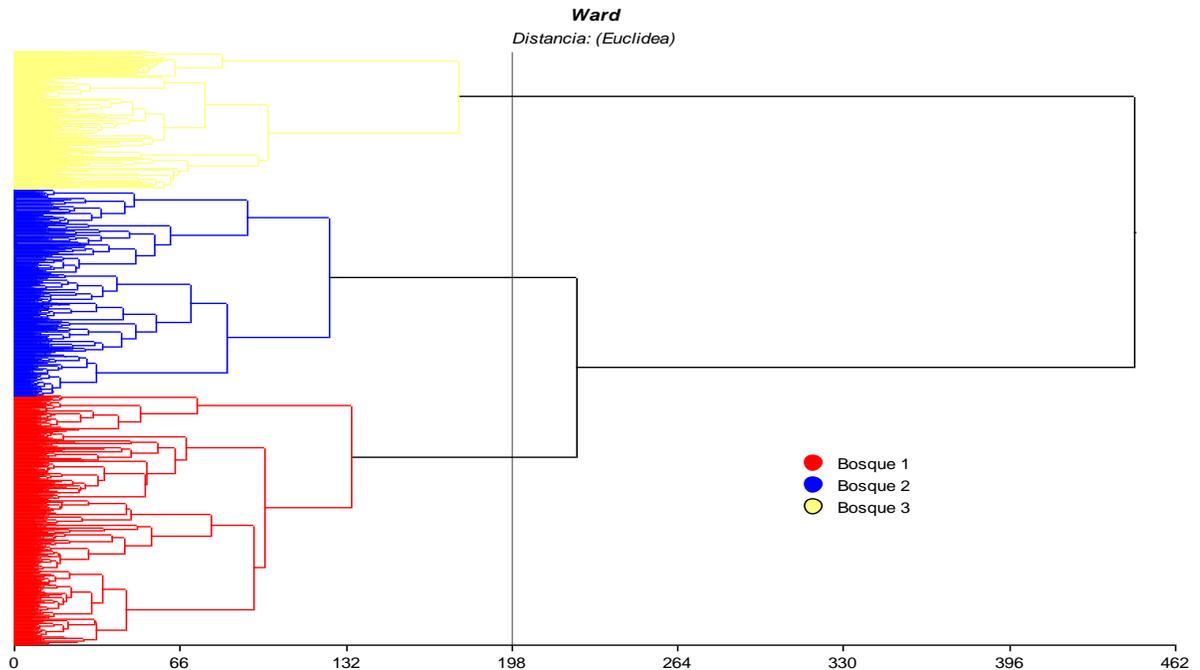


Figura 7. Análisis de conglomerado con base en la composición florística de 1043 parcelas de 1ha y el IVI, para árboles y palmas con  $DAP \geq 25$  cm en bosques de la ZUM de la RBM - Guatemala, utilizando Ward como medida de agrupación y distancia Euclídea.

Las especies con mayor importancia ecológica en el bosque 1 (Cuadro 3), de acuerdo al IVI, son *Manilkara zapota* (11.5% de IVI), *Brosimum alicastrum* (11.4%) y *Pouteria sp.* (5.6%); en el bosque 2 son importantes *Manilkara zapota* (15.7% de IVI), *Bucida buceras* (7.1%) y *Vitex gaumeri* (6.2%) y en el bosque 3, *Brosimum alicastrum* (10.3%), *Manilkara zapota* (6.1%) y *Pouteria sp.* (5.1%).

En cuanto a especies de valor comercial, caoba (*Swietenia macrophylla*) presenta mayor índice de valor de importancia en el bosque 2 (3.7% de IVI) y *Callophyllum brasiliense* en el bosque 1 (2.9% de IVI).

Cuadro 3. Diez primeras especies con mayor peso ecológico en cada TB de la ZUM en la RBM – Guatemala.

| Bosque 1                         |       |       |       |        |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Especie                          | AR    | DR    | FR    | IVI    | % IVI |
| <i>Manilkara zapota</i>          | 9.95  | 16.14 | 8.29  | 34.37  | 11.46 |
| <i>Brosimum alicastrum</i>       | 12.23 | 14.00 | 7.84  | 34.07  | 11.36 |
| <i>Pouteria sp.</i>              | 6.43  | 4.00  | 6.40  | 16.82  | 5.61  |
| <i>Pouteria campechiana</i>      | 5.04  | 3.89  | 5.31  | 14.24  | 4.75  |
| <i>Pouteria amygdalina</i>       | 4.70  | 4.19  | 4.60  | 13.48  | 4.49  |
| <i>Aspidosperma Megalocarpon</i> | 4.34  | 2.76  | 4.63  | 11.72  | 3.91  |
| <i>Vitex gaumeri</i>             | 2.98  | 4.24  | 2.88  | 10.11  | 3.37  |
| <i>Calophyllum brasiliense</i>   | 2.81  | 3.09  | 2.77  | 8.67   | 2.89  |
| <i>Pseudolmedia sp.</i>          | 2.52  | 1.46  | 2.69  | 6.66   | 2.22  |
| <i>Dendropanax arboreus</i>      | 1.99  | 2.06  | 2.15  | 6.20   | 2.07  |
| Primeras 10 spp                  | 52.98 | 55.81 | 47.56 | 156.34 | 52.11 |
| Otras (137 especies)             | 47.02 | 44.19 | 52.44 | 143.66 | 47.89 |
| Total (147 especies)             | 100   | 100   | 100   | 300    | 100   |
| Bosque 2                         |       |       |       |        |       |
| <i>Manilkara zapota</i>          | 16.49 | 19.62 | 10.96 | 47.07  | 15.69 |
| <i>Bucida buceras</i>            | 6.10  | 9.71  | 5.47  | 21.28  | 7.09  |
| <i>Vitex gaumeri</i>             | 5.97  | 6.62  | 6.00  | 18.59  | 6.20  |
| <i>Brosimum alicastrum</i>       | 6.87  | 6.56  | 5.14  | 18.57  | 6.19  |
| <i>Bursera simaruba</i>          | 4.83  | 3.76  | 5.29  | 13.89  | 4.63  |
| <i>Swietenia macrophylla</i>     | 2.78  | 5.48  | 2.92  | 11.19  | 3.73  |
| <i>Metopium brownei</i>          | 4.02  | 2.95  | 3.82  | 10.79  | 3.60  |
| <i>Pouteria campechiana</i>      | 3.44  | 2.74  | 3.95  | 10.13  | 3.38  |
| <i>Pouteria sp.</i>              | 3.73  | 2.31  | 3.61  | 9.66   | 3.22  |
| <i>Dendropanax arboreus</i>      | 3.31  | 3.11  | 2.71  | 9.12   | 3.04  |
| Primeras 10 spp                  | 57.56 | 62.86 | 49.88 | 170.30 | 56.77 |
| Otras (130 especies)             | 42.44 | 37.14 | 50.12 | 129.70 | 43.23 |
| Total (140 especies)             | 100   | 100   | 100   | 300    | 100   |
| Bosque 3                         |       |       |       |        |       |
| <i>Brosimum alicastrum</i>       | 10.28 | 12.68 | 7.85  | 30.80  | 10.27 |
| <i>Manilkara zapota</i>          | 6.04  | 6.95  | 5.25  | 18.23  | 6.08  |
| <i>Pouteria sp.</i>              | 5.90  | 3.53  | 5.76  | 15.19  | 5.06  |
| <i>Pouteria campechiana</i>      | 3.71  | 2.66  | 4.00  | 10.37  | 3.46  |
| <i>Alseis yucatanensis</i>       | 3.22  | 3.02  | 3.30  | 9.54   | 3.18  |
| <i>Spondias mombim</i>           | 3.19  | 3.28  | 2.87  | 9.33   | 3.11  |
| <i>Bucida buceras</i>            | 2.54  | 3.99  | 2.00  | 8.53   | 2.84  |
| <i>Ampelocera hottlei</i>        | 2.77  | 2.41  | 2.94  | 8.11   | 2.70  |
| <i>Pouteria amygdalina</i>       | 2.35  | 2.13  | 2.53  | 7.00   | 2.33  |
| <i>Vitex gaumeri</i>             | 2.06  | 2.64  | 2.12  | 6.81   | 2.27  |
| Primeras 10 spp                  | 42.05 | 43.28 | 38.60 | 123.93 | 41.31 |
| Otras (181 especies)             | 57.95 | 56.72 | 61.40 | 176.07 | 58.69 |
| Total (191 especies)             | 100   | 100   | 100   | 300    | 100   |

El análisis de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997), indica que para la ZUM hay un total de 144 especies indicadoras. El bosque 3, con 70 especies, es el TB que más especies indicadoras tiene, seguido por el bosque 1 y el bosque 2 con 43 y 31 especies respectivamente. Las especies de mayor valor indicador en el bosque 1, son *Aspidosperma megalocarpon*, *Pouteria sp* y *Brosimum alicastrum*. Especies comerciales como *Callophyllum brasiliense* también son indicadoras de este bosque. En el bosque 2 las especies con mayor valor indicador son *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Vitex gaumeri*, se destaca la presencia de caoba como una de las especies con mayor valor indicador en este bosque.

Por su parte las especies indicadoras con mayor valor de indicación en el bosque 3 son *Alseis yucataensis*, *Ampelocera hottlei* y *Spondias mombin*. La especie *Cedrela odorata* es indicadora de este tipo de bosque. En el Cuadro 4 se muestran las cinco especies indicadoras con mayor valor indicador observado por TB, el listado completo se puede apreciar en el Anexo 4.

Cuadro 4. Especies indicadoras por tipo de bosque con mayor Valor Indicador Observado (IV).

| Nombre Científico                | Bosque | Valor Indicador Observado (IV) | p*      |
|----------------------------------|--------|--------------------------------|---------|
| <i>Aspidosperma megalocarpon</i> | 1      | 0.70                           | <0.0001 |
| <i>Pouteria amigdalina</i>       | 1      | 0.65                           | <0.0001 |
| <i>Pouteria sp.</i>              | 1      | 0.63                           | <0.0001 |
| <i>Pouteria campechiana</i>      | 1      | 0.63                           | <0.0001 |
| <i>Brosimum Alicastrum</i>       | 1      | 0.60                           | <0.0001 |
| <i>Manilkara zapota</i>          | 2      | 0.68                           | <0.0001 |
| <i>Metopium brownei</i>          | 2      | 0.68                           | <0.0001 |
| <i>Vitex gaumeri</i>             | 2      | 0.67                           | <0.0001 |
| <i>Bursera simaruba</i>          | 2      | 0.66                           | <0.0001 |
| <i>Bucida buceras</i>            | 2      | 0.61                           | <0.0001 |
| <i>Alseis yucatanensis</i>       | 3      | 0.63                           | <0.0001 |
| <i>Ampelocera hottlei</i>        | 3      | 0.56                           | <0.0001 |
| <i>Spondias mombim</i>           | 3      | 0.52                           | <0.0001 |
| <i>Vatairea lundellii</i>        | 3      | 0.51                           | <0.0001 |
| <i>Hampea euryphylla</i>         | 3      | 0.49                           | <0.0001 |

Con la información obtenida mediante el análisis de especies indicadoras se nombraron los tres tipos de bosques identificados en la ZUM:

*Bosque 1: Bosque de *Aspidosperma megalocarpon*, *Pouteria* y *Brosimum alicastrum* (ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM).* Este bosque presenta elevaciones entre 97 y 369 msnm, con temperatura que oscila entre los 24.4 y 26.1°C y la precipitación media anual entre 1214 y 1568mm. Cuenta con 42 familias botánicas, representadas en 103 géneros y 147 especies. Es un bosque dominado por especies de las familias Zapotaceae y Moraceae y donde se destacan especies actualmente clasificadas en la ZUM como de alto valor comercial como *Aspidosperma megalocarpon* y *Callophyllum brasiliense*.

*Bosque 2: Bosque de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Vitex gaumeri* (MANILKARA/METOPIUM/VITEX)* Este bosque presenta elevaciones entre los 128 y 382 msnm, con una temperatura que fluctúa entre 24.6 y 26°C, y con precipitación entre los 1213 y 1468 mm. Junto con el bosque 1 son los que están representados por un menor número de familias botánicas. Este bosque es altamente dominado por la especie *Manilkara zapota* con un IVI de 15.7%.

*Bosque 3: Bosque de *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hottlei* y *Spondias mombin* (ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS).* Este bosque presenta elevaciones entre los 95 y 363 msnm, con temperaturas entre los 24.6 y 26.1°C y precipitaciones entre 1215 y 1599 mm. Es dominado por la especie *Brosimum alicastrum* (IVI=10.3%) y especies de la familia Zapotaceae como *Manilkara zapota*, *Pouteria sp.* y *Pouteria campechiana*. Presenta una mayor densidad de palmas, siendo que este grupo, en conjunto, suma un 2.44% de IVI.

El análisis de correspondencia indicó una clara relación entre UMF y TB (Figura 8), donde el análisis de correspondencia muestra una inercia explicada para los dos primeros ejes de 79%. Esta relación fue validada estadísticamente mediante el análisis de tablas de contingencia, en donde el valor p del estadístico Chi cuadrado MV-G2, que relaciona TB y UMF, fue de 0.0001.

Las UMF más relacionadas al bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM (bosque 1) son las ubicadas en la parte oriental de la ZUM o del denominado bloque “Melchor” (UMF Yaloch, Las Ventanas, La Unión, Chosquitán, Río Chanchich y Uaxactún). Las UMF relacionadas al bosque MANILKARA/METOPIUM/VITEX (bosque 2)

corresponden a aquellas ubicadas en la parte centro y norte de la ZUM (UMF La Gloria, San Andrés, Lechugal y Paxbán). El bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS (bosque 3) se encuentra asociado a las UMF La Colorada, San Miguel 2 y Cruce La Colorada. La UMF La Pasadita no está claramente definida hacia un tipo de bosque en particular.

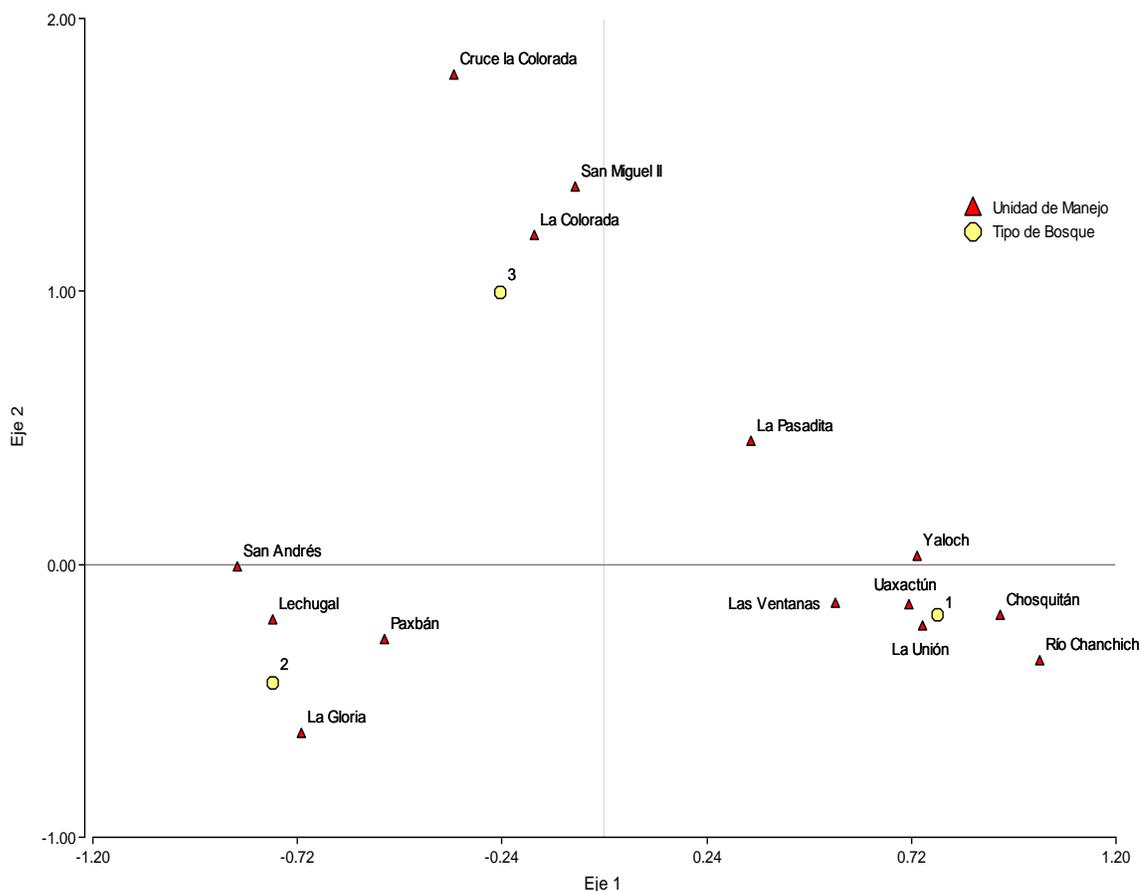


Figura 8. Análisis de correspondencia entre TB y UMF en la ZUM. La inercia explicada en los ejes 1 y 2 es de 79% y la prueba a través de tablas de contingencia indica un valor de Chi MV-G2 significativo ( $p < 0.0001$ .)

En la Figura 9, se muestra la distribución espacial de las 805 parcelas de inventario. Cada asociada al tipo de bosque a que pertenece, de acuerdo al análisis de conglomerados. Es clara la tendencia de agrupación espacial de parcelas bajo un mismo TB. Se pueden apreciar tres grandes conglomerados: uno bien definido hacia la parte sur-occidental de la ZUM y que en su mayoría está constituido por parcelas del bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS, otro hacia la parte occidental representado principalmente por parcelas del bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX y, finalmente, un grupo de parcelas del bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM que dominan hacia la parte oriental.

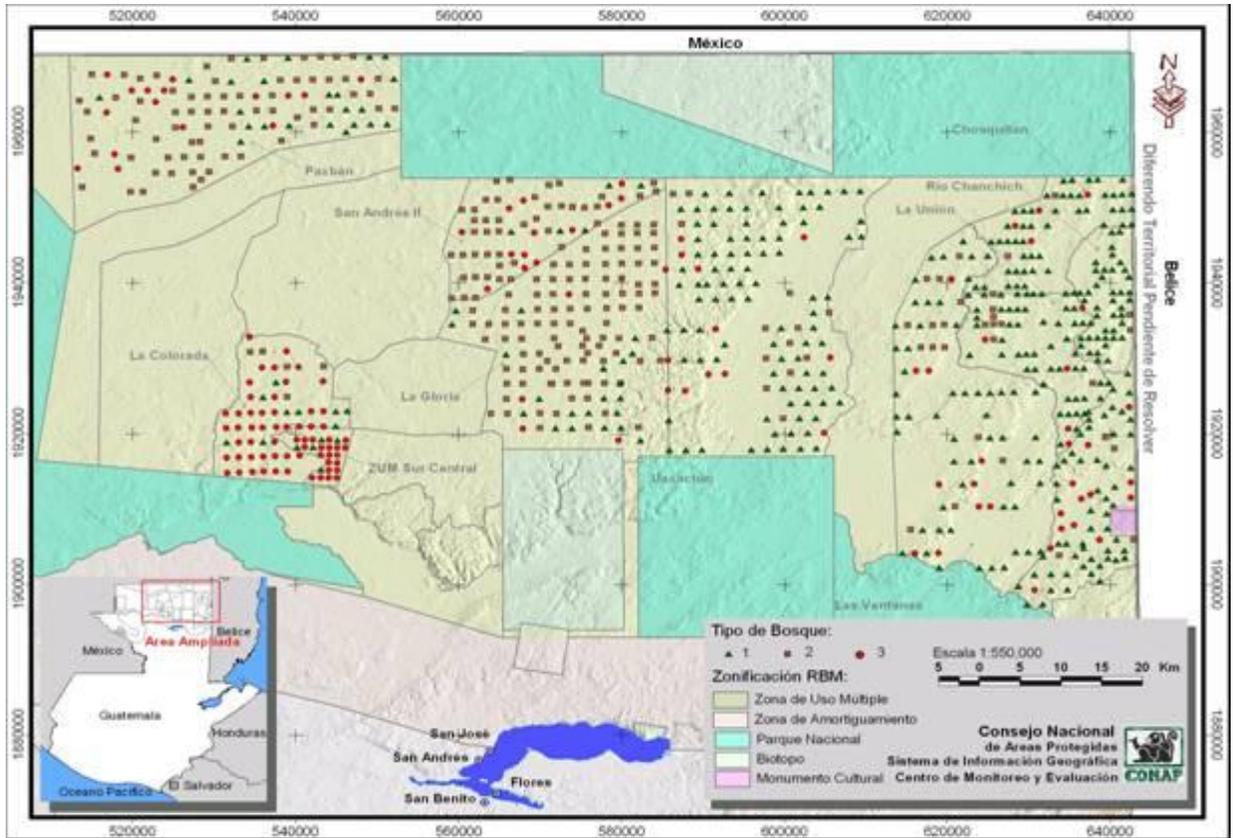


Figura 9. Tipos de bosques de la ZUM en base a la composición florística de especies de plantas, utilizando la información de 805 parcelas de inventario de las cuales se disponía de coordenadas geográficas. Fuente: CONAP a partir de resultados de este estudio.

El análisis discriminante canónico (Figura 10), asignó una nueva clasificación de tipos de bosques a cada parcela con base en la clasificación realizada a través de análisis de conglomerados. La tasa de error de la nueva clasificación fue de 6.33%, y por ser una tasa de error baja, se avala el número de grupos conformado. Las cinco especies que más influyen en la discriminación de los bosques conformados son en su orden *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Bucida burceras*, *Vitex gaumeri* y *Swietenia macrophylla*, el listado total de especies con su valor de discriminación se presenta en el Anexo 5.

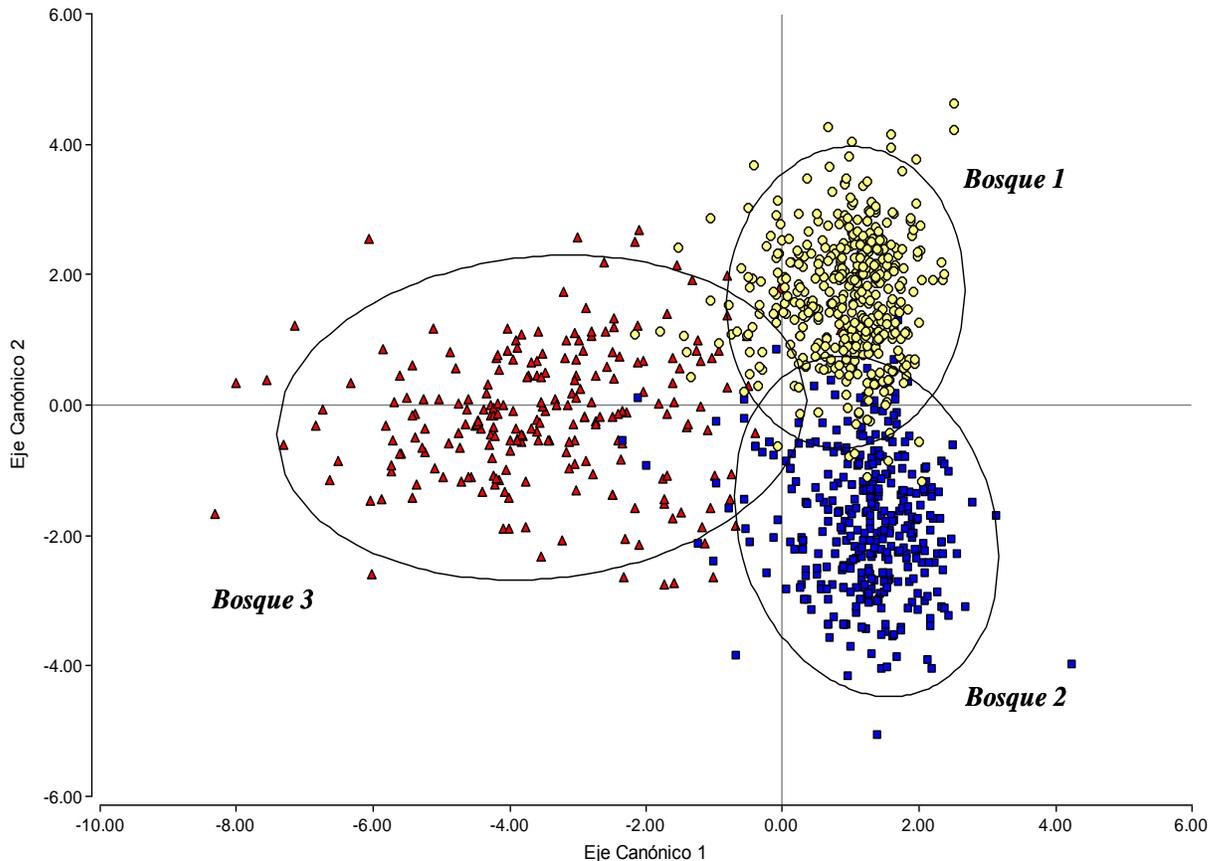


Figura 10. Análisis discriminante canónico de la composición florística para la diferenciación de tipos de bosques en la ZUM. Los ejes 1 y 2 representan el 62% y el 38% respectivamente. El análisis se realizó para 1043 parcelas. Por razones visuales no se incluyen las especies en la figura.

## 5.1.2 Caracterización de tipos de bosques

### 5.1.2.1 Análisis estructural de los tipos de bosques de la Zona de Usos Múltiples

El análisis de comparación de medias para la estructura de los TB en la ZUM indica que el bosque de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM es el que presenta mayor número de individuos totales (promedio de  $464.73 \pm$  error estándar 5.54) (Figura 11a). El comportamiento de esta variable es similar para las clases diamétricas bajas (Figura 11b), sin embargo en las clases diamétricas más altas el bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS, es el que presenta mayor número de individuos ( $16.50 \pm 0.72$ ). Por otra parte la distribución diamétrica del número de individuos (Figura 11b), muestra la distribución en j invertida para los tres tipos de bosques, característica de bosques tropicales sin perturbación.

En términos de área basal total, el bosque de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM presenta el mayor valor ( $55.30 \pm 0.75 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). Sin embargo, y a diferencia del número de individuos en donde los bosques de MANILKARA/METOPIMUM/VITEX y ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS no presentaron diferencias significativas (Figura 11a), para la variable área basal si se establecen diferencias (Figura 11c), siendo el bosque de MANILKARA/METOPIMUM/VITEX el que menor área basal posee ( $45.20 \pm 0.82 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). Así mismo la distribución diamétrica del área basal muestra una tendencia similar a la observada en la distribución del número de individuos (Figura 11d).

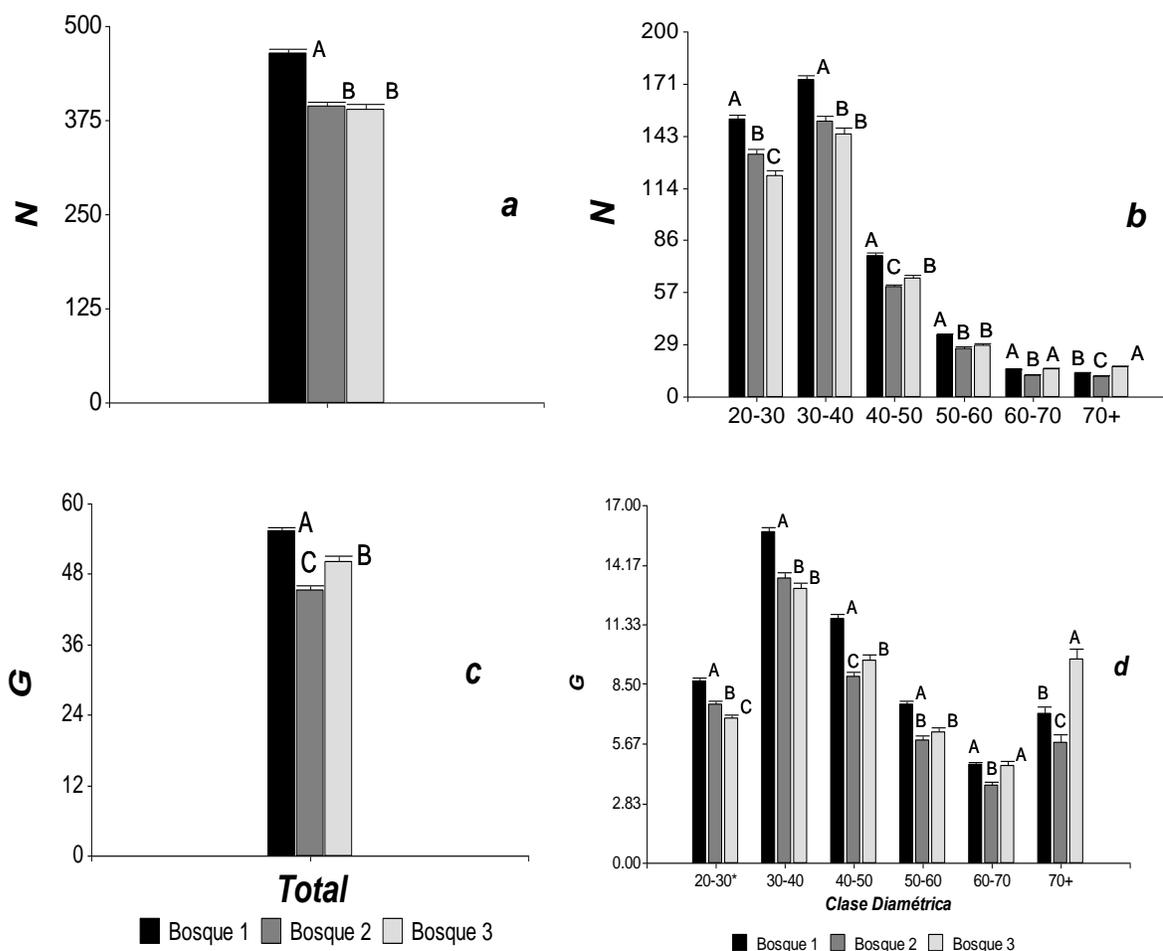


Figura 11. Distribución por hectárea del número de individuos totales (a) y por clases diamétricas (b) y área basal total (c) y por clases diamétricas (d) en  $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , para árboles  $\geq 25 \text{ cm}$  de dap en tres TB de la ZUM. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un  $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher.

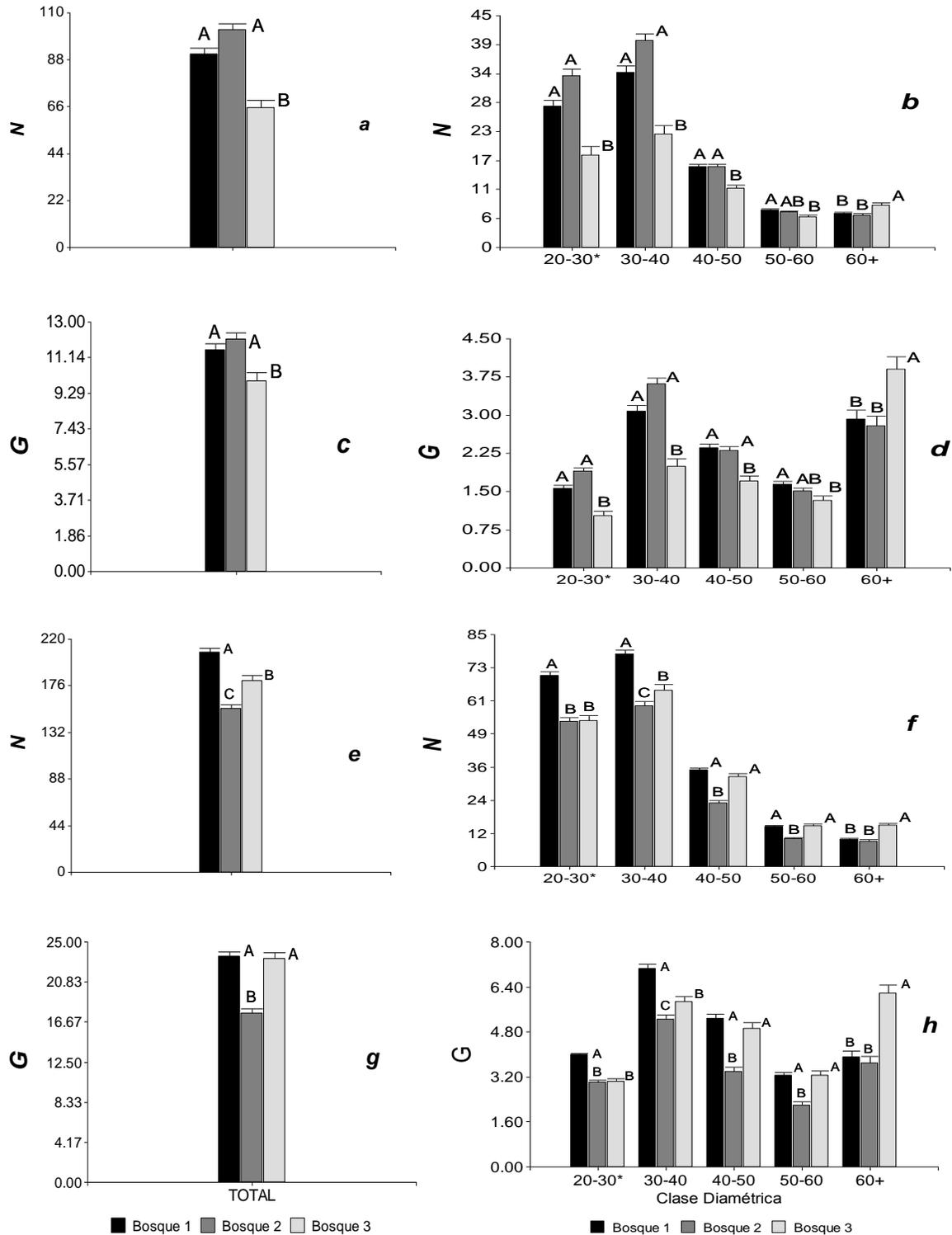


Figura 12. Distribución total y por clases diamétricas del número de individuos por hectárea de especies comerciales (a,b, c y d) y potencialmente comerciales (e,f, g y h) para arboles  $\geq 25$  cm de dap. Letras diferentes indican diferencias significativas entre bosques con un  $\alpha=0.05$  a través de la prueba LSD de Fisher. Debido a que la categoría con individuos de  $dap \geq 70$  cm no cumplen con los supuestos para el análisis de comparación de medias, se utilizó como última clase diamétrica los individuos con  $dap > 60$  cm.

Los bosques de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM ( $90.73 \pm 2.76$ ) y MANILKARA/METOPIMUM/VITEX ( $101.92 \pm 3.03$ ) presentan los valores más altos de número de individuos comerciales (Figura 12a). Este resultado es similar en términos de área basal total (Figura 12c). En cuanto a la distribución por clases diamétricas las tendencias son similares para número de individuos (Figura 12b) y área basal (Figura 12d), siendo el bosque de ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS el que presenta mayor número de individuos comerciales ( $8.18 \pm 0.46$ ) y área basal ( $3.90 \pm 0.24 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) en las clases diamétricas mayores ( $\text{dap} \geq 70\text{cm}$ ), situación que demuestra el alto potencial productivo de este bosque.

Por su parte, las especies potencialmente comerciales presentan un mayor número de individuos en el bosque de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM ( $207.53 \pm 3.60$ ) (Figura 12e), el comportamiento del área basal total de las especies potencialmente comerciales es similar en los bosques de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM ( $23.45 \pm 0.49 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) y MANILKARA/METOPIMUM/VITEX ( $23.25 \pm 0.66 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), siendo estos, los bosques con mayor valor para esta variable (Figura 12g).

La distribución de clases diamétricas de las especies potencialmente comerciales muestra tendencias similares para número de individuos (Figura 12f) y área basal (Figura 12h).

### **5.1.2.2 Diversidad y riqueza de especies en los TB de la ZUM**

El análisis de riqueza de especies (Cuadro 5) indica que existen diferencias significativas en el número de especies para los tres tipos de bosques ( $p < 0.0001$ ), siendo el bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM ( $29.30 \pm 0.29$ ) el que presenta mayor número de especies. Por el contrario el bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX ( $24.84 \pm 0.32$ ) presentó los valores más bajos.

La comparación de medias para el índice de diversidad de Shannon indica que existen diferencias significativas para esta variable entre los tres tipos de bosques identificados ( $p < 0.0001$ ) (Cuadro 5). El bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM ( $2.48 \pm 0.02$ ) presentó la mayor diversidad de acuerdo con el valor del índice de Shannon, siendo el bosque de MANILKARA/METOPIMUM/VITEX ( $2.63 \pm 0.02$ ) el de menor diversidad.

Por su parte el índice de diversidad de Simpson señala que los bosques ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM ( $0.09 \pm 0.002$ ) y

ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS ( $0.10\pm 0.04$ ) presentan mayor diversidad (Cuadro 5), siendo ambos estadísticamente iguales ( $p < 0.0001$ ). Al igual que el índice de diversidad de Shannon, el índice de diversidad de Simpson indica que el bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX es el bosque menos diverso en especies.

*Cuadro 5. Promedios y errores estándares asociados para índices de diversidad y riqueza de especies en tres tipos de bosques y prueba de comparación múltiple LSD de Fisher (letras distintas indican diferencias significativas con  $\alpha = 0.05$ ) con datos de vegetación de 1043 parcelas de 1ha para arboles y palmas con  $DAP \geq 25$  cm.*

| Índice                    | Bosque 1           | Bosque 2           | Bosque 3           | F-value | p-value |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|
| <b>Shannon</b>            | 2.84 $\pm$ 0.02 a  | 2.63 $\pm$ 0.02 c  | 2.77 $\pm$ 0.02 b  | 33.5    | <0.0001 |
| <b>Simpson*</b>           | 0.09 $\pm$ 0.002 b | 0.11 $\pm$ 0.003 a | 0.10 $\pm$ 0.004 b | 15.48   | <0.0001 |
| <b>Número de especies</b> | 29.30 $\pm$ 0.29 a | 24.84 $\pm$ 0.32 c | 27.88 $\pm$ 0.40 b | 53.39   | <0.0001 |

\*para la prueba de comparación de medias la variable se transformo a rangos debido a que no cumplía con el supuesto de normalidad, sin embargo el índice conserva los valores originales de las medias.

### 5.1.3 Relación entre la composición florística y otras variables.

#### 5.1.3.1 Correlaciones simples de mantel entre composición florística y variables ambientales.

La prueba de correlación simple de Mantel indica que existe correlación entre la distancia florística entre pares de parcelas y la distancia geográfica, temperatura media anual, estacionalidad de la temperatura, temperatura mínima del mes mas frío, precipitación media anual, precipitación del mes más húmedo y la estacionalidad de la precipitación ( $p < 0.005$ ). Por su parte las variables topográficas elevación y pendiente y la precipitación del mes más seco no presentaron correlación con la distancia geográfica (Cuadro 6).

Una correlación significativa y con r de mantel positivo, indica que un aumento en cada una de estas variables, indicará un aumento en el recambio de especies. Los mayores valores de correlación se presentaron para las variables precipitación media anual ( $p < 0.0001$ ,  $r = 0.25$ ), precipitación del mes más húmedo ( $p = 0.002$ ,  $r = 0.24$ ), temperatura mínima del mes más frío ( $p = 0.002$ ) y la distancia geográfica ( $p = 0.002$ ,  $r = 0.2$ ).

*Cuadro 6. Correlaciones simples de Mantel entre la composición florística y variables ambientales.*

| <b>Variable</b>                     | <b>r de Mantel</b> | <b>p</b> |
|-------------------------------------|--------------------|----------|
| Distancia geográfica                | 0.2                | 0.002*   |
| Elevación                           | 0.0001             | 0.631    |
| Pendiente                           | 0.03               | 0.317    |
| Temperatura media anual             | 0.11               | 0.001*   |
| Estacionalidad de la temperatura    | 0.12               | 0.014*   |
| Temperatura mínima del mes más frío | 0.23               | 0.002*   |
| Precipitación media anual           | 0.25               | <0.0001* |
| Precipitación del mes más húmedo    | 0.24               | 0.002*   |
| Precipitación del mes más seco      | 0.03               | 0.514    |
| Estacionalidad de la precipitación  | 0.2                | <0.0001* |

\* Valores de p significativos.

### **5.1.3.2 Correlación espacial entre la distancia Geográfica y la Composición Florística**

El correlograma de Mantel (Figura 13), indica que pares de parcelas que se encuentran geográficamente más distantes presentan una mayor distancia florística. El Correlograma permite observar que pares de parcelas distanciadas hasta 35 Km presentan una composición florística similar. Composición florística que cambia entre parcelas con distancias entre los 45 y los 75 Km y es totalmente distinta entre pares de parcelas ubicadas a distancias superiores a los 75 km.

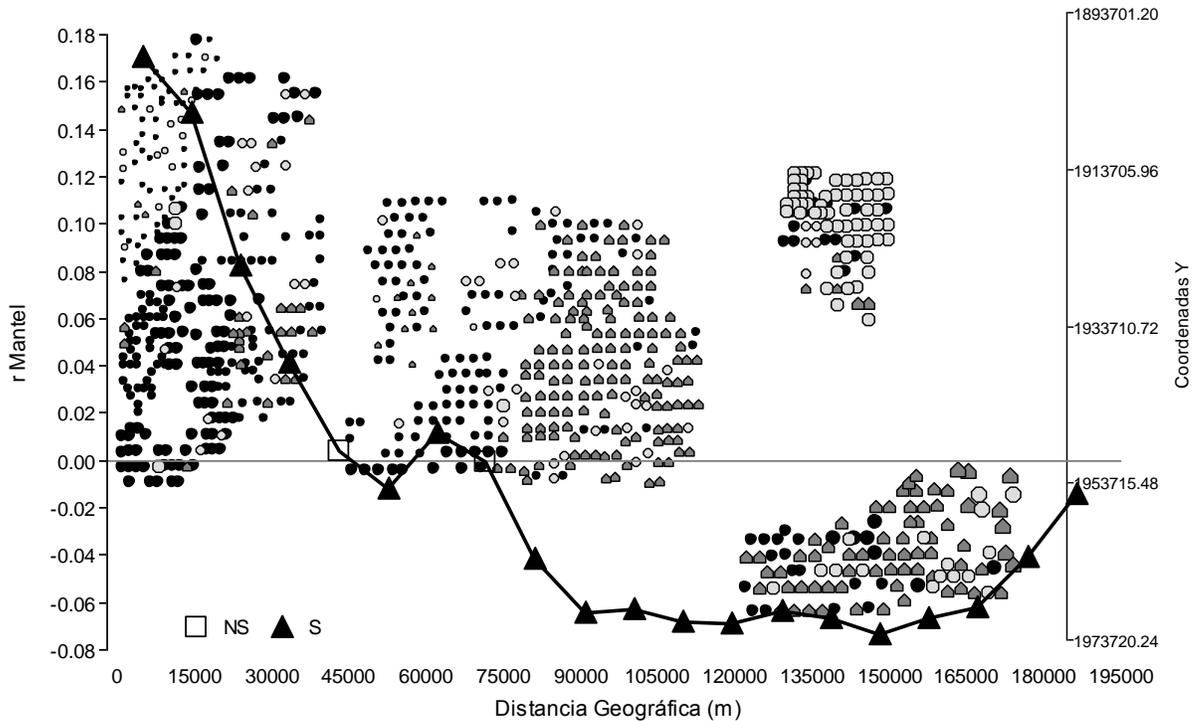


Figura 13. Correlograma de Mantel para la composición florística de los bosques de la ZUM de la RBM. Los triángulos indican correlaciones significativas ( $p < 0.05$  tras la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples). La imagen de fondo corresponde a un diagrama de dispersión con las coordenadas X e Y de las 805 parcelas de inventario, dispuesto de forma tal que permitiera explicar los cambios en la composición a medida que aumenta la distancia geográfica. El tamaño del símbolo indica la proximidad entre parcelas, un mayor tamaño indica mayor distancia entre parcelas.

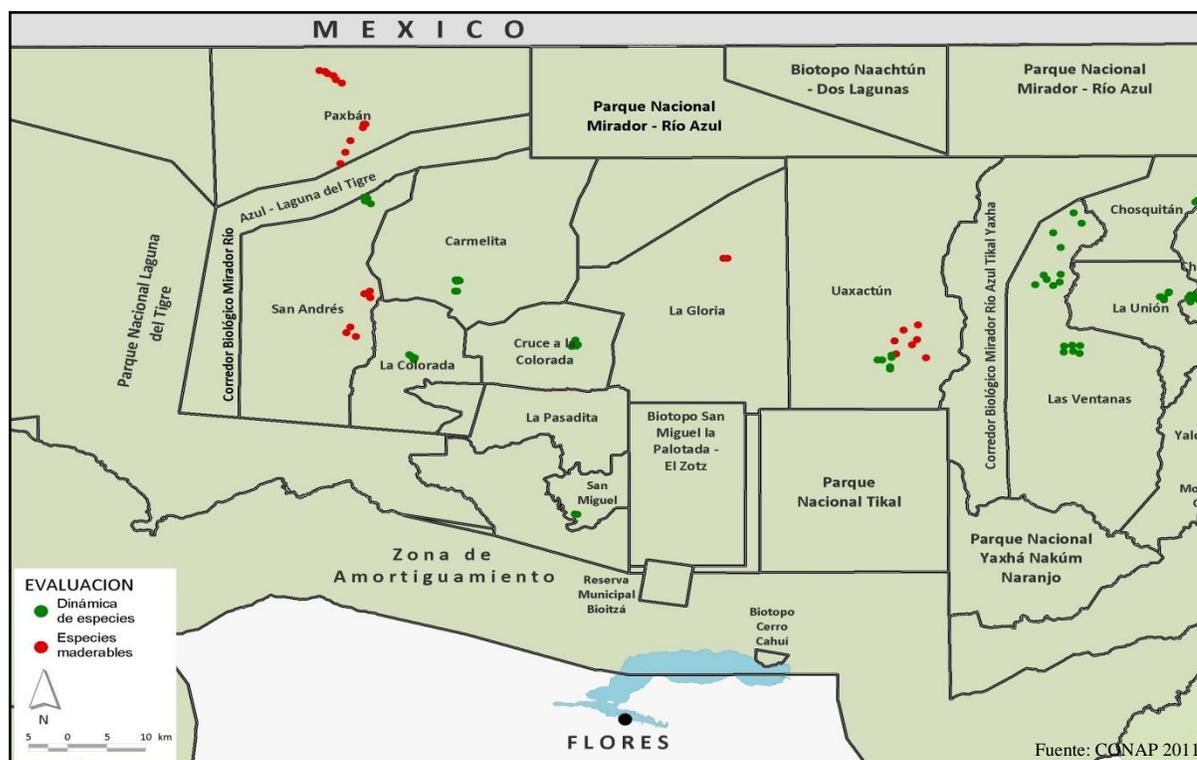
#### 5.1.4 Propuesta de red de parcelas permanentes de monitoreo por tipo de bosque.

Con el otorgamiento en concesión de la unidad de manejo forestal San Miguel la Palotada en 1994, se inicia el establecimiento masivo de dispositivos para el monitoreo de los bosques en la ZUM, que se prolonga hasta el año 2000, fecha en la que es cancelada la concesión a esta UMF y en donde cerca del 40% de las PPM instaladas desaparece (particularmente en esta UMF). Para el período 2000 - 2003 se presenta una caída en la instalación y remediación de PPM, reportándose tan solo el establecimiento de 6 PPM en la UMF San Andrés y no se reporta la remediación de dispositivos ya instalados.

Desde el año 2004, se reinicia el proceso de instalación que a la fecha se resume en más de 67 dispositivos, ubicados en concesiones forestales adjudicadas luego del año 2000.

De un total de 135 dispositivos para los cuales se recopiló información a través de esta investigación, en la actualidad el conjunto de PPM activas en la ZUM es de 111 (Figura 14), 84 de ellas enfocadas a la evaluación de la dinámica de todas las especies del rodal y 27 a la evaluación de especies maderables.

Figura 14. PPM actualmente activas en la ZUM de la RBM.



Las 84 PPM activas y 24 inactivas que evalúan la dinámica de todas las especies del rodal, fueron analizadas a través de la técnica de análisis discriminante canónico, asignando el tipo de bosque a cada una de las 108 PPM (Anexo 7). El bosque de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM, fue más ampliamente representado con 58 PPM, en donde las UMF San Miguel y Las Ventanas son las que mayor número de dispositivos presentan en este tipo de bosque.

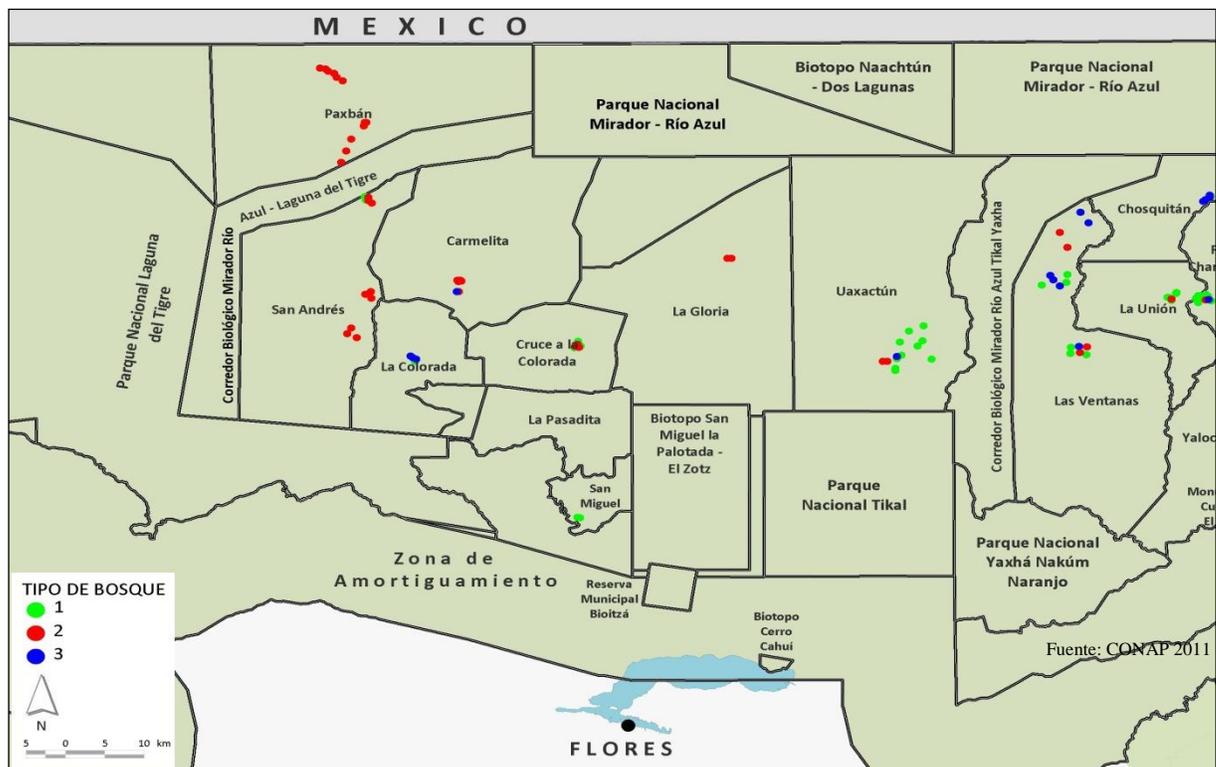
El bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX está representado por un total de 20 PPM, siendo la UMF Las Ventanas, la que mayor número de PPM presentó. Tan solo a 3 de las PPM presentes en este tipo de bosque se les aplicó algún tipo de tratamiento silvicultural, el resto de PPM corresponden a parcelas testigo o control. Por su parte el bosque de ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS se encuentra representado por 30 PPM, las UMF Las

Ventanas y San Miguel son las que mayor cantidad de dispositivos tienen en este tipo de bosque.

Para las PPM donde se evalúa la dinámica de especies comerciales, según los resultados del análisis de correspondencia (numeral 5.1.1), en donde se definen los tipos de bosques por unidad de manejo forestal, las PPM de las UMF Paxbán (12 PPM), San Andrés (6 PPM) y la Gloria (2 PPM) se asignaron al bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX. No obstante la asignación de tipos de bosques a los dispositivos ubicados en las UMF Paxbán y San Andrés presenta un alto grado de incertidumbre debido a la alta variabilidad en los tipos de bosques presentes en estas UMF. Por su parte las PPM ubicadas en la UMF Uaxactún (7 PPM), se asignaron al bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM.

En la Figura 15, se puede observar gráficamente la asignación de TB a cada una de las 111 PM actualmente activas.

Figura 15. Distribución de PPM por tipo de bosque en la ZUM de la RBM.



Considerando los resultados obtenidos a través de los análisis estadísticos, la red de PPM propuesta para la ZUM de la RBM, tiene como objetivo *monitorear los impactos generados por actividades de manejo y aprovechamiento forestal a nivel de rodal y por*

*especies de importancia comercial en los tipos de bosques identificados en la ZUM de la RBM.* En este sentido la red se dirige a aquellos dispositivos ubicados en UMF actualmente vigentes y en donde existe geográficamente una mayor concentración de los mismos por tipo de bosque. Con base en estos criterios se señalan los siguientes bloques de evaluación:

- Bloque 1: Dirigido a la evaluación del bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM, en la actualidad se cuentan con un total de 40 dispositivos, 33 de los cuales evalúan la dinámica de especies del rodal y 7 la dinámica de especies maderables, ubicados en las UMF Chosquitán, La Unión, Las Ventanas, Río Chanchich, Uaxactún y Yaloch.
- Bloque 2: Dirigido a la evaluación del bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX. Actualmente el número de dispositivos es de 23, 3 de los cuales evalúan la dinámica de todas las especies del rodal y 20 la dinámica de especies comerciales y se ubica en las UMF Paxbán, San Andrés y La Gloria.
- Bloque 3: Dirigido a la evaluación del bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS, en la actualidad existen 16 dispositivos, los cuales evalúan la dinámica de especies de todo el rodal. No existen dispositivos que evalúen la dinámica de especies comerciales en este tipo de bosque. Las UMF en donde se ubican los dispositivos son Chosquitán, Las Ventanas, Río Chanchich, Uaxactún y Yaloch.

Se sugiere que los 75 dispositivos identificados y que se detallan en el Anexo 8, sean los referentes y la base para el análisis de los tipos de bosques en la ZUM, sin embargo será necesario en el caso de los dispositivos que evalúan la dinámica de especies del rodal, aumentar el número de dispositivos instalados, así como identificar y diferenciar claramente los dispositivos control o testigo, de los dispositivos tratados.

Otro aspecto a tener en cuenta será el grado de interacción entre concesionarios con dispositivos ubicados en un mismo bloque de evaluación, esto con el fin de unificar protocolos de medición, que garanticen una mayor rigurosidad en las acciones de monitoreo y permitan a largo plazo resolver de identificación taxonómica de especies presentes en los bosques de la ZUM.

## 6 DISCUSIÓN

La presente investigación se convierte en el primer estudio que analiza información de centenares de parcelas de inventarios forestales realizados desde 1994 en la RBM para la tipificación de bosques a nivel de paisaje. La identificación y caracterización de tipos de bosques se constituye una herramienta importante para orientar y complementar las acciones de manejo que contribuyan a la consolidación del modelo de gestión que en la ZUM se ha venido adelantando.

Ejemplos de su aplicación se tienen en Costa Rica, en donde Ramos y Finegan (2005) y Murrieta *et al.* (2007), a partir de la información proporcionada por los tipos de bosques, diseñaron redes ecológicas de conectividad que van a permitir complementar los esfuerzos de conservación que se realizan en el corredor biológico San Juan la Selva (CBSS) y Volcánica central – Talamanca (CBVCT).

Otros estudios como los de Chain (2009) para el pacífico sur de Costa Rica y Doblado (2011) en la zona norte de Honduras, con base en el análisis de tipos de bosques, han contribuido a la generación de insumos que re-orienten las acciones de conservación que en la actualidad se vienen desarrollando, de modo que generen un mayor impacto en aquellas zonas identificadas como prioritarias a partir de dichos estudios.

La propuesta metodológica para la consolidación de una red de PPM, también se convierte en un insumo importante para la planificación de las actividades de monitoreo en la ZUM, pues en la actualidad no existen argumentos técnicos en la zona para la instalación de este tipo de dispositivos.

### 6.1 Acerca de la base de datos construida.

La base de datos construida con la información de inventarios, planes de manejo, parcelas permanentes de muestreo y documentos técnicos, constituyó uno de los principales productos de esta investigación. La información allí contenida, representa el esfuerzo invertido a lo largo de 18 años por un sinnúmero de actores como el CONAP, FSC, USAID, CATIE, ONG's como NPV, Centro Maya, Propetén, asociaciones como ACOFOP, técnicos y comunitarios.

La revisión de documentación, las entrevistas con personal del CONAP, técnicos y encargados de ejecutar inventarios y evaluar PPM, hizo posible la construcción, en el caso de

inventarios forestales, de una base de datos con información de 16 UMF y 1.068 parcelas (que representan un área de 562.094 ha). En total se cuenta con 192.525 registros de inventario para individuos con  $dap \geq 10\text{cm}$ , de los cuales 117.055 corresponden a individuos con  $dap \geq 25\text{cm}$ . Para las PPM la base de datos cuenta con información de 135 dispositivos ubicados en 13 UMF, que en su conjunto representan un área evaluada de 150.4 ha, con un total de 76.780 registros, que corresponden a 21.439 individuos evaluados con  $dap \geq 10\text{cm}$ .

Tanto las mediciones realizadas en inventarios forestales como en PPM siguen protocolos estándares reconocidos internacionalmente y son aplicados de forma rigurosa por los equipos de campo, que han sido debidamente capacitados por ONGs, principalmente. En este sentido los datos constituyen un insumo valioso en la determinación del estado de los bosques y sus cambios a nivel de su estructura, como en el caso de abundancias, área basal, biomasa, crecimiento, mortalidad y reclutamiento.

El manejo que se ha dado a los datos de inventario y gran parte de las PPM, tuvo un papel fundamental para agilizar los procesos de estandarización, homogenización y depuración realizados a través de esta investigación. Si bien no existe una centralización total o parcial de la información, la mayor parte de la que fue recopilada se trabajó utilizando un software especializado conocido como SEMAFOR, herramienta que con más de 20 años de haberse creado aun sigue vigente en el Petén.

El trabajar con este software ha permitido un manejo adecuado de la información tomada en campo, lo cual se traduce en un menor número de errores de digitación (en el caso de variables cualitativas), la estandarización de variables utilizadas en los muestreos, lo cual contribuyó a una apropiación más rápida de la información recopilada. Sin embargo algunas de las variables utilizadas en la estructura SEMAFOR no han sido utilizadas por los manejadores de datos en la ZUM, lo cual se apreció en variables como el número de ejes,

Uno de los aspectos más importantes durante el proceso de consolidación de la base de datos, fue la construcción del listado de especies. Proceso que permitió reunir a los baquianos con mayor experiencia en la ZUM e identificar un listado de sinonimia de nombres comunes, base para la asignación de información taxonómica.

Kroll y Marmillod (1992) reconocen la complejidad del uso de nombres comunes en bosques bajo aprovechamiento de la amazonia peruana, sin embargo resultados de su estudio indicaron, que a nivel de especies de alto valor comercial los nombres comunes utilizado por los baquianos para la identificación de las especies tienden a carecer de sinonimia asociada.

Considerando esta complejidad y partiendo del listado generado, se asignó a cada uno de los nombres comunes, su equivalente de nombre científico tomando como referencia información secundaria de gran relevancia para la zona y la región en donde se encuentra la ZUM, verificando que la distribución de la especie coincidiera con la reportada a partir del estudio de la flora Mesoamericana.

Si bien la confiabilidad del listado de especies consolidado no es la ideal, el manejo sistemático e integral dado en cada uno de los casos, hacen que las posibles fuentes de error se distribuyan de manera similar para todo el conjunto de información y para todas las especies presentes en la ZUM, por ende el esfuerzo realizado a través de esta investigación representa un primer acercamiento para que en un futuro se genere un listado altamente confiable con información trabajada en campo y en donde la utilización de dispositivos como las parcelas permanentes pueden ser de gran utilidad (Marmillod 2011), en donde el apoyo del baquiano a través de su conocimiento tendrá un papel protagónico.

Un claro ejemplo de la utilidad de la información generada a través de inventarios forestales a escalas espaciales amplias, con poca claridad en la identificación de especies a nivel taxonómico, como lo realizado en el presente estudio, se llevó a cabo en bosques de la Amazonía por Steege y colaboradores (2006), quienes a partir de la información de inventarios realizados en siete de los nueve países con territorio en la Amazonía, lograron explicar la variación geográfica de algunas características de las comunidades de arboles que a escala espacial reducida no hubiera sido posible identificar.

## **6.2 Identificación de Tipos de bosques**

Los resultados de este estudio permitieron identificar para la ZUM de la RBM tres tipos de bosques con valores de conservación y producción diferentes, encontrándose una estrecha relación entre los tipos de bosques identificados y la distribución espacial de las UMF.

Estudios realizados en la ZUM han identificado tipos de bosques con base en la composición florística de los bosques de la ZUM. Lundell (1937) por ejemplo identificó para la zona norte del Petén tres tipos de bosques, diferenciados a través de la observación en campo por la dominancia de especies como *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota* y

*Swietenia macrophylla*, especies que según los resultados encontrados en esta investigación presentan una alta dominancia y son indicadoras en algunos de los bosques identificados.

Gálvez (1996) en las UMF San Miguel la Palotada y La Pasadita, con base en información de 40 parcelas de 0.25 ha, identificó tres tipos de bosques, cada uno de ellos con una estrecha relación a un paisaje fisiográfico distinto. Sin embargo y a pesar de que la escala de trabajo fue más pequeña, las especies dominantes identificadas por Gálvez (1996), son semejantes a las identificadas a través de esta investigación.

El CONAP actualmente, basa la clasificación de tipos de bosques en la ZUM, a partir del mapa de uso del suelo para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala (WCS y CONAP 2011). Esta clasificación basada en la utilización de sensores remotos, con datos de imágenes de satélite LANDSAT TM y ETM, reconoce más de 11 categorías de uso del suelo<sup>9</sup>, dos de las cuales corresponden a bosques latifoliados: el bosque latifoliado medio-alto y el bosque latifoliado bajo (NPV 2001; WCS y CONAP 2011), definidas en función de criterios fisionómicos como la densidad de la cobertura de vegetación, elevación y pendiente.

El bosque latifoliado medio alto, se caracteriza por una altura promedio de rodal de 25 m de altura, con estratos intermedios entre 12 y 15 m y un sotobosque de alrededor de 6m, por su parte el bosque latifoliado bajo se caracteriza por ubicarse en tierras con mal drenaje que pueden inundarse durante la temporada de lluvias, con alturas entre 5 – 15 m.

Al comparar los tipos de bosques identificados en este estudio con los definidos por WCS y CONAP (2011), se encontró que más del 90% de las parcelas analizadas corresponden al bosque latifoliado medio alto, por tanto un solo bosque definido con la utilización de imágenes de satélite, representa los tres tipos de bosques identificados a partir de información de inventarios forestales.

Que el bosque bajo no se vea representado, obedece a la orientación de los inventarios en la ZUM, ya que estos buscaban conocer el potencial maderable de los bosques. Por lo tanto, si el lugar en donde se debería ubicar la parcela correspondía a un bosque bajo, el punto de muestreo era reubicado hasta encontrar un área de bosque más densa (NPV 2001).

Un aspecto fundamental es la complementariedad que tienen la clasificación de tipos de bosques del CONAP y la obtenida a través de este estudio, como mecanismo para

---

<sup>9</sup> Las categorías de uso del suelo para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala son: 1) bosque latifoliado medio alto, 2) bosque de pino mixto, 3) bosque latifoliado bajo, 4) humedales, 5) sabanas inundables, 7) agropecuario – no bosques – guamiles, 8) palma africana, 9) agua, 10) sin datos (nubes) y 11) degradado a no bosque (huracán Richard).

determinar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Galicia y Arista 2002). Si bien las dos metodologías favorecen la gestión a nivel paisaje, en área extensa como la ZUM, la primera permite explicar patrones espaciales que no se conciben a escalas pequeñas (por ejemplo la fragmentación, patrones de distribución de los bosques, conectividad, disturbios), y un mayor conocimiento sobre características que solo se ven a escala local (estructura, riqueza de especies y gremios, procesos de sucesión, fenología) (Putz *et al.* 2001).

### **6.3 Caracterización de tipos de bosques**

Para la ZUM de la RBM se identificaron tres tipos de bosques con diferentes valores de composición, estructura, riqueza y diversidad. Las especies con mayor peso ecológico (IVI) en los tres bosques identificados fueron *Manilkara zapota*, *Brosimum alicastrum* y del género *Pouteria*. Los bosques presentes en la ZUM presentaron una distribución en j invertida característica de bosques tropicales.

El bosque de ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM presentó mayor número de individuos y área basal total, sin embargo, en las clases diamétricas mayores el bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS presentó los mayores valores para estas variables. En cuanto los valores de área basal total y número de individuos totales de especies comerciales, los bosques ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM y MANILKARA/METOPIMUM/VITEX presentaron los valores más altos.

En términos de diversidad y riqueza de especies, el bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM fue el más diverso. Por otro lado, el bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX presentó los valores más bajos de riqueza y diversidad de acuerdo al índice de Simpson, bosque que se encuentra ampliamente dominado por *Manilkara zapota*.

### **6.4 Relación entre la composición florística y otras variables**

La composición florística de los bosques del Petén se encuentra influenciada por variables climáticas y la distancia geográfica. Entre las variables climáticas analizadas que más influyen en la composición de especies se encuentran la temperatura media anual, estacionalidad de la temperatura, temperatura mínima del mes más frío, precipitación media anual, precipitación del mes más húmedo y estacionalidad de la precipitación.

Las variables topográficas como elevación y pendiente no presentaron una correlación con la composición de las especies, teniendo una mínima o nula influencia en el recambio de las mismas, situación que se puede atribuir a la baja variabilidad de los valores de estas variables de acuerdo a los datos obtenidos del Wordclim, siendo el factor escala el que está limitando la relación que una escala más pequeña observaron Gálvez (1996), Schulze y Whitacre (1999).

La composición de especies de los bosques de la ZUM presentan autocorrelación espacial, esto indica que a medida que aumenta la distancia entre pares de parcelas la composición entre estas tiende a ser diferente, indicando las bondades de la distancia geográfica como variable predictiva de la similitud de la composición florística, lo cual coincide con estudios realizados en Costa Rica (Chain 2009; Sesnie *et al.* 2009), Honduras (Doblado 2011) y en bosques del Amazonas ((Tuomisto *et al.* 2003).

## **6.5 Red de PPM para el monitoreo de los bosques de la ZUM de la RBM**

Es claro que en la ZUM no existe una red de PPM orientada a evaluar los impactos del manejo forestal en los bosques de la ZUM, si bien los experimentos instalados y muchos de los desaparecidos cumplen con criterios técnicos establecidos internacionalmente, no ha existido una integración de la información que permita contar con diseños y protocolos únicos. Como consecuencia se tiene un gran número de dispositivos instalados, evaluados en una mayoría de los casos por exigencias de la certificación forestal, sin que exista una rigurosidad en el monitoreo, ya que el FSC no define lineamientos técnicos para el monitoreo a través de PPM.

La red de PPM propuesta a través de esta investigación, centraliza las acciones de monitoreo en 3 bloques, utilizando para ello un total de 75 de las 111 PPM actualmente activas, cada uno de los cuales busca evaluar cada uno de los tipos de bosque identificados. Si bien existen diversos diseños de PPM, los cuales varían de acuerdo al objetivo con el cual ha sido establecida cada una de estas, es el Bloque 1 el que cuenta con mayor número de dispositivos para la evaluación de la dinámica a nivel de rodal y especies maderables y el Bloque 3, el único de los bloques que no cuenta dispositivos orientados a evaluar la especies maderables.

Estos contrastes hacen necesario que los actores involucrados en el manejo forestal de los bosques de la ZUM como lo son el CONAP, concesionarios y la certificación, definan el número óptimo de PPM, diseños a utilizar, entre otras acciones necesarias que generen una mayor rigurosidad y confiabilidad del monitoreo y por ende conlleven a afianzar la red de PPM de la ZUM.

## 7 CONCLUSIONES

- El análisis de información de inventarios forestales realizados en UMF de la ZUM de la RBM para individuos a partir de 25cm de dap, permitió diferenciar tres tipos de bosques con valores distintos de estructura, composición y riqueza y diversidad de especies. Estos son: bosque de *Aspidosperma megalocarpun*, *Pouteria* y *Brosimum alicastrum*, Bosque de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Vitex Gaumeri* y bosque de *Alseis yucataensis*, *Ampelocera hotlei* y *Spondias mombin*.
- Los tres tipos de bosques corresponden en más de un 90% al tipo de bosque medio-alto según la clasificación de usos del suelo utilizada para la ZUM por el CONAP. Lo anterior destaca las bondades de la clasificación de tipos de bosques utilizando asociaciones florísticas para tener un conocimiento más detallado sobre las áreas de bosques en la ZUM.
- Las UMF presentaron una estrecha relación con los bosques identificados. El bosque *Aspidosperma megalocarpun*, *Pouteria* y *Brosimum alicastrum* se asoció a las UMF del denominado bloque Melchor, por su parte el bosque *Metopium brownei* y *Vitex Gaumeri* se relacionó con las UMF ubicadas en la parte nor-occidental de la ZUM y finalmente el bosque *Alseis yucataensis*, *Ampelocera hotlei* y *Spondias mombin* se asoció a las UMF ubicadas hacia la parte suroccidental de la ZUM.
- Los bosques identificados presentaron diferencias en los valores de estructura, diversidad y riqueza de especies. En términos de estructura, diversidad y riqueza, el bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM presentó los valores más altos. Por su parte el bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS, presentó mayores valores en las variables estructurales de especies de valor comercial en la ZUM.
- Las relaciones simples de Mantel para un grupo de parcelas de inventario con información de factores ambientales provenientes del Worldclim y el modelo de elevación digital STRM 90m, permitió establecer que el recambio de especies en los bosques de la ZUM se encuentra explicado por factores climáticos y de distancia geográfica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alder, D; Synnott, TJ. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. Oxford forestry institute. Department of plant sciences. University of Oxford. 134 p.
- Arets, E. 2005. Long-term responses of populations and communities of trees to selective logging in tropical rain forests in Guyana. Tropenbos-Guyana Series 13:186 p.
- Balas, R; Radachowsky, J; Ramos, V. 2004. La utilidad práctica del monitoreo en la Reserva de la Biosfera Maya. 12 p.
- Bámaca, E. 2010. Fines del monitoreo de la dinámica del bosque para el FSC: Las PPM (diapositivas). Petén, GT.
- Borcard, D; Legendre, P; Drapeau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73(3):1045-1055.
- Borcard, D; Legendre, P. 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling* 153(1-2):51-68.
- Brown, K; Gurevitch, J. 2004. Long-term impacts of logging on forest diversity in Madagascar. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101(16):6045.
- Butterfield, R; Chapela, F; Fuge, P; de Freitas, AG; Hayward, J; Jansens, JW; Jenkins, M; Madrid, S; Martin, A; de Azevedo, TR. 2003. La certificación forestal y las comunidades: mirando hacia la siguiente década. 61 p.
- Byron, N; Arnold, M. 1999. What futures for the people of the tropical forests? *World Development* 27(5):789-805.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical. Guía para el establecimiento y medición. CATIE. Serie técnica. Manual técnico 42:52 p.
- Carrera, F; Gálvez, J; Morales, J. 2000. Concesiones forestales comunitarias en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, Guatemala. 11 p.
- Carrera, F. 2004. Monitoreo y evaluación del desempeño en unidades de manejo de bosque natural en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. *Recursos Naturales y Ambiente* 42:43-50.
- Carrera, H. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala, [Guide for planning

- forest inventories in the multiple use region in the Maya Biosphere Reserve, Peten, Guatemala]. Serie técnica. Informe técnico 275.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR); NPV (Fundación Naturaleza para la Vida, GT); Finnfor (Proyecto Bosques y Manejo Forestal en América Central, CR). 2011. Diagnóstico del estado actual de la red de parcelas permanentes de muestreo establecidas en bosques naturales latifoliados de Guatemala. 127 p.
- Chain, A. 2009. Factores que influyen en la composición y diversidad de bosques en una red de conectividad ecológica en un paisaje fragmentado mesoamericano. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 143 p.
- CHEMONICS. 2006. Concesiones Forestales: Un modelo exitoso. Informe final del proyecto BIOFOR. 50 p. Disponible en [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PDACJ348.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDACJ348.pdf)
- Clark, DB; Clark, DA; Read, JM. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology* 86(1):101-112.
- Clarke, K. 1993. Non parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18(1):117-143.
- Colwell, RK. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Disponible en [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)
- CONAP (Consejo Nacional de Areas Protegidas, GT). 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya 2001-2006. 98 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. Política marco de concesiones para el manejo integral de recursos naturales en áreas protegidas de Petén. 48 p.
- \_\_\_\_\_. 2010. Las PPM y el manejo forestal (diapositivas). Petén, GT.
- Coomes, D; Allen, R; Scott, N; Goulding, C; Beets, P. 2002. Designing systems to monitor carbon stocks in forests and shrublands. *Forest Ecology and Management* 164(1-3):89-108.
- Cottenie, K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters* 8(11):1175-1182.
- CTFS (Center for Tropical Forest Science, US). 2010. A global program for long-term large-scale forest research. Disponible en <http://www.ctfs.si.edu/group/About/>

- Davidse, G; Sousa, M; Chater, AO. 1994. Flora mesoamericana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. p. Disponible en <http://www.tropicos.org/Project/FM>
- de Luzuriaga, AL; Olano, J. 2006. Con los pies en el suelo: incluyendo la estructura espacial de los datos en los análisis multivariantes. *Ecosistemas* 15(3):59-67.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Pla, L; Vílchez, S; Di Rienzo, MJ. 2010. Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach. *Latin American Journal of Conservation* 1:73-75.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2011. InfoStat. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
- Dickinson, M; Dickinson, J; Putz, F. 1996. Natural forest management as a conservation tool in the tropics: divergent views on possibilities and alternatives. *Commonwealth Forestry Rev* 75.
- Diversity, SotCoB. 2009. Sustainable Forest Management, Biodiversity and Livelihoods: A Good Practice Guide.47 p. Disponible en <http://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-forestry-booklet-web-en.pdf>
- Doblado, L. 2011. Identificación y caracterización de tipos de bosque y su relación con variables ambientales, en un paisaje fragmentado al Norte de Honduras. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Dufrene, M; Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- ESFOR (Escuela de Ciencias Forestales de la UMSS, BO); CETEFOR (Centro Técnico Forestal, BO). 2004. Estrategia departamental para parcelas permanentes de muestreo.80 p. Disponible en <http://www.esfor.umss.edu.bo/biblioefor/archivos/ESTRATEGIA%20PPMs.pdf>
- FAO (Food and Agricultural Organization, IT). 2004. Estado y tendencias de la ordenacion forestal en 17 países de America Latina. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/j2628s/J2628S00.htm#TopOfPage>
- Finegan, B; Camacho, M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. *Forest Ecology and Management* 121(3):177-189.
- Finegan, B; Delgado, D; Hayes, J; Gretzinger, S. 2004. El monitoreo ecológico como herramienta de manejo forestal sostenible: consideraciones básicas y propuesta

- metodológica con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación certificados bajo el marco del FSC. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 42:29-42.
- Finnfor (Proyecto Bosques y Manejo Forestal en América Central, CR). 2010. Coordinación nacional Finnfor Guatemala. Necesidades de Investigación. 4 p.
- Forster, R; Albrecht, H; Belisle, M; Caballero, A; Galletti, H; Lacayo, O; Ortiz, S; Robinson, D. 2002. Comunidades forestales y el mercadeo de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. México, DF.
- Fredericksen, T; Contreras, F; Pariona, W. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. 81p.
- Fredericksen, TS; Putz, FE. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation* 12(7):1445-1453. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023673625940>
- Galicia, L; Arista, AEZ. 2002. El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología. *Ciencias* (067):34-40.
- Gálvez, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Gentry, AH. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*:1-34.
- Gomez, I; Mendez, VE. 2005. El Caso de la asociación de co-munidades forestales de Petén (ACOFOP): análisis de contexto. Center for International Forestry Research (CIFOR) and PRISMA:47p.
- Gotelli, NJ; Colwell, RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4(4):379-391.
- Guzmán, R. 1997. Caracterización y clasificación de especies forestales en gremios ecológicos en el bosque sub-húmedo estacional de la región de Lomerío, Santa Cruz-Bolivia. Turrialba, Costa Rica.
- Herrera, B; Finegan, B. 2008. La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad. Experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54:4-13.

- Hijmans, RJ; Cameron, SE; Parra, JL; Jones, PG; Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15):1965-1978.
- Holdridge, L. 1987. Ecología basada en las zonas de vida. *Life zones ecology*. Libros y Materiales Educativos (IICA) 83:216 p.
- Hubbell, SP. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton Univ Dept of Art &. p. (32)
- IAvH (Instituto de Investigaciones Alejandro von Humboldt, CO). 1999. Investigaciones ecológicas a largo plazo: un vacío espacial y temporal en Colombia. *Biosíntesis: Boletín Informativo* 18:4 p.
- Ibarra, R; Cabrera, C. 2008. Evaluación de las concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 168.
- IBIF (Instituto Boliviano de Investigación Forestal, BO). 2010. Monitoreo de Bosques. Disponible en <http://www.ibifbolivia.org.bo/index.php/Monitoreo/Monitoreo>
- INISEFOR (Instituto de Investigación y Servicios Forestales, CR). s.f. Red de parcelas permanentes para el monitoreo de los bosques naturales de Costa Rica. 7 p.
- ITTO (International Timber Tropical Organization, JP). 2005. Criterios e indicadores revisados de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales con inclusión de un formato de informes. 40 p. Disponible en [http://www.itto.int/es/policypapers\\_guidelines/](http://www.itto.int/es/policypapers_guidelines/)
- ITTO (International Tropical Timber Organization, JP). 2011. Status of tropical foresta management 2011. Technical series 38. 418 p.
- Jarvis, A; Reuter, H; Nelson, A; Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. available from the CGIARCSI SRTM 90m Database <https://srtm.csi.cgiar.org> 2007(June 15).
- Kessler, M; Grytnes, JA; Halloy, SRP; Kluge, J; Krömer, T; León, B; Macía, MJ; Young, KR. 2011. Gradients of Plant Diversity: Local Patterns and Processes en: *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. 348 p.
- Kroll, B; Marmillod, D. 1992. Apuntes dendrológicos del Perú: Nombres vernaculares y especies de Dantas. 165 p.

- Lamprecht, H. 1990a. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. 335 p.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Silvicultura de los trópicos. GTZ. RFA. 335 p.
- Legendre, P; Fortin, MJ. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80:107-138.
- Lobo, J; Barrantes, G; Castillo, M; Quesada, R; Maldonado, T; Fuchs, E; Solís, S; Quesada, M. 2007. Effects of selective logging on the abundance, regeneration and short-term survival of *Caryocar costaricense* (Caryocaceae) and *Peltogyne purpurea* (Caesalpinaceae), two endemic timber species of southern Central America. *Forest Ecology and Management* 245(1-3):88-95.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Serie técnica. Manual técnico 46:265 p.
- Lundell, C. 1937. The vegetation of Petén. University of Michigan. 244p.
- Manzanero, M. 2003. Taller de monitoreo de la respuesta dinámica del bosque a través de parcelas permanentes de muestreo. 16p.
- Marmillod, D. 2011. Parcelas de medición forestal en plantaciones y bosque natural de coníferas y de latifoliadas en Guatemala: reflexiones acerca de su futuro. Ponencia IX Congreso Forestal Nacional La Antigua Guatemala. 8 p.
- Melo, O; Vargas, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Univ. Tolima, Ibagué, Colombia:222 p.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, J. 2007. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Proposal for an ecological connectivity network in the Volcánica Central Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. 51-52:69-76.
- Noss, R. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4).
- NPV (Fundación Naturaleza para la Vida, GT). 2001. Manual de campo inventario forestal en unidades de manejo comunitario, zona de uso múltiple - ZUM -, reserva de biosfera Maya - RBM- Petén, Guatemala 45 p.

- Orozco, L; Brumér, C; Quirós, D. 2006. Aprovechamiento de Impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales.442 p.
- Ortega, S. 2009. Propuesta de red de conectividad ecológica entre remanentes y cacaotales en dos paisajes centroamericanos. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Pastor, J; Post, W. 1986. Influence of climate, soil moisture, and succession on forest carbon and nitrogen cycles. *Biogeochemistry* 2(1):3-27.
- Pennington, T; Sarukhan, J; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, M, DF . FAO, Roma. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.
- Perdomo, M; Galloway, G; Louman, B; Finegan, B; Velásquez, S. 2002. Herramientas para la planificación del manejo de bosques a escala de paisaje en el sudeste de Nicaragua. Tools for forest management planning on a landscape scale in the Nicaraguan Southeast. *Revista Forestal Centroamericana (CATIE)*. 38:51-58.
- Pinelo, G. 2000a. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Coleccion Manejo Forestal de la Biosfera Maya Petén, Guatemala 10:52 p.
- \_\_\_\_\_. 2000b. Informe final Monitoreo de parcelas permanentes de muestro en Petén, Guatemala.86 p.
- \_\_\_\_\_. 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.47 p. Disponible en [http://www.wwfca.org/sala\\_redaccion/publicaciones/?133203/Manual-de-Inventario-Forestal-integrado-para-unidades-de-manejo-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala](http://www.wwfca.org/sala_redaccion/publicaciones/?133203/Manual-de-Inventario-Forestal-integrado-para-unidades-de-manejo-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala)
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, U. 2005. Evaluación de los ecosistemas del Milenio: informe de síntesis. Borrador final Fuente: New York; ONU, 2005, 43 p. Ilus, Tab.39 p.
- Poore, M. 1955. The use of phytosociological methods in ecological investigations: I. The Braun-Blanquet system. *Journal of Ecology* 43(1):226-244.
- Primack, R; Barton, D; Galletti, H; Ponciano, I. 1999. La Selva Maya: Conservación y desarrollo. Siglo veintiuno editores.312 p.
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. 1997. Mensura forestal.586 p.

- Putz, F; Blate, G; Redford, K; Fimbel, R; Robinson, J. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* 15(1):7-20.
- RAE (Real Academia Española, ES). 2010. Diccionario de la Lengua Española (en línea). Vigésima segunda edición Disponible en [http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=cultura](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=cultura)
- Rainfor. 2010. Red Amazónica de Inventarios Forestales. Disponible en [http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/indice\\_esp.html](http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/indice_esp.html)
- Ramos, Z; Finegan, B. 2005. Una red ecológica para la conservación de la biodiversidad: Corredor Biológico San Juan-La Selva. *Recursos, Ciencia y Decisión (CATIE)* 4:3 p.
- Rice, R; Sugal, C; Ratay, S; Fonseca, G. 2001. Manejo forestal sostenible. Revisión del saber convencional. *Advances in Applied Biodiversity Science* 3:1-35.
- Richards, M; Costa, PM. 1999. Can tropical forestry be made profitable by 'internalising the externalities'? *Natural Resource perspectives* 46:6 p. Disponible en <http://www.odi.org.uk/resources/download/2108.pdf>
- Sánchez, D; Finegan, B; Harvey, C; Delgado, D. 2007. Tipos de bosques en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua. *Types of forests in the southern sector of Nicaragua's Atlantic Biological Corridor. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. 51-52:48-56.
- Schulze, MD; Whitacre, DF. 1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 41(3):169-297.
- Schwartz, NB. 1990. *Forest society: A social history of Peten, Guatemala*. University of Pennsylvania Press. p. 368. p.
- Sesnie, SE; Finegan, B; Gessler, PE; Ramos, Z. 2009. Landscape-Scale Environmental and Floristic Variation in Costa Rican Old-Growth Rain Forest Remnants. *Biotropica* 41(1):16-26. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00451.x>
- SmartWood. 2006. Estandares interinos de Rainforest Alliance/Smartwood para evaluaciones de manejo forestal en Guatemala (versión 2.0).37 p.
- Standley, PC; Steyermark, JA. 1946. *Flora of Guatemala*. Flora of Guatemala.
- Steege, H; Laumans, B; Laumans-Bus, D; Bongers, F. 2003. Long-term effect of timber harvesting in Mapane, North Suriname. *Tropenbos International, Wageningen, the Nerherlands* 22:79 - 94.

- Team, R. 2008b. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria ISBN 3(10).
- Ter Steege, H. 2003. Long-term Changes in Tropical Tree Diversity: Studies from the Guiana Shield, Africa, Borneo, and Melanesia. Disponible en <http://www.tropenbos.org/index.php/en/publications/all-publications/publication?pid=613&region=104>
- Ter Steege, H; Pitman, NCA; Phillips, OL; Chave, J; Sabatier, D; Duque, A; Molino, JF; Prévost, MF; Spichiger, R; Castellanos, H. 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* 443(7110):444-447.
- Tuomisto, H; Ruokolainen, K; Yli-Halla, M. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299(5604):241.
- Urquhart, G; Chomentowski, W; Skoles, D; Barber, C. 1999. Tropical deforestation. 8 p.
- Vallejo, M; Londoño, C; López, R; Galeano, G; Alvarez, E; Devia, W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. 310p.
- Van Kuijk, M; Putz, F; Zagt, R; International, T. 2009. Effects of forest certification on biodiversity. 94 p. Disponible en <http://www.tropenbos.org/index.php/en/news/forestcertificationbiodiversity>
- Van Rheenen, H; BOOT, R; WERGER, M; ULLOA, M. 2004. Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in North Bolivia. *Forest Ecology and Management* 200(1-3):39-48.
- Vargas-Claros, M. 2004. Fortalezas y debilidades del manejo forestal tropical en Bolivia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 42:93 - 102.
- Wadsworth, F. 2000. Producción forestal para América tropical. Washington, DC. 603 p.
- WCS (Wildlife Conservation Society, U; CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, G. 2011. Desarrollo de mapas de uso del suelo para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala. 19 p.
- WWF (World WildLife Found, CR). 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: Una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. 116 p. Disponible en [http://www.wwfca.org/sala\\_redaccion/publicaciones/?133221/Monitoreo-ecologico-del-manejo-forestal-en-el-tropico-humedo-Una-guia-para-operadores-forestales-y-certificadores-con-énfasis-en-Bosques-de-Alto-Valor-para-la-Conservacion](http://www.wwfca.org/sala_redaccion/publicaciones/?133221/Monitoreo-ecologico-del-manejo-forestal-en-el-tropico-humedo-Una-guia-para-operadores-forestales-y-certificadores-con-énfasis-en-Bosques-de-Alto-Valor-para-la-Conservacion)

## **8 ARTÍCULO II: Aprovechamiento forestal en tipos de bosques de la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de Biosfera Maya**

### **INTRODUCCION**

Garantizar una oferta continua de bienes y servicios ecosistémicos provenientes del bosque, sin que se afecten sus valores inherentes, ha sido uno de los retos que por más de tres décadas han perseguido investigadores y organizaciones de desarrollo a través del manejo forestal sostenible (MFS) (Dickinson *et al.* 1996; Rice *et al.* 2001; FAO 2004; ITTO 2005; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009; Olegário *et al.* 2009). Por tanto, caracterizar y cuantificar los impactos generados en el bosque bajo este esquema de manejo se ha convertido en el tema de interés de diversos autores (Bawa y Seidler 1998; Putz *et al.* 2001; Fredericksen y Putz 2003; Van Kuijk *et al.* 2009).

Si bien estos impactos varían en función del grado de tecnificación, frecuencia e intensidad en las intervenciones (Bawa y Seidler 1998; Putz *et al.* 2001; Fredericksen y Putz 2003), el cambio en la composición, estructura y diversidad de los bosques esta también relacionada a las condiciones propias del ecosistema (Putz *et al.* 2001; Lewis *et al.* 2004), lo cual implica que un mayor conocimiento sobre el estado y naturaleza del bosque a escala local, sienta las bases científicas que sustentan las decisiones de manejo (Roberts y Gilliam 1995).

Los esquemas de monitoreo a largo plazo se convierten en una herramienta para cualificar y cuantificar los impactos generados en el bosque (Finegan *et al.* 2004). Las parcelas permanentes de medición (PPM), que corresponden a áreas claramente ubicadas y demarcadas y en las cuales se evalúan periódicamente datos ecológicos (Alder y Synnott 1992; Camacho 2000; Pinelo 2000b), son uno de los instrumentos ampliamente utilizados en los trópicos para monitorear los impactos generados por el aprovechamiento forestal a largo plazo (PPM) (Vallejo *et al.* 2005).

Sin embargo, el éxito y la sostenibilidad en las acciones de monitoreo utilizando este tipo de instrumentos, no solo dependerán de su establecimiento, sino de su funcionamiento, el grado de periodicidad en las mediciones y consistencia de la información recopilada (Vallejo *et al.* 2005).

Los esquemas de monitoreo exigidos por el CONAP y el FSC en la Zona de Usos Múltiples (ZUM) de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) consideran la utilización de PPM (Manzanero 2003). Desde la creación de la ZUM más de 135 PPM han sido establecidas, lo cual la convierte en el área boscosa de Guatemala con mayor número de dispositivos (CATIE *et al.* 2011)

La presente investigación tiene como objetivos analizar el impacto que las acciones de manejo forestal tienen en tipos de bosques de la ZUM, Se espera que los resultados de esta investigación sirvan como insumo para la planificación de las acciones de monitoreo que en la actualidad adelantan en esa región los concesionarios, el CONAP y el FSC.

## 9 MATERIALES Y MÉTODOS

### 9.1 Descripción del área de estudio

La Reserva de la Biosfera Maya (RBM) se localiza al norte de Guatemala en el Departamento del Petén (Figura 16). Con una extensión de 2.112.940 ha<sup>10</sup>. Se encuentra en la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido (bh-St(c) (Holdridge 1987), con temperatura y precipitación que en promedio alcanzan los 22 °C y 1.200 mm anuales, respectivamente (CONAP 2001). Hace parte de una de las cinco reservas que componen la Selva Maya uno de los ecosistemas más ricos por su diversidad biológica, herencia cultural y beneficios económicos que comparten Guatemala, México y Belice (Primack *et al.* 1999).

El historial de intervenciones en la RBM data desde la civilización Maya (2000 AC - 1546 DC), con la domesticación de especies de árboles y palmas de importancia para alimentación y como fuente maderable (Lundell 1937). Con la llegada de los españoles e ingleses en el siglo XVII se inicia un fuerte período extractivo de *Swietenia macrophylla* y *Haematoxylum campechianum* hasta mediados del siglo XIX, época en que se independizan los estados centroamericanos e inicia en el Petén un fuerte periodo de extracción chiclera (Lundell 1937; Schwartz 1990).

---

<sup>10</sup> El 36% de la RBM corresponde a la Zona Núcleo (ZN), 40% a la Zona de Usos Múltiple (ZUM) y 24% a la Zona de Amortiguamiento (ZAM).

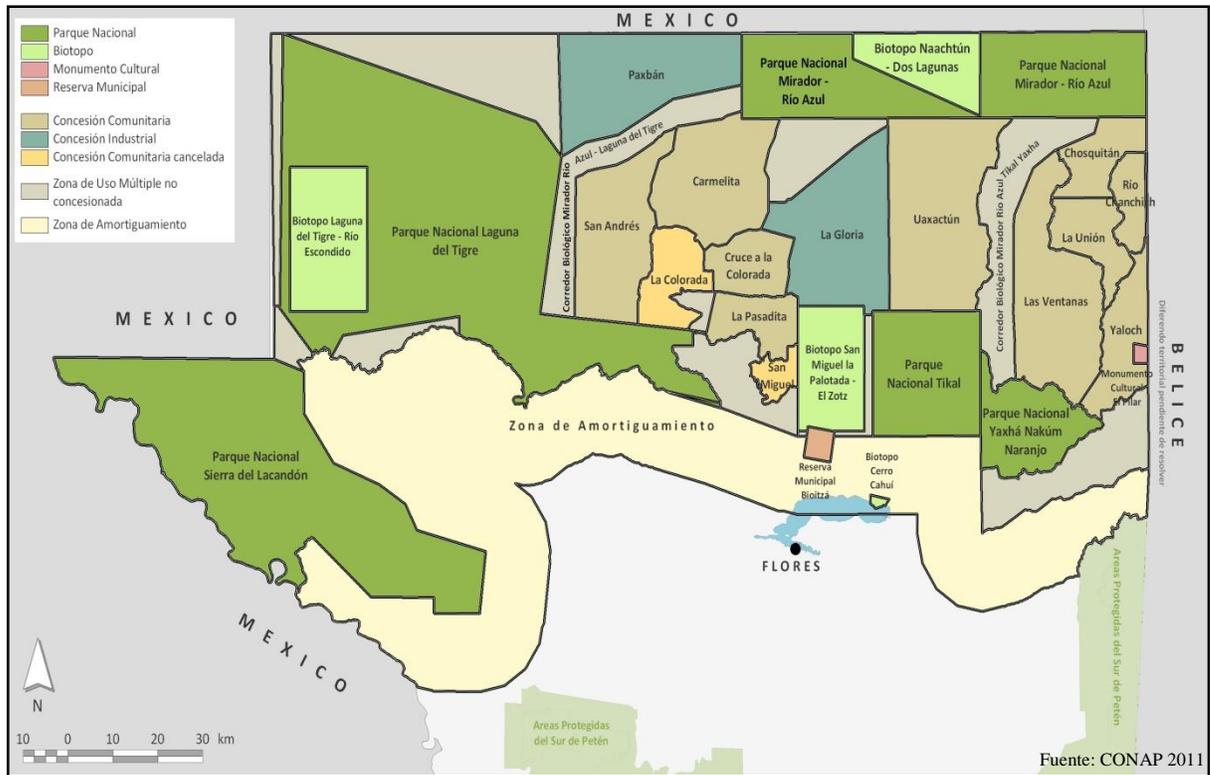


Figura 16. Reserva de la Biosfera Maya – Petén - Guatemala.

Hacia 1960, con la llegada de la Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo (FYDEP), se presenta un aumento en las migraciones hacia el Petén y con ellas mediante la colonización de tierras por parte de campesinos provenientes principalmente del interior del país (Schwartz 1990; CONAP 2002; Gomez y Mendez 2005). Esta situación llevo a que grupos conservacionistas y agencias internacionales de desarrollo hacia la década de los 80's, ejercieran presión en diferentes estancias estatales con el fin de proteger los bosques, lo cual repercutió en la creación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) en 1989, y la RBM en 1990 (Carrera *et al.* 2000).

En la actualidad 11 Unidades de Manejo Forestal (UMF) se encuentran adjudicadas en concesión en la ZUM de la RBM. Los concesionarios, algunas ONG's, la certificación forestal y el CONAP, son los actores principales en el funcionamiento y buen manejo de los recursos naturales en la ZUM. El CONAP y el FSC son en la actualidad las instituciones que orientan las acciones de monitoreo en la ZUM, acciones encaminadas a la obtención de información confiable sobre la dinámica y respuesta del tipos de ecosistemas ante la intervenciones,

mediante el establecimiento y evaluación continua de PPM, tomando en cuenta el enfoque de tipos de bosques (SmartWood 2006; Bámaca 2010).

La presente investigación analiza información obtenida de parcelas permanentes de muestreo<sup>11</sup> de UMF en la ZUM de la RBM. A continuación se detalla información sobre la naturaleza de la información recopilada y analizada.

## **9.2 Características de la información recopilada**

En la ZUM de la RBM, uno de los aspectos que más ha influido en el establecimiento de PPM ha sido la certificación forestal. Sin embargo han sido las ONG's acompañantes conjuntamente con los concesionarios, los encargados de realizar evaluaciones periódicas del estado de los bosques. Las mediciones más antiguas realizadas a PPM datan de 1992 y las más recientes de 2010, con un rango de mediciones entre uno y nueve.

La distribución de PPM en la ZUM, está en función de las áreas de corta anual de cada UMF. De esta manera encontramos para una misma UMF grupos de dispositivos instalados en un mismo año, proceso de instalación que se realiza generalmente un año antes de efectuar el aprovechamiento en el área de corta. Sin embargo no existen criterios claros en cuanto a los lugares específicos en donde instalar las PPM.

La instalación de dispositivos en la ZUM se ha centrado en dos objetivos fundamentales: a) conocer la dinámica de todas las especies en las áreas intervenidas y b) conocer el comportamiento de ciertas especies de mayor interés por su importancia comercial (Figura 17). Contando cada experimento o grupo de dispositivos instalados con parcelas testigo, las cuales no han sido sometidas a ninguna intervención y parcelas tratadas, las cuales han sido sometidas a alguna acción de manejo.

El levantamiento de información proveniente de este tipo de parcelas incluye la identificación taxonómica de cada individuo generalmente a nivel de nombre común, y de variables como dap, calidad del fuste, altura comercial, grado de exposición a la luz, forma de la copa, grado de infestación de lianas y tratamiento silvicultural aplicado. Estos indicadores

---

<sup>11</sup> Los datos de parcelas de inventario y PPM se analizaron con el fin de identificar y caracterizar tipos de bosques en la ZUM (artículo I, Segura 2012a). Los procesos de consolidación de una base de datos única y de estandarización, que fueron descritos en Segura (2011a), se aplicaron tanto a la información de inventarios forestales como de PPM.

han sido evaluados siguiendo protocolos estándares publicados por Alder y Synnot (1992), Camacho (2000) y Pinelo (2000b).

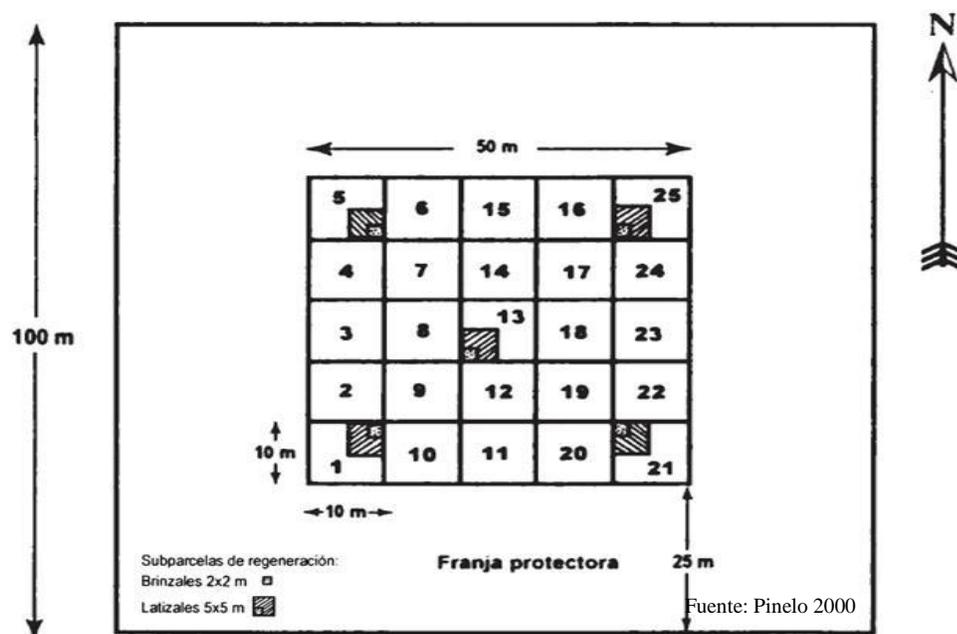


Figura 17. Diseño de parcela para evaluación de dinámica del bosque en la ZUM.

### 9.2.1 Intervenciones en bosques de la RBM. El caso de los aprovechamientos forestales y los tratamientos silviculturales

El aprovechamiento forestal y el tratamiento de liberación (de individuos deseables o lianas), han sido las intervenciones más generalizadas en la ZUM. El aprovechamiento forestal mejorado mediante la tala de árboles comerciales maduros, busca generar la apertura del dosel, de manera que se favorezca y estimule el crecimiento de la regeneración natural (Pinelo 2000b; Manzanero y Pinelo 2004). En la ZUM, el aprovechamiento de los bosques se realiza mediante técnicas de impacto reducido, con intensidades entre 0.71 y 5.56 m<sup>3</sup>/ha (información obtenida con base en estadísticas del CONAP).

Las especies principalmente aprovechadas han sido en su orden caoba -*Swietenia macrophylla*- con más del 50% de los volúmenes de extracción reportados por los concesionarios, seguida por el santa maría -*Calophyllum brasiliense*- con más del 18% de los volúmenes de extracción, el manchiche -*Lonchocarpus castilloi*- y cedro -*Cedrela odorata*-

con más del 11% y 8% de los volúmenes extraídos y reportados respectivamente (Anexo 9). El rango de especies aprovechadas en las UMF oscila entre 3 y 18 especies.

En cuanto a los tratamientos silviculturales en PPM de la ZUM, el único aplicado es la liberación. La liberación es un tratamiento silvicultural que busca favorecer individuos de futura cosecha de especies comerciales, mediante la eliminación de lianas u otros individuos que limitan su desarrollo (Pinelo 2000b; Manzanero y Pinelo 2004). Solo dos UMF han aplicado el tratamiento de liberación en PPM, con intensidades por hectárea entre 1.7 y 4.3 m<sup>3</sup>/ha<sup>12</sup>. La Liberación se realiza solo una vez luego del aprovechamiento del bosque.

### ***9.2.2 El monitoreo de bosques intervenidos a través de PPM***

En general las intensidades de aprovechamiento aplicadas en las áreas de corta en donde se encuentran ubicadas las PPM analizadas fluctúan entre 0.71 y 15.84 m<sup>3</sup>/ha. La combinación del aprovechamiento y el tratamiento de liberación aplicado en algunos de los dispositivos instalados, presenta intensidades de cosecha y eliminación de individuos por aprovechamiento entre 2.48 y 15.84 m<sup>3</sup>/ha<sup>13</sup>.

## **9.3 Descripción de base de datos de ppm estandarizada y utilizada para análisis**

La base de datos construida contiene información de más de 135 dispositivos instalados, 108 de los cuales evalúan la dinámica de especies del rodal y 27 orientados a evaluar la dinámica de especies comerciales. El proceso de gestión, estandarización de información y creación de base de datos de parcelas permanentes de medición se detalla en Segura (2012a), numerales 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4.

Para evaluar el efecto del aprovechamiento forestal, se tomo como base aquellos dispositivos que evalúan la dinámica de especies del rodal, que en total suman 108 PPM de 0,25 ha, distribuidas en diez UMF actualmente vigentes y tres a las que fue cancelada su concesión (Cuadro 7). De estas 108 PPM, 26 corresponden a parcelas testigo o las cuales no han sido sujetas a ninguna intervención y 82 a parcelas que han sido sometidas a

---

<sup>12</sup> Información ajustada con base en información de PPM analizadas.

<sup>13</sup> Información ajustada con base en información de PPM analizadas.

aprovechamiento o algún tipo de tratamiento silvicultural. Dispositivos que han sido evaluados mediante la metodología propuesta por Pinelo (2000b).

*Cuadro 7. Información recopilada de parcelas permanentes de medición de 0.25 ha.*

| Unidad de Manejo Forestal | Experimento  | Número de Parcelas | Testigo   | Aprovechada ó Tratada | Año Instalación /Año última medición | Número de Mediciones |
|---------------------------|--------------|--------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Carmelita                 | 035B         | 6                  | 0         | 6                     | 2006/2006                            | 1                    |
| Chosquitán                | 032B         | 6                  | 0         | 6                     | 2000/2006                            | 2                    |
| Cruce la Colorada         | 043B         | 8                  | 0         | 8                     | 2006/2006                            | 1                    |
| La Colorada               | 036B*        | 4                  | 2         | 2                     | 1999/2006                            | 2                    |
| La Unión                  | 033B         | 6                  | 0         | 6                     | 2006/2006                            | 1                    |
| Las Ventanas              | Las Ventanas | 16                 | 11        | 5                     | 2009/2010                            | 2                    |
| Rio Chanchich             | 022B - 031B  | 18                 | 6         | 12                    | 1998/2009                            | 4                    |
| San Andrés                | San Andrés 2 | 6                  | 0         | 6                     | 2006/2010                            | 3                    |
| San Miguel                | 002B         | 5                  | 2         | 3                     | 1992/2005                            | 9                    |
|                           | Yarxché      | 21                 | 2         | 19                    | 1993/1998                            | 5                    |
| Uaxactún                  | Uaxactún 1   | 6                  | 3         | 3                     | 2005/2007                            | 2                    |
| Yaloch                    | Yaloch       | 6                  | 0         | 6                     | 2009/2009                            | 1                    |
| <b>Total</b>              |              | <b>108</b>         | <b>26</b> | <b>82</b>             |                                      |                      |

\*experimentos con mediciones extraviadas

En rango de medición de estas PPM fluctúa entre una y nueve, con distancias entre mediciones que pueden ir desde los 1, 2, 3, 5, 6 y 7 años, sin que exista uniformidad en las mediciones entre dispositivos en una misma UMF y mucho menos entre distintas UMF (Anexo 11). Existen otro grupo de dispositivos que desde su instalación no han vuelto a ser evaluados, que en algunos casos es debido a la cancelación de la concesión a la UMF.

De acuerdo a la asignación de tipos de bosques a cada una de las PPM, proceso que se detalla en Segura (2012a), numeral 4.4.3.3, el bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM fue el que mayor cantidad de dispositivos concentró, con un total de 58 dispositivos, de los cuales 15 corresponden a parcelas testigo y 43 a parcelas aprovechadas o sometidas a algún tratamiento silvicultural. Los periodos de medición en este tipo de bosque fluctúan entre 1 y 7 años (Anexo 12).

El bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX, por su parte cuenta con un total de 20 PPM, 3 de las cuales son testigo y 17 sometidas a aprovechamiento o algún tratamiento

silvicultural, con periodos de medición que fluctúan entre 1 y 6 años (Anexo 13). En el caso del bosque ALSEIS/AMPELOCERA/SPONDIAS, cuenta con un total de 30 dispositivos, 11 de los cuales son testigo y 19 sometidas a aprovechamiento o tratamiento silvicultural, los períodos de medición en este tipo de bosque fluctúan entre 1 y 7 años (Anexo 14).

El desbalance entre el número de dispositivos, así como las diferencias en la cantidad de parcelas testigo y aprovechadas o tratadas, limitó el análisis por tipo de bosques identificados para la ZUM por Segura (2012a). Un aspecto ligado a esta situación es la falta de claridad para establecer si un dispositivo es testigo o aprovechado, esto debido a que la información registrada en algunos informes técnicos, difiere de la analizada en las bases de datos. Situación que puede atribuirse a la falta de protocolos de medición.

Con base en estas limitaciones, el presente artículo de investigación analizó los efectos del aprovechamiento forestal para el conjunto de PPM, con alto grado de certidumbre de que luego de instaladas y medidas fueron sometidas a aprovechamiento o tratamiento silvicultural, tomando como referencia la información de los informes técnicos y el análisis de información para cada dispositivo.

Debido a que no existe un tratamiento único para cada una de las parcelas analizadas, se consideró como aprovechamiento forestal cualquier técnica que implique la intervención en la parcela con el fin de extraer individuos comerciales (aprovechamiento) o eliminar individuos no comerciales para estimular la regeneración de especies comerciales (liberación) o la combinación de ambos tratamientos.

En este sentido se consolidó un total de 45 dispositivos, distribuidos en 6 UMF de la ZUM. De estos 45 dispositivos, 12 presentan una diferencia entre mediciones de un año, 26 de 2 años, 3 de 6 años y 2 de 7 años. Esta situación llevo a seleccionar las 26 PPM con diferencia entre mediciones de dos años, para evaluar los efectos del aprovechamiento forestal antes y después de efectuada la intervención. Las 26 PPM analizadas se encuentran distribuidas en las UMF San Miguel (11 PPM), Río Chanchich (9 PPM), San Andrés (3 PPM), y Uaxactún (3 PPM).

## 9.4 Análisis de datos

Los efectos del aprovechamiento forestal en PPM de la ZUM se evaluaron a nivel de composición, estructura y diversidad de especies a escala de rodal y grupos de especies comerciales. Para evaluar el efecto del aprovechamiento en la composición de especies, se realizó un análisis de varianza multivariado (Manova), donde la variable respuesta fue la matriz de composición dada por el valor de importancia de cada una de las especies y la variable de clasificación fue el antes del aprovechamiento y después del aprovechamiento. La significancia se comprobó con 999 permutaciones. Para esto se utilizó el software Qeco (Di Rienzo *et al.* 2010) en ambiente (Team 2008b).

El modelo general utilizado en las comparaciones se describe a continuación:

$$[Y_{ij}] = \mu + A_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

$[Y_{ij}]$ : matriz de composición de especies ponderada por el IVI)

$\mu$ : media multivariada general

$A_i$ : factor tratamiento del  $i$ -ésimo nivel

$B_j$ : efecto del bloque de la interacción del  $j$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$ : error experimental que se supone  $N(0, \sigma^2)$ .

En el caso de la diversidad y riqueza de especies, se calculó el número de especies e índices de diversidad de Shannon ( $H'$ ) y Simpson ( $D$ ) para cada una de las parcelas antes y después de realizado el aprovechamiento. Para el análisis de estructura del total de individuos y por grupos de especies comerciales, se calculó la densidad (número de individuos  $ha^{-1}$ ) y área basal ( $m^2 ha^{-1}$ ), total y por clase diamétrica para cada parcela antes y después de realizado el aprovechamiento.

Posteriormente, mediante pruebas de comparación de medias (ANOVA), bajo un diseño en bloques completamente aleatorizados (DBCA), se evaluó el efecto del aprovechamiento para cada de variable de diversidad y riqueza de especies, y estructura a escala de rodal y por grupos comerciales. El bloque del modelo correspondió a la parcela y el factor de estudio fue el aprovechamiento con dos niveles (antes y después).

En los casos en donde no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianza, esta se ajustó a través de modelos mixtos, seleccionando el mejor modelo usando el criterio de

Akaike (AIC) y el criterio Bayesiano de información (BIC). En donde no se cumplió el supuesto de normalidad se transformaron los valores de las variables a rangos. Todos los análisis se realizaron con la ayuda del software Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011).

El modelo general utilizado en las comparaciones se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ij}$ : variable dependiente o respuesta (variable estructura o diversidad)

$\mu$ : media general

$A_i$ : factor tratamiento del i-ésimo nivel

$B_j$ : efecto del bloque de la interacción del j-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$ : error experimental que se supone  $N(0, \sigma^2)$ .

## 10 RESULTADOS

### 10.1 Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura de PPM ubicadas en los bosques de la ZUM

En términos generales, antes del aprovechamiento se registró un total de 4061 individuos, luego del mismo el número de individuos fue de 3785 individuos. Por clases diamétricas los valores de número de individuos indican una distribución en J invertida, típica de los bosques tropicales poco perturbados. Luego de los 50 cm de dap, algunas de las PPM analizadas experimentan pocos –o hasta ausencia- de individuos (Cuadro 8).

*Cuadro 8. Número de individuos totales y por clases diamétricas antes y después de realizado el aprovechamiento forestal en PPM de 0.25 ha de la ZUM.*

| Período | Clase diamétrica | Media  | D.E.  | CV    | Mín | Máx |
|---------|------------------|--------|-------|-------|-----|-----|
| Antes   | 10-19.9 cm       | 106.5  | 23.26 | 21.84 | 70  | 155 |
| Después | 10-19.9 cm       | 97.81  | 22.54 | 23.04 | 66  | 153 |
| Antes   | 20-29.9 cm       | 28.12  | 6.74  | 23.96 | 16  | 43  |
| Después | 20-29.9 cm       | 27.62  | 6.33  | 22.93 | 16  | 42  |
| Antes   | 30-39.9 cm       | 12.15  | 5.83  | 47.96 | 2   | 23  |
| Después | 30-39.9 cm       | 11.77  | 5.27  | 44.79 | 3   | 21  |
| Antes   | 40-49.9 cm       | 4.54   | 2.79  | 61.45 | 1   | 14  |
| Después | 40-49.9 cm       | 4.5    | 2.6   | 57.69 | 1   | 11  |
| Antes   | 50-59.9 cm       | 2      | 1.44  | 72.11 | 0   | 6   |
| Después | 50-59.9 cm       | 1.73   | 1.46  | 84.22 | 0   | 5   |
| Antes   | ≥ 60             | 2.88   | 2.52  | 87.33 | 0   | 9   |
| Después | ≥ 60             | 2.15   | 2.03  | 94.42 | 0   | 8   |
| Antes   | Total            | 156.19 | 19.6  | 12.55 | 122 | 198 |
| Después | Total            | 145.58 | 20.38 | 14    | 111 | 202 |

Los análisis de varianza por su parte indicaron, que el número de individuos fue significativamente mayor antes del aprovechamiento de madera, con un promedio por parcela de 0.25ha  $\pm$  error estándar de 156.19 $\pm$ 3.92, lo cual equivale a 624 individuos ha<sup>-1</sup> (Figura 18a).

La distribución por clases diamétricas indicó por su parte, que el número de individuos fue significativamente mayor antes del aprovechamiento para las clases diamétricas 10-20cm con un promedio de 103.85 $\pm$ 4.37 individuos por parcela de 0.25 ha, lo cual equivale a 415 individuos ha<sup>-1</sup>, y para individuos mayores o iguales a 60 cm de dap con un promedio de

$2.88 \pm 0.45$ , que equivale a  $11.52$  individuos  $ha^{-1}$  (Figura 18b). En las demás clases diamétricas no se observaron diferencias significativas luego del aprovechamiento.

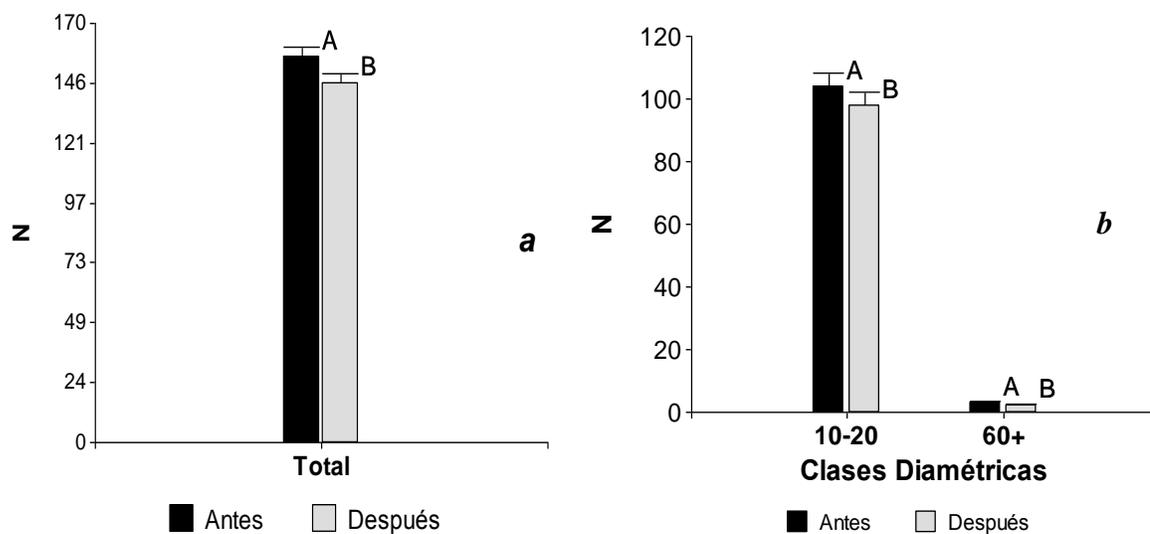


Figura 18. Efectos del aprovechamiento forestal en el número de individuos totales (a) y por clases diamétricas (b) en parcelas de 0.25 ha para árboles y palmas  $\geq 10$  cm de dap. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un  $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher.

Al igual que lo observado en la variable número de individuos, antes de realizado el aprovechamiento, el conjunto de PPM analizadas experimentaron mayor área basal. La ausencia de individuos en clases diamétricas superiores, en algunas de las PPM analizadas, influyó en los valores de área basal (Cuadro 9).

*Cuadro 9. Área basal total y por clases diamétricas antes y después de realizado el aprovechamiento forestal en PPM de 0.25 ha de la ZUM.*

| Período | Área basal | Media | D.E. | CV    | Mín  | Máx  |
|---------|------------|-------|------|-------|------|------|
| Antes   | 10-19.9 cm | 1.68  | 0.33 | 19.89 | 1.16 | 2.5  |
| Después | 10-19.9 cm | 1.56  | 0.32 | 20.66 | 1.06 | 2.39 |
| Antes   | 20-29.9 cm | 1.3   | 0.32 | 24.7  | 0.73 | 2.05 |
| Después | 20-29.9 cm | 1.28  | 0.3  | 23.44 | 0.68 | 1.95 |
| Antes   | 30-39.9 cm | 1.13  | 0.55 | 48.54 | 0.2  | 2.26 |
| Después | 30-39.9 cm | 1.09  | 0.49 | 45.26 | 0.28 | 2.04 |
| Antes   | 40-49.9 cm | 0.69  | 0.39 | 57.31 | 0.16 | 1.95 |
| Después | 40-49.9 cm | 0.68  | 0.38 | 55.78 | 0.13 | 1.67 |
| Antes   | 50-59.9 cm | 0.46  | 0.32 | 70.07 | 0    | 1.33 |
| Después | 50-59.9 cm | 0.39  | 0.33 | 83.8  | 0    | 1.11 |
| Antes   | ≥ 60       | 1.26  | 1.1  | 87.66 | 0    | 3.82 |
| Después | ≥ 60       | 0.96  | 0.92 | 95.34 | 0    | 3.34 |
| Antes   | Total      | 6.51  | 1.02 | 15.65 | 4.08 | 8.12 |
| Después | Total      | 5.97  | 1.05 | 17.55 | 4.12 | 8.24 |

En términos de área basal, el análisis de varianza, al igual que para la variable número de individuos, indicó una reducción de los valores totales de área basal luego del aprovechamiento, con promedios de  $6.51 \pm 0.20 \text{ m}^2$  por parcela de 0.25 ha ( $26.04 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) antes de la intervención y  $5.97 \pm 0.20 \text{ m}^2$  por parcela ( $23.88 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) luego de el aprovechamiento (Figura 19a). El análisis por clases diamétricas indicó que del área basal presentó una tendencia similar a la del número de individuos (Figura 19b), encontrándose diferencias significativas solamente en las clases diamétricas 10-20cm ( $1.68 \pm 0.06$ ) y  $\geq 60$ cm de dap ( $1.26 \pm 0.20$ ).

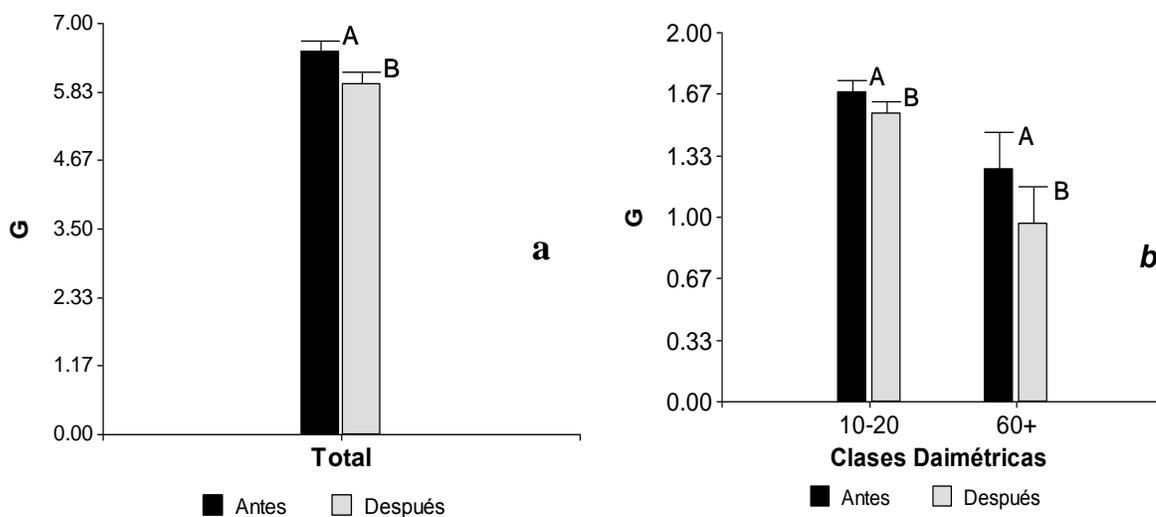


Figura 19. Efectos del aprovechamiento forestal en el área basal total (a) y por clases diamétricas (b) en  $m^2/parcela$  de 0.25 ha para árboles y palmas  $\geq 10$  cm de dap. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un  $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher.

### 10.1.1 Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura de especies comerciales y no comerciales de los bosques de la ZUM

En el caso de especies comerciales (Figura 20a y 20b), solo se presentaron diferencias significativas para la abundancia de individuos en las clases diamétricas mayores o iguales a 40 cm de dap, con un promedio de  $2.62 \pm 0.36$  individuos por parcela de 0.25 ha, lo cual equivale a 10 individuos  $ha^{-1}$ . Tendencia similar se presentó en el área basal para individuos con  $dap \geq 40$  cm, con un promedio de  $1.00 \pm 0.26 m^2$  por parcela de 0.25 ha ( $2 m^2 ha^{-1}$ ), situación debida al aprovechamiento de especies comerciales por encima del diámetro mínimo de corta, que en el caso de la ZUM, está por encima de los 45 cm de dap.

En el caso de las especies no comerciales (Figura 20c y 20d), solo se presentaron diferencias significativas en la clase diamétrica 10-20 cm, siendo mayor el número de individuos antes del aprovechamiento ( $50.54 \pm 2.72$  individuos por parcela de 0.25 ha). Situación similar se presentó para el área basal en donde el valor de la variable para la clase 10-20 cm fue mayor antes del aprovechamiento ( $0.84 \pm 0.05 m^2$  por parcela de 0.25 ha). Las especies potencialmente comerciales no presentaron diferencias significativas en términos de número de individuos y área basal.

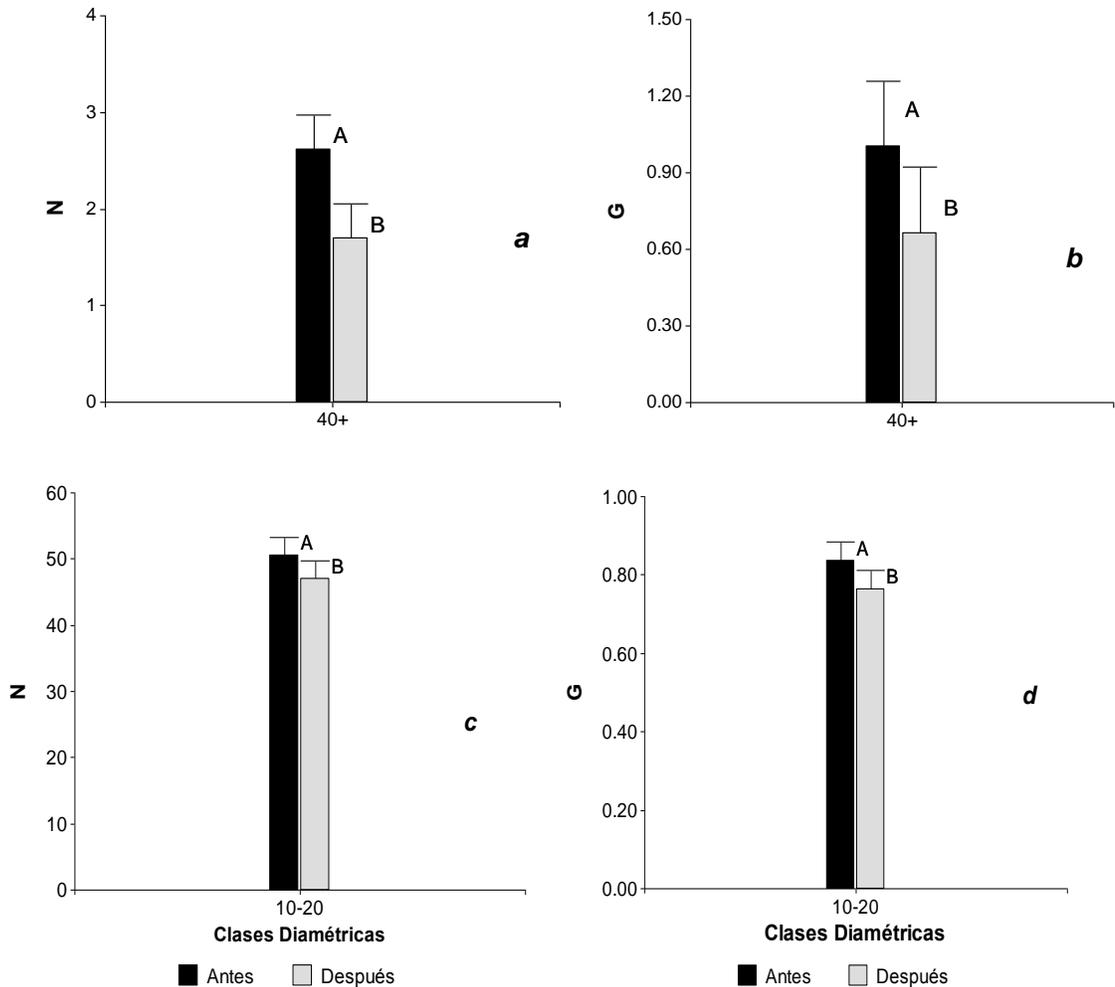


Figura 20. Efectos del aprovechamiento en el número de individuos y área basal total en  $m^2$ /parcela de 0.25 ha por clases diamétricas de individuos comerciales (a,b), potencialmente comerciales (c,d) y especies no comerciales (c,d), para árboles y palmas  $\geq 10$  cm de dap en PPM de la ZUM. Letras distintas indican diferencias significativas entre bosques con un  $\alpha=0.05$ , prueba LSD de Fisher. Las clases diamétricas para individuos mayores o iguales a 40 cm de dap se agrupó en una sola categoría.

### 10.1.2 Efectos del aprovechamiento forestal en la composición de las especies.

Los resultados del análisis de varianza multivariada demostraron que estadísticamente luego de realizado el aprovechamiento forestal, no se experimentaron cambios fuertes en la composición de las especies en PPM de los bosques de la ZUM ( $p=0.3866$ ). Antes del aprovechamiento se destaca la presencia de *Swietenia macrophylla* entre las diez especies con mayor valor de importancia, especie que luego del aprovechamiento es desplazada al lugar 11.

Las especies con mayor valor de importancia antes y luego del aprovechamiento se pueden apreciar en el Cuadro 10.

*Cuadro 10. Especies con mayor valor de importancia antes y después de realizado el aprovechamiento forestal.*

| Lugar | Antes del Aprovechamiento | Después del Aprovechamiento |
|-------|---------------------------|-----------------------------|
| 1     | Pouteria sp.              | Pouteria sp.                |
| 2     | Sabal sp.                 | Sabal sp.                   |
| 3     | Pseudolmedia sp.          | Manilikara zapota           |
| 4     | Manilikara zapota         | Pseudolmedia sp.            |
| 5     | Sebastiania longicuspis   | Sebastiania longicuspis     |
| 6     | Swietenia macrophylla     | Aspidosperma Megalocarpon   |
| 7     | Pouteria campechiana      | Pouteria campechiana        |
| 8     | Aspidosperma Megalocarpon | Brosimum alicastrum         |
| 9     | Brosimum alicastrum       | Spondias mombim             |
| 10    | Spondias mombim           | Pouteria amygdalina         |

### ***10.1.3 Efectos del aprovechamiento forestal en la diversidad de especies de los bosques de la ZUM.***

El análisis de comparación de medias para los valores de diversidad (Cuadro 11) indica que existen diferencias significativas para el índice de diversidad de Shannon. De acuerdo a este índice, antes del aprovechamiento existía una mayor diversidad en los bosques. Un alto valor para este índice indica un cambio en la distribución del número de individuos por especie. Esta situación puede ser ocasionada ya que algunas poblaciones de especies comerciales son abundantes y su eliminación por el aprovechamiento ocasiona un aumento la equidad de la abundancia de individuos por especie en la comunidad. Lo mismo puede suceder en el caso de la eliminación de individuos de especies no comerciales

El número de especies y la diversidad calculada a través del índice de Simpson (que es sensible a cambios en riqueza de especies) no mostraron diferencias significativas antes y después de efectuado el aprovechamiento.

*Cuadro 11. Efecto del aprovechamiento forestal en la riqueza y diversidad de especies en PPM de la ZUM. Se muestran valores promedio y errores estándar*

| Índice                    | Antes        | Después      | F-value | p-value |
|---------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| <b>Shannon</b>            | 2.97±0.005 a | 2.95±0.046 b | 6.89    | 0.0145  |
| <b>Simpson</b>            | 0.07±0.01    | 0.08±0.01    | 0.13    | 0.7248  |
| <b>Número de especies</b> | 34.46±0.86   | 34.81±0.90   | 1.00    | >0.05   |

## 11 DISCUSIÓN

### 11.1 Base de datos recopilada y analizada: consideraciones para el manejo de información a largo plazo en bosques de la RBM

La presente investigación se convierte en uno de los primeros esfuerzos por analizar el conjunto de información de las PPM instaladas en la ZUM y remedidas por concesionarios en más de 20 años de historia de la Reserva de la Biosfera Maya.

Es importante resaltar el papel que han tenido instituciones como el NPV, Propetén, Selva Maya, el CATIE, y la certificación forestal en el proceso de instalación y medición de estos dispositivos de monitoreo en la ZUM, siendo la certificación forestal la que ha mantenido a lo largo del tiempo un papel protagónico y en donde el CONAP inicia los primeros acercamientos con el fin vincularse más estrechamente con el tema.

Es importante reconocer que gran parte de los concesionarios han adoptado un mismo protocolo de investigación, como el desarrollado para la RBM por Pinelo (2000b), acompañado de esto el manejo de la información a través del SEMAFOR - herramienta diseñada para el manejo y manipulación de los datos - ha permitido que gran parte de la información tenga un lenguaje similar en cuanto a las variables analizadas, unidades de medición, categorías utilizadas en algunas variables, lo cual facilitó en gran medida el análisis de la información utilizada en los resultados.

Una de las ventajas con que cuenta la ZUM y que se menciono anteriormente es la presencia de ONG's con amplia experiencia en el monitoreo con PPM, las cuales cuentan con técnicos y personal capacitado, así como baquianos de amplia experiencia en el reconocimiento de plantas en la RBM.

En términos de la información analizada en el presente artículo de investigación, pese a que se logro consolidar información de una gran cantidad de dispositivos, la baja representatividad en cuanto a la cantidad de los mismos por tipo de bosques limitó evaluar los efectos del aprovechamiento forestal por tipos de bosques. Los períodos de tiempo entre mediciones fue otro de los aspectos que más limitó el análisis de la información, encontrando falta de uniformidad entre mediciones en una misma UMF y de manera más critica entre UMF

El análisis de la información también permitió establecer la alta incertidumbre que existe para determinar si una PPM es testigo o ha sido sometida a algún tipo de intervención, situación originada por la falta de protocolos de medición y un mal manejo de algunas variables que generalmente no son evaluadas.

El manejo de los datos es otro aspecto a considerar, pues pese a la existencia de herramientas que facilitan el manejo de la información, muchas de las variables no son llenadas en los formularios de campo, y por ende en los registros electrónicos, tal es el caso de variables como número de ejes, tratamiento silvicultural aplicado al individuo, estado del individuo (vivo o muerto), entre otras.

Finalmente una limitante de la información lo constituye la falta de un listado de especies confiable para la ZUM, tal y como se expresa en el Artículo 1 (Segura 2012a), lo que limita llegar a analizar aspectos de diversidad y composición de especies.

## **11.2 Efectos del aprovechamiento forestal en PPM en bosques de la ZUM**

Los resultados obtenidos en la presente investigación no encontraron diferencias significativas en la composición y riqueza de especies producto del aprovechamiento forestal en PPM de la ZUM. Resultados similares ha sido obtenidos en investigaciones realizadas en PPM<sup>14</sup> ubicadas en el área de la Reserva de la Biosfera Maya por Pinelo (2000a), Aguilar et al. (2006) y Perea (2009), aunque a manera descriptiva.

En términos de estructura, los resultados de la investigación indican que antes del aprovechamiento los valores totales de área basal y número de individuos fueron mayores que después de cosechado el bosque.

El número de individuos luego del aprovechamiento muestra una reducción aproximada del 7% (43 individuos/ha), tendencia que coincide con estudios realizados en la

---

<sup>14</sup> Algunas de las PPM analizadas en dichos estudios han sido consideradas en los análisis de la investigación.

RBM por Aguilar *et al.* (2006) en 61 PPM y Perea (2009) en 18 PPM, quienes encontraron reducciones entre el 2 y 12%, luego de realizado el aprovechamiento, sin embargo estudios realizados por Pinelo (2000a) en 33 PPM y Solis (2009) en 12 PPM también en la ZUM, reportan un aumento en el número de individuos luego del aprovechamiento, con incrementos entre el 3 y el 15% .

Los valores de área basal según la investigación presentaron una reducción promedio del 9% (2.16 m<sup>2</sup>/ha) una vez aprovechado los bosques, tendencia que coincide con los resultados encontrados por Pinelo (2000a), Aguilar *et al.* (2006) y Perea (2009) con reducciones entre el 1y el 12%. Por su parte Solis (2009) reportó en la UMF San Andrés un incremento de área basal del 7%. Debido a que algunos de los estudios analizados, incluidos el presente, realizan un análisis conjunto de la información de PPM distribuidas en toda la zona de la ZUM y otros en localidades puntuales, los resultados obtenidos y comparados con otros estudios sugieren que las respuestas de la vegetación a la intervención por aprovechamiento de madera pueden ser altamente variables y dependen de factores como la intensidad de corta, del tiempo de medición analizado, del tipo de bosque, de su estado inicial, entre otras.

Los valores de área basal y número de individuos en clases comerciales mostraron una reducción significativa luego de los 40 cm de dap y un aumento para especies no comerciales solo para la clase diamétrica entre 10 y 20 cm de dap. Tendencias que comparte Solis (2009) para especies no comerciales y solo para los valores de área basal en especies comerciales luego de la intervención maderera.

## 12 CONCLUSIONES

- La intervención realizada en los bosques de la ZUM - con tasas bajas de extracción entre 2 y 3 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> (1.5 a 3 individuos ha<sup>-1</sup>) - luego de dos años, generó una reducción del 7% y 9% en los valores de número de individuos y área basal respectivamente, de individuos con dap<sub>≥</sub> 10 cm, considerándose un impacto bajo.
- La composición de especies en los bosques de la ZUM no se vio fuertemente afectada luego de dos años de efectuado el aprovechamiento. Especies altamente comerciales, como *Swietenia macrophylla* (caoba) experimentan una reducción del índice de valor de importancia, por el contrario especies como *Pouteria Amygdalina* (silillon) incrementaron el valor de este índice.
- Los resultados obtenidos no muestran pruebas contundentes sobre la pérdida de diversidad luego de realizado el aprovechamiento forestal en los bosques de la ZUM, lo cual es indicio de la baja afectación sobre las condiciones del bosque.
- Las especies comerciales presentaron una reducción en los valores de número de individuos y área basal luego de los 40 cm de dap, por su parte las especies no comerciales experimentaron una reducción significativa para los valores de estas variables en la clase diamétrica 10 – 19.9 cm. Esto se explica por el poco tiempo de transcurrida entre la cosecha y la última medición realizada en la parcela.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar, S; Mazá, M; Hernández, A; Cifuentes, G. 2006. Desarrollo de un sistema de parcelas forestales permanentes de muestreo en Guatemala.146p. Disponible en <http://www.fnpv.org/publicaciones/investigaciones/SISTEMAS%20DE%20PARCELAS%20PERMANENTES%20DE%20MUESTREO.pdf>
- Alder, D; Synnott, TJ. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. Oxford forestry institute. Department of plant sciences. University of Oxford. 134 p.
- Arets, E. 2005. Long-term responses of populations and communities of trees to selective logging in tropical rain forests in Guyana. Tropenbos-Guyana Series 13:186 p.
- Balas, R; Radachowsky, J; Ramos, V. 2004. La utilidad práctica del monitoreo en la Reserva de la Biosfera Maya.12 p.
- Bámaca, E. 2010. Fines del monitoreo de la dinámica del bosque para el FSC: Las PPM (diapositivas). Petén, GT.
- Bawa, KS; Seidler, R. 1998. Natural Forest Management and Conservation of Biodiversity in Tropical Forests. Conservation Biology 12(1):46-55. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.96480.x>
- Brown, K; Gurevitch, J. 2004. Long-term impacts of logging on forest diversity in Madagascar. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101(16):6045.
- Butterfield, R; Chapela, F; Fuge, P; de Freitas, AG; Hayward, J; Jansens, JW; Jenkins, M; Madrid, S; Martin, A; de Azevedo, TR. 2003. La certificación forestal y las comunidades: mirando hacia la siguiente década.61 p.
- Byron, N; Arnold, M. 1999. What futures for the people of the tropical forests? World Development 27(5):789-805.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical. Guía para el establecimiento y medición. CATIE. Serie técnica. Manual técnico 42:52 p.
- Carrera, F; Gálvez, J; Morales, J. 2000. Concesiones forestales comunitarias en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, Guatemala.11 p.
- Carrera, F. 2004. Monitoreo y evaluación del desempeño en unidades de manejo de bosque natural en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. Recursos Naturales y Ambiente 42:43-50.

- Carrera, H. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala,[Guide for planning forest inventories in the multiple use region in the Maya Biosphere Reserve, Peten, Guatemala]. Serie técnica. Informe técnico 275.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR); NPV (Fundación Naturaleza para la Vida, GT); Finnfor (Proyecto Bosques y Manejo Forestal en América Central, CR). 2011. Diagnóstico del estado actual de la red de parcelas permanentes de muestreo establecidas en bosques naturales latifoliados de Guatemala.127 p.
- Chain, A. 2009. Factores que influyen en la composición y diversidad de bosques en una red de conectividad ecológica en un paisaje fragmentado mesoamericano. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 143 p.
- CHEMONICS. 2006. Concesiones Forestales: Un modelo exitoso. Informe final del proyecto BIOFOR.50 p. Disponible en [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PDACJ348.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDACJ348.pdf)
- Clark, DB; Clark, DA; Read, JM. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology* 86(1):101-112.
- Clarke, K. 1993. Non parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18(1):117-143.
- CONAP (Consejo Nacional de Areas Protegidas, GT). 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya 2001-2006.98 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. Política marco de concesiones para el manejo integral de recursos naturales en áreas protegidas de Petén.48 p.
- \_\_\_\_\_. 2010. Las PPM y el manejo forestal (diapositivas). Petén, GT.
- Coomes, D; Allen, R; Scott, N; Goulding, C; Beets, P. 2002. Designing systems to monitor carbon stocks in forests and shrublands. *Forest Ecology and Management* 164(1-3):89-108.
- Cottenie, K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters* 8(11):1175-1182.
- CTFS (Center for Tropical Forest Science, US). 2010. A global program for long-term large-scale forest research. Disponible en <http://www.ctfs.si.edu/group/About/>

- Davidse, G; Sousa, M; Chater, AO. 1994. Flora mesoamericana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. p. Disponible en <http://www.tropicos.org/Project/FM>
- de Luzuriaga, AL; Olano, J. 2006. Con los pies en el suelo: incluyendo la estructura espacial de los datos en los análisis multivariantes. *Ecosistemas* 15(3):59-67.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Pla, L; Vílchez, S; Di Rienzo, MJ. 2010. Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach. *Latin American Journal of Conservation* 1:73-75.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2011. InfoStat. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
- Dickinson, M; Dickinson, J; Putz, F. 1996. Natural forest management as a conservation tool in the tropics: divergent views on possibilities and alternatives. *Commonwealth Forestry Rev* 75.
- Diversity, SotCoB. 2009. Sustainable Forest Management, Biodiversity and Livelihoods: A Good Practice Guide.47 p. Disponible en <http://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-forestry-booklet-web-en.pdf>
- Doblado, L. 2011. Identificación y caracterización de tipos de bosque y su relación con variables ambientales, en un paisaje fragmentado al Norte de Honduras. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Dufrene, M; Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- ESFOR (Escuela de Ciencias Forestales de la UMSS, BO); CETEFOR (Centro Técnico Forestal, BO). 2004. Estrategia departamental para parcelas permanentes de muestreo.80 p. Disponible en <http://www.esfor.umss.edu.bo/biblioefor/archivos/ESTRATEGIA%20PPMs.pdf>
- FAO (Food and Agricultural Organization, IT). 2004. Estado y tendencias de la ordenación forestal en 17 países de América Latina. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/j2628s/J2628S00.htm#TopOfPage>
- Finegan, B; Camacho, M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. *Forest Ecology and Management* 121(3):177-189.
- Finegan, B; Delgado, D; Hayes, J; Gretzinger, S. 2004. El monitoreo ecológico como herramienta de manejo forestal sostenible: consideraciones básicas y propuesta

- metodológica con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación certificados bajo el marco del FSC. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 42:29-42.
- Finnfor (Proyecto Bosques y Manejo Forestal en América Central, CR). 2010. Coordinación nacional Finnfor Guatemala. Necesidades de Investigación. 4 p.
- Forster, R; Albrecht, H; Belisle, M; Caballero, A; Galletti, H; Lacayo, O; Ortiz, S; Robinson, D. 2002. Comunidades forestales y el mercadeo de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. México, DF.
- Fredericksen, T; Contreras, F; Pariona, W. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. 81p.
- Fredericksen, TS; Putz, FE. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation* 12(7):1445-1453. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023673625940>
- Galicia, L; Arista, AEZ. 2002. El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología. *Ciencias* (067):34-40.
- Gálvez, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Gentry, AH. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*:1-34.
- Gomez, I; Mendez, VE. 2005. El Caso de la asociación de co-munidades forestales de Petén (ACOFOP): análisis de contexto. Center for International Forestry Research (CIFOR) and PRISMA:47p.
- Guzmán, R. 1997. Caracterización y clasificación de especies forestales en gremios ecológicos en el bosque sub-húmedo estacional de la región de Lomerío, Santa Cruz-Bolivia. Turrialba, Costa Rica.
- Herrera, B; Finegan, B. 2008. La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad. Experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54:4-13.
- Hijmans, RJ; Cameron, SE; Parra, JL; Jones, PG; Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15):1965-1978.

- Holdridge, L. 1987. Ecología basada en las zonas de vida. Life zones ecology. Libros y Materiales Educativos (IICA) 83:216 p.
- Hubbell, SP. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton Univ Dept of Art &. p. (32)
- IAvH (Instituto de Investigaciones Alejandro von Humboldt, CO). 1999. Investigaciones ecológicas a largo plazo: un vacío espacial y temporal en Colombia. Biosíntesis: Boletín Informativo 18:4 p.
- Ibarra, R; Cabrera, C. 2008. Evaluación de las concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.168.
- IBIF (Instituto Boliviano de Investigación Forestal, BO). 2010. Monitoreo de Bosques. Disponible en <http://www.ibifbolivia.org.bo/index.php/Monitoreo/Monitoreo>
- INISEFOR (Instituto de Investigación y Servicios Forestales, CR). s.f. Red de parcelas permanentes para el monitoreo de los bosques naturales de Costa Rica.7 p.
- ITTO (International Timber Tropical Organization, JP). 2005. Criterios e indicadores revisados de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales con inclusión de un formato de informes.40 p. Disponible en [http://www.itto.int/es/policypapers\\_guidelines/](http://www.itto.int/es/policypapers_guidelines/)
- ITTO (International Tropical Timber Organization, JP). 2011. Status of tropical foresta management 2011. Technical series 38. 418 p.
- Jarvis, A; Reuter, H; Nelson, A; Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. available from the CGIARCSI SRTM 90m Database <https://srtm.csi.cgiar.org> 2007(June 15).
- Kessler, M; Grytnes, JA; Halloy, SRP; Kluge, J; Krömer, T; León, B; Macía, MJ; Young, KR. 2011. Gradients of Plant Diversity: Local Patterns and Processes en: Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes.348 p.
- Kroll, B; Marmillod, D. 1992. Apuntes dendrológicos del Perú: Nombres vernaculares y especies de Dantas.165 p.
- Lamprecht, H. 1990a. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido.335 p.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Silvicultura de los trópicos. GTZ. RFA. 335 p.
- Legendre, P; Fortin, MJ. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio 80:107-138.

- Lewis, SL; Phillips, OL; Baker, TR; Lloyd, J; Malhi, Y; Almeida, S; Higuchi, N; Laurance, WF; Neill, DA; Silva, JNM. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359(1443):421-436.
- Lobo, J; Barrantes, G; Castillo, M; Quesada, R; Maldonado, T; Fuchs, E; Solís, S; Quesada, M. 2007. Effects of selective logging on the abundance, regeneration and short-term survival of *Caryocar costaricense* (Caryocaraceae) and *Peltogyne purpurea* (Caesalpinaceae), two endemic timber species of southern Central America. *Forest Ecology and Management* 245(1-3):88-95.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. CATIE. Serie técnica. Manual técnico 46:265 p.
- Lundell, C. 1937. *The vegetation of Petén*. University of Michigan. 244p.
- Manzanero, M. 2003. Taller de monitoreo de la respuesta dinámica del bosque a través de parcelas permanentes de muestreo. 16p.
- Manzanero, M; Pinelo, G. 2004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 48 p. Disponible en [http://central-america.panda.org/sala\\_redaccion/publicaciones/?133242/Plan-silvicultural-en-unidades-de-manejo-forestal-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala](http://central-america.panda.org/sala_redaccion/publicaciones/?133242/Plan-silvicultural-en-unidades-de-manejo-forestal-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala)
- Marmillod, D. 2011. Parcelas de medición forestal en plantaciones y bosque natural de coníferas y de latifoliadas en Guatemala: reflexiones acerca de su futuro. Ponencia IX Congreso Forestal Nacional La Antigua Guatemala. 8 p.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, J. 2007. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Proposal for an ecological connectivity network in the Volcánica Central Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. 51-52:69-76.
- NPV (Fundación Naturaleza para la Vida, GT). 2001. Manual de campo inventario forestal en unidades de manejo comunitario, zona de uso múltiple - ZUM -, reserva de biosfera Maya - RBM- Petén, Guatemala 45 p.

- Olegário, J; Carvalho, J; Macedo, N; Silva, B; Pokorny, C. 2009. Sistemas de MFS. *Actualidad Forestal Tropical* 16(4):9-11. Disponible en <http://www.ittorolac.org/publicaciones-disponibles/industrias-forestales-sostenibles>
- Orozco, L; Brumér, C; Quirós, D. 2006. Aprovechamiento de Impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. 442 p.
- Ortega, S. 2009. Propuesta de red de conectividad ecológica entre remanentes y cacaotales en dos paisajes centroamericanos. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 119 p.
- Pastor, J; Post, W. 1986. Influence of climate, soil moisture, and succession on forest carbon and nitrogen cycles. *Biogeochemistry* 2(1):3-27.
- Pennington, T; Sarukhan, J; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, M, DF . FAO, Roma. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.
- Perdomo, M; Galloway, G; Louman, B; Finegan, B; Velásquez, S. 2002. Herramientas para la planificación del manejo de bosques a escala de paisaje en el sudeste de Nicaragua. Tools for forest management planning on a landscape scale in the Nicaraguan Southeast. *Revista Forestal Centroamericana (CATIE)*. 38:51-58.
- Perea, L. 2009. Informe final monitoreo de parcelas permanentes de muestreo en la Unidad de Manejo Río Chanchich, zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 87 p.
- Pinelo, G. 2000a. Informe final Monitoreo de parcelas permanentes de muestro en Petén, Guatemala. 86 p.
- \_\_\_\_\_. 2000b. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Colección Manejo Forestal de la Biosfera Maya Petén, Guatemala 10:52 p.
- \_\_\_\_\_. 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 47 p. Disponible en [http://www.wwfca.org/sala\\_redaccion/publicaciones/?133203/Manual-de-Inventario-Forestal-integrado-para-unidades-de-manejo-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala](http://www.wwfca.org/sala_redaccion/publicaciones/?133203/Manual-de-Inventario-Forestal-integrado-para-unidades-de-manejo-Reserva-de-la-Biosfera-Maya-Peten-Guatemala)
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, EE.UU). 2005. Evaluación de los ecosistemas del Milenio: informe de síntesis. Borrador final Fuente: New York; ONU, 2005, 43 p. Ilus, Tab. 39 p.

- Poore, M. 1955. The use of phytosociological methods in ecological investigations: I. The Braun-Blanquet system. *Journal of Ecology* 43(1):226-244.
- Primack, R; Barton, D; Galletti, H; Ponciano, I. 1999. *La Selva Maya: Conservación y desarrollo*. Siglo veintiuno editores.312 p.
- Putz, F; Blate, G; Redford, K; Fimbel, R; Robinson, J. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* 15(1):7-20.
- RAE (Real Academia Española, ES). 2010. *Diccionario de la Lengua Española (en línea)*. Vigésima segunda edición Disponible en [http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=cultura](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=cultura)
- Ramos, Z; Finegan, B. 2005. Una red ecológica para la conservación de la biodiversidad: Corredor Biológico San Juan-La Selva. *Recursos, Ciencia y Decisión (CATIE)* 4:3 p.
- Rice, R; Sugal, C; Ratay, S; Fonseca, G. 2001. Manejo forestal sostenible. Revisión del saber convencional. *Advances in Applied Biodiversity Science* 3:1-35.
- Richards, M; Costa, PM. 1999. Can tropical forestry be made profitable by 'internalising the externalities'? *Natural Resource perspectives* 46:6 p. Disponible en <http://www.odi.org.uk/resources/download/2108.pdf>
- Roberts, MR; Gilliam, FS. 1995. Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: implications for forest management. *Ecological Applications*:969-977.
- Sánchez, D; Finegan, B; Harvey, C; Delgado, D. 2007. Tipos de bosques en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua. *Types of forests in the southern sector of Nicaragua's Atlantic Biological Corridor. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. 51-52:48-56.
- Schulze, MD; Whitacre, DF. 1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 41(3):169-297.
- Schwartz, NB. 1990. *Forest society: A social history of Peten, Guatemala*. University of Pennsylvania Press. p. 368. p.
- Sesnie, SE; Finegan, B; Gessler, PE; Ramos, Z. 2009. Landscape-Scale Environmental and Floristic Variation in Costa Rican Old-Growth Rain Forest Remnants. *Biotropica* 41(1):16-26. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00451.x>
- SmartWood. 2006. *Estandares interinos de Rainforest Alliance/Smartwood para evaluaciones de manejo forestal en Guatemala (versión 2.0)*.37 p.

- Solis, S. 2009. Evaluación de la dinámica poblacional y el crecimiento diamétrico de especies arboreas, en parcelas permanentes de muestreo, en la Unidad de Manejo San Andrés; - AFISAP-. Trabajo de Graduacion. Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén.93 p.
- Standley, PC; Steyermark, JA. 1946. Flora of Guatemala. Flora of Guatemala.
- Team, R. 2008b. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria ISBN 3(10).
- Ter Steege, H. 2003. Long-term Changes in Tropical Tree Diversity: Studies from the Guiana Shield, Africa, Borneo, and Melanesia. Disponible en <http://www.tropenbos.org/index.php/en/publications/all-publications/publication?pid=613&region=104>
- Ter Steege, H; Pitman, NCA; Phillips, OL; Chave, J; Sabatier, D; Duque, A; Molino, JF; Prévost, MF; Spichiger, R; Castellanos, H. 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* 443(7110):444-447.
- Tuomisto, H; Ruokolainen, K; Yli-Halla, M. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299(5604):241.
- Urquhart, G; Chomentowski, W; Skoles, D; Barber, C. 1999. Tropical deforestation.8 p.
- Vallejo, M; Londoño, C; López, R; Galeano, G; Alvarez, E; Devia, W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia.310p.
- Van Kuijk, M; Putz, F; Zagt, R; International, T. 2009. Effects of forest certification on biodiversity.94 p. Disponible en <http://www.tropenbos.org/index.php/en/news/forestcertificationbiodiversity>
- Van Rheenen, H; BOOT, R; WERGER, M; ULLOA, M. 2004. Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in North Bolivia. *Forest Ecology and Management* 200(1-3):39-48.
- Vargas-Claros, M. 2004. Fortalezas y debilidades del manejo forestal tropical en Bolivia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 42:93 - 102.
- WCS (Wildlife Conservation Society, U; CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, G. 2011. Desarrollo de mapas de uso del suelo para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala.19 p.

## 13 RECOMENDACIONES GENERALES

- A través de este primer acercamiento y abordaje de la problemática de la identificación taxonómica de especies en los bosques de la ZUM, así como la consolidación de bases de datos, se espera que los actores involucrados en el manejo forestal dispongan de información centralizada, estandarizada, homogenizada y depurada, y que sirva como plataforma para la incorporación del conjunto de información que a través de otros tipos de muestreos se realizan en la ZUM.
- Si bien a través de la investigación se logró consolidar un listado de correspondencia entre nombres comunes y científicos, la alta incertidumbre con que cuenta este listado, hace indispensable su comprobación y validación en campo, que permita realizar los ajustes correspondientes y con ello resolver las limitaciones de identificación taxonómica presentes en la ZUM.
- La propuesta técnica para la consolidación de la red de PPM por tipos de bosques para la ZUM, se muestra como una opción con que cuentan los concesionarios para planificar sus acciones de monitoreo. Para lo cual también se recomienda ajustar y unificar protocolos de medición.
- La falta de representatividad de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) por tipos de bosques en la ZUM, limitó el análisis del impacto generado por el aprovechamiento. Razón por la cual se recomienda ampliar la representatividad de PPM por tipos de bosques.
- Es necesario realizar estudios que aporten y complementen información sobre los tipos de bosques identificados, la red de PPM propuesta y los efectos del aprovechamiento forestal en los bosques de la ZUM.

## **14 ANALISIS E IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN AL DESARROLLO**

Uno de los resultados de esta investigación es el de analizar las implicaciones que esta tiene en el desarrollo, si bien la reserva de la Biosfera Maya (RBM) fue creada con el fin de garantizar un manejo sostenible de los recursos naturales, llegar a esta sostenibilidad requiere una visión a largo plazo que a través de un manejo adaptativo garantice la provisión de bienes y servicios ecosistémicos generados por el bosque a las generaciones presentes y futuras.

La consolidación del modelo concesionario en la Zona de Usos Múltiples (ZUM) de la RBM, con el apoyo de instituciones gubernamentales, no gubernamentales, donaciones de distintas agencias de desarrollo y el papel de la certificación forestal, hacen de la ZUM un claro ejemplo de buen manejo y modelo a seguir, en bosques que históricamente venían de fuertes presiones por factores como la colonización y aprovechamiento irracional de recursos maderables y no maderables.

Bajo este contexto los resultados de la investigación representan un aporte importante para el proceso de ordenación y manejo de los bosques en el Petén, iniciado con el otorgamiento de la primera concesión forestal en la UMF San Miguel la Palotada en 1994 y años después con otras concesiones entre comunitarias e industriales. Un aspecto clave para garantizar un buen manejo es un mayor conocimiento de los recursos con que se cuenta, sin embargo en áreas espacialmente extensas, como el caso de la Zona de Usos Múltiples de la RBM (con más de medio millón hectáreas), esto representa un gran reto y en donde contar con poca información pero de alta calidad y confiabilidad es una prioridad.

Los aportes de la investigación al desarrollo se presentarán por cada una de las fases o etapas que constituyeron esta investigación, analizadas teniendo como referencia cada uno de los capitales de la comunidad.

### **➤ Gestión de información**

Esta etapa se destaca como aquella en donde se tuvo una mayor interacción con los actores relacionados al manejo de información en la ZUM, entre ellos los regentes de distintas concesiones forestales, organizaciones gubernamentales como CONAP y no gubernamentales como NPV y ACOFOP.

Las mayores implicaciones se dan en el capital físico, con la centralización de información con más de 15 años de antigüedad, mucha de la cual no pudo ser rescatada, sin embargo gran cantidad de esta se logro consolidar en dos bases de datos, que servirán como punto de partida en el proceso de consolidación de una plataforma de información para todos los actores de la ZUM, lo cual contribuirá de igual manera a la consolidación del capital social, con un mayor flujo e intercambio de información entre los distintos actores.

En cuanto al capital cultural la investigación hace un análisis de gran parte de la nomenclatura utilizada por los baquianos de la región para la identificación de especies de plantas, en este mismo sentido existe una necesidad urgente por capacitar nuevos baquianos, ya que no existe una generación de baquianos que continúe el legado del capital humano actualmente existente, siendo necesario y como aporte al capital natural, la consolidación de un estudio etnobotánico de las especies de plantas del bosque útiles para la comunidad.

➤ **Identificación y caracterización de tipos de bosques**

La identificación y caracterización de tipos de bosques como resultado de los análisis de la información recopilada, genera nuevos conocimientos del capital natural existente en la ZUM, lo cual influye en gran manera en el capital cultural, en cuanto a la percepción que se tiene del bosque.

Por otra parte, uno de los fundamentos del Manejo Forestal Sostenible (MFS) es el manejo adaptativo, por tanto obtener nuevos conocimientos del capital natural implica un ajuste en las técnicas y acciones de manejo a través del fortalecimiento del capital humano de instituciones como el CONAP, concesionarios y ONG's relacionadas al sector forestal en el Petén.

➤ **Evaluación e impacto del manejo forestal**

La falta de un manejo riguroso de la información limita los resultados obtenidos a través de esta investigación, siendo necesario tomar medidas eficaces que permitan fortalecer el capital social con el fin de tener una mayor coordinación entre concesiones, el CONAP y las ONG's. Este proceso debe venir acompañado de un

mejoramiento en las capacidades de estos actores. Contar con fundamentos técnicos confiables va a permitir tener mayores argumentos para la toma de decisiones.

➤ **Diseño de la red de PPM de la ZUM**

Con la adopción de una red de PPM en la ZUM, se espera un mayor grado de interacción entre actores, de manera que se fortalezca el capital social. Un aspecto fundamental con la consolidación del trabajo en red será un manejo más eficiente de los recursos económicos dedicados al monitoreo.

Finalmente y para el fortalecimiento del capital político, el CONAP como autoridad de la zona, deberá rediseñar sus políticas de gestión y manejo de la información, que contribuya a la consolidación de la plataforma de información para la ZUM.

A manera de conclusión la investigación aspira a corto plazo contribuir a una mayor consolidación del capital social, un trabajo más colaborativo entre los diversos actores vinculados al manejo forestal y específicamente al monitoreo a través de la red de PPM de la ZUM, el cual permitirá fortalecer otros capitales como el humano, físico y financiero.

## **15 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LOS RESULTADOS PARA LA FORMACIÓN DE POLÍTICAS**

Consolidar el modelo concesionario en la zona de aprovechamiento forestal permanente más grande de Guatemala, representa un gran reto para los diversos actores vinculados al manejo forestal en la ZUM de la RBM. Muchas de las concesiones otorgadas desde el inicio del proceso actualmente no se encuentran vigentes y otras se encuentran advertidas, lo cual deja ver que el modelo no es estático, por el contrario las nuevas tendencias en torno al manejo de los bosques hacen necesario un ajuste en las políticas a distintas escalas.

A escala local y relacionado al tema de monitoreo a través de PPM, se hace imperante generar políticas que generen una mayor articulación entre actores, si bien en la actualidad existen espacios de interacción en donde estos confluyen, es necesario afianzar aspectos como la plataforma de información de la ZUM, que liderada por el CONAP, promueva la centralización de información, el uso compartido de información, mayor rigurosidad en las acciones de monitoreo, protocolos de investigación estandarizados, entre otros aspectos.

Los bosques de la RBM, hacen parte de lo que se denomina la Selva Maya, que comprende una serie de áreas protegidas de México, Belice y Guatemala, establecidas en territorios que hicieron parte del imperio Maya. Como parte de esta estrategia regional, la interacción entre actores también debe darse a este nivel, de manera que se generen espacios de cooperación e intercambio de información que permita retroalimentar las acciones de manejo y monitoreo.

A nivel nacional iniciativas como REDD+, convenios como CITES y Diversidad Biológica, hacen necesario un mayor conocimiento de las áreas bajo aprovechamiento forestal, por lo tanto políticas a este nivel deben procurar una mejor calidad y confiabilidad en la información que se genere en estas zonas. También se espera que la propuesta de red de PPM realizada a través de esta investigación pueda ser replicada en otras áreas bajo aprovechamiento forestal a nivel nacional o regional, en donde en la actualidad no existen criterios técnicos para el monitoreo de los bosques.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Agenda, listado de participantes e imágenes del taller realizado con baquianos para la definición de sinonimia de nombres comunes.



## Encuentro con conocedores de especies forestales de la Zona de Usos Múltiples (ZUM) de la Reserva de la Biosfera Maya

San Andrés, Petén, julio 4 de 2011

### Objetivos:

- Destacar la importancia de los nombres comunes en la ejecución de inventarios forestales y la medición de parcelas permanentes de monitoreo (PPM)
- Unificar criterios entre conocedores de especies forestales en cuanto a sinonimia de nombres comunes que permitan la depuración de bases de datos de inventarios forestales y PPM.
- Identificar la problemática existente en la definición de nombres comunes o vernáculos de especies forestales en la ZUM.

### Agenda propuesta

| Horario       | Tema   |
|---------------|--|
| 08:00 – 08:15 | Bienvenida y agenda  |
| 08:15 – 08:30 | Objetivos y Metodología del taller   |
| 08:30 – 09:00 | Investigación “Diseño de la Red de Parcelas Permanentes para la Zona de Usos Múltiples de la RBM”                                |
| 08:45 – 09:30 | Importancia de los nombres comunes de especies forestales en la ejecución de inventarios forestales y medición de PPM en la RBM. |
| 09:30 – 10:30 | Resultados de entrevistas realizadas a conocedores de plantas de la ZUM.   |
| 10:30 – 10:45 | Refrigerio   |
| 10:45 – 12:00 | Discusión  |
| 12:00 a 12:45 | Entrevistas  |
| 12:45 – 1:15  | Almuerzo   |

## Continuación Anexo 1.

### Participantes

1. Glendy Gallardo Castellanos Técnico Forestal Proyecto ZUM, CONAP Petén.
2. Jorge Nery Vásquez López Baquiano
3. Maquir Manzanero Baquiano
4. Hedy Josué Godínez Pulido Consultor CATIE-Finnfor
5. Filadelfo Chablé Técnico Comunitario Cruce a la Colorada
6. Manuel Caal pantí Baquiano
7. Ramón Chatá Baquiano
8. Marcos Tesucum Baquiano
9. Brígido Marcial Chablé Baquiano
10. Carmen Pantí Baquiano
11. Gustavo Rodríguez Ortíz Regente Forestal AFISAP.
12. Milton Eduardo Centurión García Presidente y Representante Legal AFISAP.



Anexo 2. Listado de nombres comunes (con código de especie) presentes en bases de datos de la ZUM de la RBM.

| Nombre común     | Código especie | Nombre común        | Código especie | Nombre común         | Código especie |
|------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|
| abalo            | BUMEOB         | bojon negro         | CORDAL         | capulin silvestre    | TREMMI         |
| abalo blanco     | BUMEOB         | bolunche            | SWARCU         | caquenino            | POUT01         |
| abalo colorado   | BUMEOB         | botan               | SABA01         | carbon               | DIOSDI         |
| abalo espinudo   | BUMEOB         | bucut               | CASSGR         | carboncillo          | TRICMO         |
| aceituno         | SIMAGL         | bucute              | CASSGR         | carcomo              | DESC05         |
| aceituno chino   | DESC99         | buluche             | SWARCU         | carreto              | DESC44         |
| aceituno macho   | DESC99         | cabeza de mico      | LICAPL         | cascarillo           | CROTGL         |
| aceituno peludo  | HIRTAM         | cacho de vaca       | DESC99         | casario              | CROTGL         |
| achiotillo       | DESC01         | cacho de venado     | DESC03         | cascat               | LUEHSP         |
| achotillo        | DESC01         | cafe de monte       | CASENI         | cat                  | PARMAC         |
| acti             | DESC99         | cafe silvestre      | CASENI         | catalox              | SWARCU         |
| agua oxigenada   | DESC99         | cafecillo           | DESC99         | cate                 | PARMAC         |
| aguacatillo      | LAUR01         | cahulote            | GUAZUL         | catzin               | DESC06         |
| amapola          | PSEUEL         | caimito             | CHRYME         | catzin blanco        | DESC06         |
| amate            | FICU01         | calahuac            | DESC99         | cedrillo             | MELI01         |
| anona            | ANNO02         | campac              | HAMPEU         | cedrillo colorado    | MELI01         |
| anona de montana | ANNOSC         | canamito            | ASPIME         | cedrillo hoja ancha  | MELI01         |
| anona de monte   | ANNOSC         | canamo              | ASPIME         | cedrillo hoja fina   | MELI01         |
| anonillo         | ANNO01         | canchan             | TERMAM         | cedrillo hoja grande | MELI01         |
| aquits           | DESC36         | canchunuc           | SEBAAD         | cedro                | CEDROD         |
| aquitz           | DESC36         | canchunup           | SEBAAD         | ceiba                | CEIBPE         |
| avalo            | BUMEOB         | candelaria          | DESC37         | ceibillo             | DESC38         |
| balsamo          | MYROBA         | candelero           | DESC04         | cericote             | CORDDO         |
| baltecox         | DESC99         | canelillo           | DESC99         | chacahuante          | SICKSA         |
| banak            | DESC99         | caniste             | POUTCA         | chacaj               | BURSSI         |
| baquelac         | LAETTH         | caniste/zapotillo h | POUT02         | chacaj blanco        | BURSSI         |
| baquelac jaba    | DESC99         | canmidol            | DESC99         | chacaj colorado      | BURSSI         |
| baqueman         | DESC02         | canshan             | TERMAM         | chacaj negro         | DESC99         |
| bejuco kibish    | DESC99         | cante               | GLIRSE         | chacala              | DESC99         |
| bejuco sangre    | DESC99         | canxan              | TERMAM         | chacsic              | JACQAU         |
| bitz             | INGA01         | caoba               | SWIEMA         | chacte               | SWEEPA         |
| bitze            | INGA01         | caobillo            | DENDAR         | chaczic              | JACQAU         |
| boca de nino     | LAETTH         | capulin             | DESC99         | chaltecoc            | TRICMI         |
| bojon            | CORDAL         | capulin cimarron    | DESC99         | chaltecoco           | TRICMI         |
| bojon blanco     | DESC99         | capulin de montana  | XYLOFR         | chaperno             | LONCGU         |

Continuación Anexo 2.

| Nombre común     | Código especie | Nombre común        | Código especie | Nombre común       | Código especie |
|------------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|
| chaya de monte   | DESC99         | cocche              | CROTGL         | cuero de sapo      | PETRVO         |
| chechen blanco   | SEBALO         | coculiz             | DESC99         | cuerpoespin        | DESC24         |
| chechen negro    | METOBR         | cohete              | DESC99         | cuezemani          | DESC99         |
| chi              | BYRSCR         | cojche              | CROTGL         | cunuc              | CLUS01         |
| chichicaste      | POULAR         | cojon               | STEMDO         | curtidor           | PITH01         |
| chichipate       | SWEEPA         | cojon de caballo    | STEMDO         | cushin             | INGASP         |
| chichique        | ASPIME         | cojon negro         | DESC99         | danto              | VATALU         |
| chico zapote     | MANIZA         | cola de ardilla     | SWARCU         | desconocido        | DESCON         |
| chijoy           | DESC07         | cola de coche       | PITHAR         | durazno de monte   | TALIFL         |
| chikoj           | DESC99         | cola de pava        | DESC40         | duruche            | DESC99         |
| chilamate        | DESC39         | coloba              | DESC99         | ek tic             | DESC11         |
| chile amate      | DESC39         | coloc               | TALIFL         | encino             | DESC99         |
| chile chachalaca | ALLOCO         | colok               | TALIFL         | equiche            | SEBALO         |
| chile chichalaca | ALLOCO         | coloque             | TALIFL         | escobo negro       | DESC08         |
| chile malache    | DESC08         | colorin             | ORMOTO         | espinillo          | DESC99         |
| chilimis         | DESC09         | compac              | HAMPEU         | flamboyan          | DESC99         |
| chilonche        | EUGECA         | conacaste           | ENTEKY         | flor de chombo     | PLUMOB         |
| chimon           | FICU01         | conop               | DESC37         | flor de matrimonio | DESC99         |
| chintoc          | KRUGFE         | copal               | PROTCO         | flor de mayo       | PLUMOB         |
| chintoc blanco   | WIMMBA         | copal blanco        | DESC99         | frente de toro     | COUSOL         |
| chintoc colorado | DESC99         | copal colorado      | TRICMO         | frijolillo         | DESC12         |
| chintoc negro    | KRUGFE         | copalchi            | PROTCO         | fruta de chacha    | ALLOCO         |
| chique           | TERNTE         | copo                | COUSOL         | frutillo           | DESC10         |
| chocmi           | DESC99         | copo aguacatillo    | COUSOL         | gambo              | DESC99         |
| chofle           | CURAAM         | copo amate          | COUSOL         | gesmo              | LYSI01         |
| chonte           | TRICMO         | copo chocolatillo   | COUSOL         | gesmo espinudo     | DESC24         |
| chucum           | PITH01         | copo frente de toro | COUSOL         | gramoxone          | DESC99         |
| chulte           | PSEUEL         | copo hoja ancha     | COUSOL         | granadillo         | PLATDI         |
| chunuc           | CLUS01         | copo hoja fina      | COUSOL         | guacamayo          | DESC99         |
| chununte         | NECT01         | copo matapalo       | COUSOL         | guachapin          | DESC41         |
| chunup           | CLUS01         | cordoncillo         | PIPE01         | guaciban           | PITHLE         |
| chunup matapalo  | CLUS01         | corozo              | AREC01         | guacimo            | GUAZUL         |
| ciricote         | CORDDO         | cortes              | TABEGU         | guaco              | DESC61         |
| cirin            | MELA01         | costilla de danto   | ACALDI         | guactot            | DESC99         |
| clavito          | HAMEPA         | cuajilote           | PARMAC         | guano              | SABA01         |

Continuación Anexo 2.

| Nombre común     | Código especie | Nombre común        | Código especie | Nombre común      | Código especie |
|------------------|----------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------|
| guapaque         | DIALGU         | jaboncillo de monte | SAPISA         | maculiz           | TABERO         |
| guapinol         | HMECO          | jaquina             | JACQAU         | madre cacao       | GLIRSE         |
| guarumo          | CECR01         | jesmo               | LYSI01         | majagua           | COCHVI         |
| guaya            | TALIOL         | jicama              | DESC99         | majagua blanca    | DESC99         |
| guaya blanca     | MATAOP         | jicara              | CRECCU         | malerio           | ASPIME         |
| guaya de monte   | MATAOP         | jicarillo           | REHDPE         | malerio blanco    | ASPIST         |
| guayabillo       | DESC13         | jobillo             | ASTRGR         | malerio colorado  | ASPIME         |
| guiro            | CRECCU         | jobo                | SPONMO         | manaca            | AREC02         |
| hippo            | DESC99         | jocote de montana   | SPONMO         | manax             | PSEU01         |
| hoja de queso    | MICOIM         | jocote de monte     | SPONMO         | manchiche         | LONCCA         |
| hoja fina        | DESC99         | jocote fraile       | ASTRGR         | manchiche de bajo | DESC15         |
| hormigo          | PLATDI         | jocote mico         | SPONMO         | manchiche negro   | DESC99         |
| hormiguillo      | PLATDI         | jolol               | COCHVI         | manguillo         | DESC25         |
| huacate          | PACHAQ         | jolte               | MICOAR         | mano de leon      | DENDAR         |
| huele de noche   | CESTRA         | juju                | SPONMO         | manzanillo        | DESC16         |
| huevo de caballo | STEMDO         | julub               | DESC14         | marillo           | CALOBR         |
| huevo de chucho  | DESC99         | kibish              | DESC99         | masgualli         | DESC99         |
| huevo de gato    | DESC99         | labios de nina      | LAETTH         | masico            | BROSAL         |
| huevo de rata    | VITEGA         | lagarto             | ZANTPR         | matapalo          | DESC62         |
| huevo de raton   | VITEGA         | lagarto naranjillo  | ZANTEL         | matasano          | DESC17         |
| huevo de toro    | STEMDO         | lagarto negro       | ZANTPR         | matiliguaste      | TABERO         |
| hule             | CASTEL         | laurel              | CORDAL         | maxtot            | BLOMPR         |
| indio desnudo    | BURSSI         | laurel aguacatillo  | CORDAL         | mecate            | DESC99         |
| inga             | DESC99         | laurel blanco       | CORDAL         | medallo           | VATALU         |
| iquiche          | SEBALO         | laurel negro        | CORDGE         | mierda de zope    | GUATAN         |
| irziloma         | DESC99         | llama del bosque    | DESC37         | molinillo         | QUARFU         |
| ixcaguay         | CESTRA         | llora sangre        | SWARCU         | mora              | CHLOTI         |
| ixchuul          | DESC42         | lokche              | DESC43         | morro             | CRECCU         |
| ixtucuy          | PITHPA         | lotoche             | CURAAM         | mulacte           | DESC25         |
| izote            | DRACAM         | luin                | AMPEHO         | nabaj             | MYROBA         |
| izote de montana | DRACAM         | luin de hule        | DESC99         | nance             | BYRSCR         |
| izote de monte   | DRACAM         | luin hembra         | AMPEHO         | nance agrio       | BYRSBU         |
| jabin            | PISCPI         | luin macho          | DRYPBR         | nance silvestre   | DESC18         |
| jabon de monte   | SAPISA         | macstot             | BLOMPR         | naranjillo        | ZANTEL         |
| jaboncillo       | SAPISA         | mactot              | BLOMPR         | naranjito         | ZANTEL         |

Continuación Anexo 2.

| Nombre común   | Código especie | Nombre común          | Código especie | Nombre común     | Código especie |
|----------------|----------------|-----------------------|----------------|------------------|----------------|
| naranja        | TERMAM         | palo de gusano        | LONCGU         | pataxte          | LUEHSP         |
| nava           | MYROBA         | palo de hueso         | DESC47         | paterna          | INGA01         |
| navacuc        | PIMEDI         | palo de hule          | CASTEL         | peine de mico    | DESC99         |
| navaj          | MYROBA         | palo de jote          | BURSSI         | pellejo de sapo  | PETRVO         |
| negrito        | SIMAGL         | palo de lagarto       | ZANTPR         | perico           | DESC99         |
| numero uno     | GUETCO         | palo de mora          | CHLOTI         | pij              | GYMNLU         |
| obel           | DESC99         | palo de pan           | DESC99         | pimienta         | PIMEDI         |
| ocbat          | DESC19         | palo de queso         | DESC60         | pimienta gorda   | PIMEDI         |
| ocbat espin    | DESC24         | palo de quina         | RUBI01         | pimientillo      | DESC26         |
| ocbat espinudo | DESC24         | palo de sangre        | ACALDI         | pinon            | JATRCU         |
| ocmal          | DESC44         | palo de sierra        | DESC48         | pinon de montana | JATRCU         |
| okchuul        | DESC42         | palo de sope          | GUATAN         | pinon de monte   | JATRCU         |
| otbat          | DESC19         | palo de tinto         | HAEMCA         | pinon silvestre  | DESC99         |
| otmal          | ALSEYU         | palo de vaca          | DESC99         | pisoch           | GUAZUL         |
| overo          | ORMOTO         | palo de vicks         | DESC49         | pita blanca      | DESC99         |
| oxuul          | DESC42         | palo de zope          | GUATAN         | pito             | ERYT01         |
| pacay          | HMECO          | palo espinudo         | DESC24         | pito broton      | ERYT01         |
| palencana      | HAMPEU         | palo guacamayo        | DESC99         | pito de agua     | ERYT01         |
| palma real     | DESC45         | palo ron ron          | ASTRGR         | pito rojo        | ERYT01         |
| palma ternera  | DESC46         | palo son              | ALSEYU         | pixoy            | GUAZUL         |
| palo batidor   | QUARFU         | palo zorro            | DESC50         | plumajillo       | DESC50         |
| palo blanco    | TABEDO         | pan caliente          | DESC99         | pochote          | CEIBPE         |
| palo brujo     | ORMOTO         | papaturrito           | BLOMPR         | pom              | PROTCO         |
| palo cortez    | TABEGU         | papaturro             | COCCSC         | popoxte          | GUETCO         |
| palo curtidor  | LYSIBA         | papaturro blanco      | COCCSC         | popsiquil        | DESC27         |
| palo de agua   | DESC20         | papaturro hoja ancha  | COCCSC         | pozol            | CURAAM         |
| palo de bajo   | DESC21         | papaturro hoja grande | COCCSC         | pucsiquil        | DESC27         |
| palo de balsa  | DESC99         | papelillo             | ALSEYU         | pucsiquil blanco | DESC27         |
| palo de carbon | TRICMO         | parapichon            | DESC99         | pucte            | BUCIBU         |
| palo de chombo | PLUMOB         | pasak                 | SIMAGL         | puntero          | SICKSA         |
| palo de clavo  | DESC22         | pasaque hembra        | SIMAGL         | pupiste          | ALSEYU         |
| palo de coche  | DESC23         | pasaque macho         | MOSQJA         | quebracho        | KRUGFE         |
| palo de danto  | VATALU         | pata de cabra         | DESC99         | quiche           | SEBALO         |
| palo de diente | PETRVO         | pata de vaca          | BAUH01         | quiczain         | DESC28         |
| palo de gas    | AMYRSY         | pata de venado        | CALLME         | quebra hacha     | KRUGFE         |

Continuación Anexo 2.

| Nombre común          | Código especie | Nombre común      | Código especie | Nombre común    | Código especie |
|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------|
| quina                 | RUBI01         | sirin             | MELA01         | tempisque       | MASTCA         |
| quisainche            | DESC28         | six               | DESC53         | tepemajuche     | DESC99         |
| quitan mo             | DESC23         | sococh            | LICAPL         | tepenance       | DESC99         |
| quixain               | DESC28         | socotz            | LICAPL         | ternera         | DESC46         |
| quixainche            | DESC28         | sombra de chivo   | CORDAL         | ternera cambo   | DESC46         |
| raja bien             | DESC99         | sombra de ternera | CORDBI         | testap          | GUETCO         |
| ramon                 | MORA01         | son               | ALSEYU         | tijerillo       | DESC56         |
| ramon blanco          | BROSAL         | soquete           | HYMECO         | tinco           | VATALU         |
| ramon colorado        | TROPRA         | sosni             | OCOTLU         | tinta blanca    | PITHLE         |
| ramon oreja de mico   | BROSAL         | sosni aguacatillo | OCOTLU         | tinta roja      | DESC57         |
| roble                 | TERNTE         | sosni blanco      | OCOTLU         | tinto           | HAEMCA         |
| roble blanco          | DESC29         | sosni hoja fina   | OCOTLU         | tinto blanco    | PITHLE         |
| roble negro           | DESC99         | sub               | DENDAR         | tinto colorado  | DESC58         |
| roble petenero        | DESC30         | subin             | ACAC01         | tongo           | DESC34         |
| roblillo negro        | DESC99         | subin blanco      | ACACSP         | toxob           | CAESVE         |
| sabacche              | EXOS02         | subin colorado    | ACACCO         | toxoc           | CAESVE         |
| sabajche              | EXOS01         | subul             | MASTCA         | tronador        | DESC63         |
| sacalante             | LAUR01         | sufricay          | ROLLMI         | tsitsiya        | POUT01         |
| sacalante aguacatillo | LAUR01         | suj               | DESC54         | tucuy           | PITHPA         |
| sacpaj                | BYRSBU         | sununte           | NECT01         | tzalam          | LYSIBA         |
| sacuayum              | MATAOP         | sunza             | LICAPL         | tzol            | BLOMPR         |
| sacuche               | REHDPE         | sunza macho       | DESC33         | tzolche         | BLOMPR         |
| sacurruch             | DESC99         | sup               | DENDAR         | tzunzula        | DESC99         |
| sajab                 | CURAAM         | susul             | DIPHCA         | tzutzul         | DIPHCA         |
| saltemuche            | SICKSA         | tabaquillo        | ALSEYU         | uatop           | INGAED         |
| san juan              | VOCHHO         | taj blanco        | DESC99         | ujuchte         | BROSAL         |
| sandiita              | LAETTH         | taj negro         | DESC55         | vaca            | DESC99         |
| santa maria           | CALOBR         | tama-hay          | ZUELGU         | varillo         | CALOBR         |
| sapamucho             | CROTGL         | tamarindillo      | DIALGU         | vayo            | ASPIST         |
| sapuyul               | DESC31         | tamarindo         | DIALGU         | violeta serrana | CASENI         |
| sarso                 | DESC51         | tango             | DESC34         | xilil           | ARDIPA         |
| sastante              | DESC32         | tapaculo          | GUAZUL         | xira            | DESC52         |
| silillon              | POUTAM         | tarda             | DESC34         | yacti           | GYMNLU         |
| silion                | POUTAM         | tauche            | DIOSDI         | yaiti           | GYMNLU         |
| siquiya               | CHRYME         | tecomasuche       | COCHVI         | yaje            | DESC99         |

*Continuación Anexo 2.*

| Nombre común          | Código especie |
|-----------------------|----------------|
| yajochoch             | OCOTLU         |
| yax ox                | TROPRA         |
| yaxmogen              | LONCGU         |
| yaxnik                | VITEGA         |
| yaxochoc              | OCOTLU         |
| yaxox                 | TROPRA         |
| yaxoxoc               | OCOTLU         |
| yaya                  | ROLLMI         |
| yaya de monte         | ROLLMI         |
| yema de huevo         | DESC59         |
| zacuayum              | MATAOP         |
| zacuche               | REHDPE         |
| zapote                | POUTSA         |
| zapote bobo           | PACHAQ         |
| zapote de montana     | POUTSA         |
| zapote mamey          | POUTSA         |
| zapote mico           | DESC35         |
| zapote oreja de mico  | DESC35         |
| zapotillo             | POUT01         |
| zapotillo hoja ancha  | POUT01         |
| zapotillo hoja fina   | POUT01         |
| zapotillo hoja grande | POUT01         |
| zapoton               | PACHAQ         |
| zapuyul               | DESC31         |
| zic                   | CAPPCY         |
| zuzul                 | DIPHCA         |

Anexo 3. Lista de especies presentes en inventarios forestales y parcelas permanentes de monitoreo en concesiones forestales de la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya.

| Nº | Código de Especie | Grupo Comercial | Género       | Especie         | Autoridad            | Familia        |
|----|-------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 1  | ACAC01            | SINVAL          | Acacia       |                 | Mill.                | FABACEAE       |
| 2  | ACACCO            | SINVAL          | Acacia       | costaricensis   | Schenck              | FABACEAE       |
| 3  | ACACSP            | SINVAL          | Acacia       | spadicigera     | Schlecht. & Cham.    | FABACEAE       |
| 4  | ACALDI            | SINVAL          | Acalypha     | diversifolia    | Jacq.                | EUPHORBIACEAE  |
| 5  | ALLOCO            | SINVAL          | Allophylus   | cominia         | (L.) Sw.             | SAPINDACEAE    |
| 6  | ALSEYU            | SINVAL          | Alseis       | yucatanensis    | Standl.              | RUBIACEAE      |
| 7  | AMPEHO            | POTCOM          | Ampelocera   | hottlei         | (Standl.) Standl.    | ULMACEAE       |
| 8  | AMYRSY            | SINVAL          | Amyris       | silvatica       | Jacq.                | RUTACEAE       |
| 9  | ANNO01            | SINVAL          | Annona       |                 | L.                   | ANNONACEAE     |
| 10 | ANNO02            | SINVAL          | Annona       |                 | L.                   | ANNONACEAE     |
| 11 | ANNOSC            | SINVAL          | Annona       | scleroderma     | Saff.                | ANNONACEAE     |
| 12 | ARDIPA            | SINVAL          | Ardisia      | paschalis       | Donn. Sm.            | MYRSINACEAE    |
| 13 | AREC01            | PALMA           |              |                 | Bercht. & J. Presl   | ARECACEAE      |
| 14 | ASPIME            | ACTCOM          | Aspidosperma | Megalocarpon    | Müll. Arg.           | APOCYNACEAE    |
| 15 | ASPIST            | ACTCOM          | Aspidosperma | stegomeris      | (Woodson)<br>Woodson | APOCYNACEAE    |
| 16 | ASTRGR            | ACTCOM          | Astronium    | graveolens      | Jacq.                | ANACARDIACEAE  |
| 17 | BAUH01            | SINVAL          | Bauhinia     |                 | L.                   | FABACEAE       |
| 18 | BLOMPR            | SINVAL          | Blomia       | prisca          | (Standl.) Lundell    | SAPINDACEAE    |
| 19 | BROSAL            | POTCOM          | Brosimum     | alicastrum      | Sw.                  | MORACEAE       |
| 20 | BUCIBU            | POTCOM          | Bucida       | buceras         | L.                   | COMBRETACEAE   |
| 21 | BUMEOB            | SINVAL          | Bumelia      | obtusifolia     | R. & S.              | SAPOTACEAE     |
| 22 | BURSSI            | ACTCOM          | Bursera      | simaruba        | (L.) Sarg.           | BURSERACEAE    |
| 23 | BYRSBU            | SINVAL          | Byrsonima    | bucidaefolia    | Standl.              | MALPIGHIACEAE  |
| 24 | BYRSCR            | SINVAL          | Byrsonima    | crassifolia     | (L.) Kunth           | MALPHIGIACEAE  |
| 25 | CAESVE            | SINVAL          | Caesalpinia  | vesicaria       | L.                   | FABACEAE       |
| 26 | CALLME            | SINVAL          | Calliandra   | mexicana        | Brandege             | FABACEAE       |
| 27 | CALOBR            | ACTCOM          | Calophyllum  | brasiliense     | Cambess.             | CLUSIACEAE     |
| 28 | CAPPCY            | SINVAL          | Capparis     | cynophallophora | L.                   | CAPPARACEAE    |
| 29 | CASENI            | SINVAL          | Casearia     | nitida          | (L.) Jacq.           | FLACOURTIACEAE |
| 30 | CASSGR            | SINVAL          | Cassia       | grandis         | L. f.                | FABACEAE       |
| 31 | CASTEL            | SINVAL          | Castilla     | elastica        | Cerv.                | MORACEAE       |
| 32 | CECR01            | SINVAL          | Cecropia     |                 | Loefl.               | URTICACEAE     |
| 33 | CEDROD            | AAACOM          | Cedrela      | odorata         | L.                   | MELIACEAE      |
| 34 | CEIBPE            | PROTEC          | Ceiba        | pentandra       | (L.) Gaertn.         | BOMBACACEAE    |
| 35 | CESTRA            | SINVAL          | Cestrum      | racemosum       | Ruiz & Pav.          | SOLANACEAE     |

Continuación Anexo 3.

| Nº | Código de Especie | Grupo Comercial | Género        | Especie        | Autoridad                         | Familia          |
|----|-------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------------------------|------------------|
| 36 | CHLOTI            | POTCOM          | Chlorophora   | tinctoria      | (L.) Gaudich. ex Benth. & Hook.f. | MORACEAE         |
| 37 | CHRYME            | SINVAL          | Chrysophyllum | mexicanum      | Brandegees ex Standl.             | SAPOTACEAE       |
| 38 | CLUS01            | SINVAL          | Clusia        |                | L.                                | CLUSIACEAE       |
| 39 | COCCSC            | SINVAL          | Coccoloba     | Schiedeana     | Lindau.                           | POLYGONACEAE     |
| 40 | COCHVI            | SINVAL          | Cochlospermum | vitifolium     | (Willd.) Spreng.                  | COCHLOSPERMACEAE |
| 41 | CORDAL            | POTCOM          | Cordia        | alliodora      | (Ruiz & Pav) Oken.                | BORAGINACEAE     |
| 42 | CORDDO            | ACTCOM          | Cordia        | dodecandra     | DC.                               | BORAGINACEAE     |
| 43 | CORDGE            | SINVAL          | Cordia        | gerascanthus   | L.                                | BORAGINACEAE     |
| 44 | COUSOL            | SINVAL          | Coussapoa     | oligocephala   | Donn. Sm.                         | URTICACEAE       |
| 45 | CRECCU            | SINVAL          | Crescentia    | cujete         | L.                                | BIGNONIACEAE     |
| 46 | CROTGL            | SINVAL          | Croton        | glabellus      | L.                                | EUPHORBIACEAE    |
| 47 | CURAAM            | SINVAL          | Curatella     | americana      | L.                                | DILLENIACEAE     |
| 48 | DENDAR            | ACTCOM          | Dendropanax   | arboreus       | (L.) Decne. & Planch.             | ARALIACEAE       |
| 49 | DIALGU            | POTCOM          | Dialium       | guianense      | (Aubl.) Sandw.                    | FABACEAE         |
| 50 | DIOSDI            | SINVAL          | Diospyros     | digyna         | Jacq.                             | EBENACEAE        |
| 51 | DIPHCA            | SINVAL          | Diphysa       | carthagenensis | Jacq.                             | FABACEAE         |
| 52 | DRACAM            | SINVAL          | Dracaena      | americana      | Donn. Sm.                         | DRACAENACEAE     |
| 53 | DRYPBR            | POTCOM          | Drypetes      | brownii        | Standl.                           | EUPHORBIACEAE    |
| 54 | ENTEKY            | SINVAL          | Enterolobium  | cyclocarpum    | (Jacq.) Griseb.                   | FABACEAE         |
| 55 | ERYT01            | SINVAL          | Erythrina     |                | L.                                | FABACEAE         |
| 56 | EUGECA            | SINVAL          | Eugenia       | capuli         | (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.   | MYRTACEAE        |
| 57 | EXOS01            | SINVAL          | Exostema      |                | (Pers.) Bonpl.                    | RUBIACEAE        |
| 58 | FICU01            | POTCOM          | Ficus         |                | L.                                | MORACEAE         |
| 59 | GLIRSE            | SINVAL          | Gliricidia    | sepium         | (Jacq.) Kunth                     | FABACEAE         |
| 60 | GUATAN            | SINVAL          | Guatteria     | anomala        | R.E. Fr.                          | EUPHORBIACEAE    |
| 61 | GUAZUL            | SINVAL          | Guazuma       | ulmifolia      | Lamp.                             | STERCULIACEAE    |
| 62 | GUETCO            | SINVAL          | Guettarda     | combsii        | Urb.                              | RUBIACEAE        |
| 63 | GYMNLU            | POTCOM          | Gymnanthes    | lucida         | Sw.                               | EUPHORBIACEAE    |
| 64 | HAEMCA            | SINVAL          | Haematoxylum  | campechianum   | L.                                | FABACEAE         |

Continuación Anexo 3.

| Nº | Código de Especie | Grupo Comercial | Género          | Especie       | Autoridad                | Familia          |
|----|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------------------|------------------|
| 65 | HAMEPA            | SINVAL          | Hamelia         | patens        | Jacq.                    | RUBIACEAE        |
| 66 | HAMPEU            | SINVAL          | Hampea          | euryphylla    | Standl.                  | MALVACEAE        |
| 67 | HIRTAM            | SINVAL          | Hirtella        | americana     | L.                       | CHRYSOBALANACEAE |
| 68 | HYMECO            | POTCOM          | Hymenaea        | courbaril     | L.                       | FABACEAE         |
| 69 | INGA01            | SINVAL          | Inga            |               | Mill.                    | FABACEAE         |
| 70 | INGAED            | SINVAL          | Inga            | edulis        | Mart.                    | FABACEAE         |
| 71 | INGASP            | SINVAL          | Inga            | spuria        | Humb. & Bonpl. Ex Willd. | FABACEAE         |
| 72 | JACQAU            | SINVAL          | Jacquinia       | aurantiaca    | W.T. Aiton               | THEOPHRASTACEAE  |
| 73 | JATRCU            | SINVAL          | Jatropha        | curcas        | L.                       | EUPHORBIACEAE    |
| 74 | KRUGFE            | SINVAL          | Krugiodendron   | ferreum       | (Vahl) Urb.              | RHAMNACEAE       |
| 75 | LAETHH            | SINVAL          | Laetia          | thamnia       | L.                       | FLACOURTIACEAE   |
| 76 | LAUR01            | SINVAL          |                 |               | Juss.                    | LAURACEAE        |
| 77 | LICAPL            | ACTCOM          | Licania         | platypus      | (Hemsl.) Fritsch.        | CHRYSOBALANACEAE |
| 78 | LONCCA            | ACTCOM          | Lonchocarpus    | castilloi     | Standl.                  | FABACEAE         |
| 79 | LONCGU            | SINVAL          | Lonchocarpus    | guatemalensis | Benth.                   | FABACEAE         |
| 80 | LUEHSP            | SINVAL          | Luehea          | speciosa      | Willd.                   | TILIACEAE        |
| 81 | LYSI01            | POTCOM          | Lysiloma        |               | Benth.                   | FABACEAE         |
| 82 | LYSI01            | POTCOM          | Lysiloma        |               | Benth.                   | FABACEAE         |
| 83 | LYSIBA            | POTCOM          | Lysiloma        | bahamense     | Benth.                   | FABACEAE         |
| 84 | MANIZA            | PROTEC          | Manilkara       | zapota        | (L.) P. Royen            | SAPOTACEAE       |
| 85 | MASTCA            | POTCOM          | Mastichodendron | capiri        | (A. DC.) Cronquist       | SAPOTACEAE       |
| 86 | MATAOP            | POTCOM          | Matayba         | oppositifolia | (A. Rich.) Britton       | SAPINDACEAE      |
| 87 | MELA01            | SINVAL          |                 |               | Juss.                    | MELASTOMATAACEAE |
| 88 | MELI01            | POTCOM          |                 |               | Juss.                    | MELIACEAE        |
| 89 | METOBR            | ACTCOM          | Metopium        | brownei       | (Jacq.) Urban.           | ANACARDIACEAE    |
| 90 | MICOIM            | SINVAL          | Miconia         | impetiolearis | (Sw.) D. Don ex DC.      | MELASTOMATAACEAE |
| 91 | MORA01            | POTCOM          |                 |               | Gaudich                  | MORACEAE         |
| 92 | MOSQJA            | SINVAL          | Mosquitoxylum   | jamaicense    | Krug. & Urb.             | ANACARDIACEAE    |
| 93 | MYROBA            | ACTCOM          | Myroxylon       | balsamum      | (L.) Harms               | FABACEAE         |
| 94 | NECT01            | SINVAL          | Nectandra       |               | Rol. ex Rottb.           | LAURACEAE        |
| 95 | OCOTLU            | SINVAL          | Ocotea          | lundellii     | Standl.                  | LAURACEAE        |
| 96 | ORMOTO            | ACTCOM          | Ormosia         | toledoana     | Standl.                  | FABACEAE         |
| 97 | OURALU            | SINVAL          | Ouratea         | lucens        | (Kunth) Engl.            | OCHNACEAE        |
| 98 | PACHAQ            | POTCOM          | Pachira         | aquatica      | Aubl.                    | BOMBACACEAE      |

Continuación Anexo 3.

| Nº  | Código de Especie | Grupo Comercial | Género         | Especie                 | Autoridad                     | Familia       |
|-----|-------------------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|---------------|
| 99  | PARMAC            | SINVAL          | Parmentiera    | aculeata                | (Kunth) Seem.                 | BIGNONIACEAE  |
| 100 | PETRVO            | SINVAL          | Petrea         | volubilis               | L.                            | VERBENACEAE   |
| 101 | PIMEDI            | PROTEC          | Pimenta        | dioica                  | (L) Merr.                     | MYRTACEAE     |
| 102 | PIPE01            | SINVAL          | Piper          |                         | L.                            | PIPERACEAE    |
| 103 | PISCPI            | SINVAL          | Piscidia       | piscipula               | (L.) Sarg.                    | FABACEAE      |
| 104 | PITH01            | SINVAL          | Pithecellobium |                         | Mart.                         | FABACEAE      |
| 105 | PITHAR            | ACTCOM          | Pithecellobium | arboreum                | (L.) Urb.                     | FABACEAE      |
| 106 | PITHLE            | SINVAL          | Pithecellobium | leucocalyx              | (Britton & Rose) Standl.      | FABACEAE      |
| 107 | PITHPA            | SINVAL          | Pithecellobium | pachypus                | Pittier                       | FABACEAE      |
| 108 | PLATDI            | PROTEC          | Platymiscium   | dimorphandrum           | Donn. Smith.                  | FABACEAE      |
| 109 | PLUMOB            | SINVAL          | Plumeria       | obtusa var. sericifolia | (C. Wright) Woodson           | APOCYNACEAE   |
| 110 | POULAR            | SINVAL          | Poulsenia      | armata                  | (Miq.) Standl.                | MORACEAE      |
| 111 | POUT01            | POTCOM          | Pouteria       |                         | Aubl.                         | SAPOTACEAE    |
| 112 | POUTAM            | POTCOM          | Pouteria       | amygdalina              | (Standl.) Baehni              | SAPOTACEAE    |
| 113 | POUTCA            | SINVAL          | Pouteria       | campechiana             | (Kunth.) Baehni               | SAPOTACEAE    |
| 114 | POUTSA            | SINVAL          | Pouteria       | sapota                  | (Jacq.) H.E Moore & Stearn    | SAPOTACEAE    |
| 115 | PROTCO            | SINVAL          | Protium        | copal                   | (Schltdl. & Cham.) Engl.      | BURSERACEAE   |
| 116 | PSEU01            | POTCOM          | Pseudolmedia   |                         | Trécul                        | MORACEAE      |
| 117 | PSEUEL            | ACTCOM          | Pseudobombax   | ellipticum              | (Kunth.) Dugand               | BOMBACACEAE   |
| 118 | QUARFU            | SINVAL          | Quararibea     | funebri                 | (La Llave) Vischer            | BOMBACACEAE   |
| 119 | REHDPE            | POTCOM          | Rehdera        | penninervia             | Standl. ex Moldenke           | VERBENACEAE   |
| 120 | ROLLMI            | SINVAL          | Rollinia       | microsepala             | Standl.                       | ANNONACEAE    |
| 121 | RUBIO1            | SINVAL          |                |                         | Juss.                         | RUBIACEAE     |
| 122 | SABA01            | PALMA           | Sabal          |                         | Adans.                        | ARECACEAE     |
| 123 | SAPISA            | POTCOM          | Sapindus       | saponaria               | L.                            | SAPINDACEAE   |
| 124 | SEBAAD            | SINVAL          | Sebastiania    | adenophora              | Pax. & K. Hoffm.              | EUPHORBIACEAE |
| 125 | SEBALO            | SINVAL          | Sebastiania    | longicuspis             | Standl.                       | EUPHORBIACEAE |
| 126 | SICKSA            | POTCOM          | Sickingia      | salvadorensis           | (Standl.) Standl.             | RUBIACEAE     |
| 127 | SIMAGL            | POTCOM          | Simarouba      | glauca                  | DC.                           | SIMAROUBACEAE |
| 128 | SPONMO            | POTCOM          | Spondias       | mombim                  | L.                            | ANACARDIACEAE |
| 129 | STEMDO            | SINVAL          | Stemmadenia    | donnell-smithii         | (Rose) Woodson                | APOCYNACEAE   |
| 130 | SWARCU            | ACTCOM          | Swartzia       | cubensis                | (Britton & P. Wilson) Standl. | FABACEAE      |
| 131 | SWEEPA            | ACTCOM          | Sweetia        | panamensis              | Benth.                        | FABACEAE      |

Continuación Anexo 3.

| Nº  | Código de Especie | Grupo Comercial | Género       | Especie         | Autoridad           | Familia        |
|-----|-------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------|
| 132 | SWIEMA            | AAACOM          | Swietenia    | macrophylla     | King                | MELIACEAE      |
| 133 | TABEDO            | SINVAL          | Tabebuia     | donnell-smithii | Rose                | BIGNONIACEAE   |
| 134 | TABEGU            | POTCOM          | Tabebuia     | guayacan        | (Seem.) Hemsl.      | BIGNONIACEAE   |
| 135 | TABERO            | POTCOM          | Tabebuia     | rosea           | (Bertol) A. DC.     | BIGNONIACEAE   |
| 136 | TALIFL            | SINVAL          | Talisia      | floresii        | Standl.             | SAPINDACEAE    |
| 137 | TALIOI            | SINVAL          | Talisia      | oliviformis     | (Kunth) Radlk.      | SAPINDACEAE    |
| 138 | TERMAM            | ACTCOM          | Terminalia   | amazonia        | (J.F. Gmell.) Exell | COMBRETACEAE   |
| 139 | TERNTE            | SINVAL          | Ternstroemia | tepezapote      | Schlect. & Charm.   | THEACEAE       |
| 140 | TREMMI            | SINVAL          | Trema        | micrantha       | (L.) Blume          | ULMACEAE       |
| 141 | TRICMI            | SINVAL          | Trichilia    | minutiflora     | Standl.             | MELIACEAE      |
| 142 | TRICMO            | SINVAL          | Trichilia    | moschata        | Swartz              | MELIACEAE      |
| 143 | TROPRA            | POTCOM          | Trophis      | racemosa        | (L.) Urb.           | MORACEAE       |
| 144 | VATALU            | ACTCOM          | Vatairea     | lundellii       | (Standl.) Killip    | FABACEAE       |
| 145 | VITEGA            | POTCOM          | Vitex        | gaumeri         | Greenm.             | LAMIACEAE      |
| 146 | VOCHHO            | ACTCOM          | Vochysia     | hondurensis     | Sprague             | VOCHYSIACEAE   |
| 147 | WIMMBA            | SINVAL          | Wimmeria     | bartletii       | Lundell.            | CELASTRACEAE   |
| 148 | XYLOFR            | SINVAL          | Xylopia      | frutescens      | Aubl.               | ANNONACEAE     |
| 149 | ZANTEL            | SINVAL          | Zanthoxylum  | elephantiasis   | Macfad.             | RUTACEAE       |
| 150 | ZANTPR            | POTCOM          | Zanthoxylum  | procerum        | Donn. Sm.           | RUTACEAE       |
| 151 | ZUELGU            | SINVAL          | Zuelania     | guidonia        | Britton & Millsp.   | FLACOURTIACEAE |

Anexo 4. Especies indicadoras en cada TB de la ZUM en la RMB – Guatemala.

| Código de Especie | Tipo de Bosque | VI   | p-value | Código de Especie | Tipo de Bosque | VI   | p-value |
|-------------------|----------------|------|---------|-------------------|----------------|------|---------|
| ASPIME            | 1              | 0.7  | <0.0001 | DRACAM            | 1              | 0.19 | <0.0001 |
| POUTAM            | 1              | 0.65 | <0.0001 | DESC38            | 1              | 0.18 | <0.0001 |
| POUT01            | 1              | 0.63 | <0.0001 | DESC11            | 1              | 0.16 | 0.01    |
| POUTCA            | 1              | 0.63 | <0.0001 | VOCHHO            | 1              | 0.16 | 0.01    |
| BROSAL            | 1              | 0.6  | <0.0001 | DESC05            | 1              | 0.14 | <0.0001 |
| TERNTE            | 1              | 0.59 | <0.0001 | ANNOSC            | 1              | 0.13 | 0.01    |
| PROTCO            | 1              | 0.58 | <0.0001 | MANIZA            | 2              | 0.68 | <0.0001 |
| SIMAGL            | 1              | 0.57 | <0.0001 | METOBR            | 2              | 0.68 | <0.0001 |
| PIMEDI            | 1              | 0.56 | <0.0001 | VITEGA            | 2              | 0.67 | <0.0001 |
| BLOMPR            | 1              | 0.55 | <0.0001 | BURSSI            | 2              | 0.66 | <0.0001 |
| PSEU01            | 1              | 0.55 | <0.0001 | BUCIBU            | 2              | 0.61 | <0.0001 |
| LYSI01            | 1              | 0.53 | <0.0001 | SWIEMA            | 2              | 0.6  | <0.0001 |
| CALOBR            | 1              | 0.52 | <0.0001 | MATAOP            | 2              | 0.57 | <0.0001 |
| ASPIST            | 1              | 0.51 | <0.0001 | SWARCU            | 2              | 0.57 | <0.0001 |
| MASTCA            | 1              | 0.5  | <0.0001 | LONCCA            | 2              | 0.54 | <0.0001 |
| TERMAM            | 1              | 0.5  | <0.0001 | REHDPE            | 2              | 0.54 | <0.0001 |
| DRYPBR            | 1              | 0.47 | <0.0001 | DENDAR            | 2              | 0.53 | <0.0001 |
| OCOTLU            | 1              | 0.44 | 0.02    | GUETCO            | 2              | 0.49 | <0.0001 |
| ZANTEL            | 1              | 0.44 | <0.0001 | PSEUEL            | 2              | 0.48 | <0.0001 |
| PETRVO            | 1              | 0.43 | <0.0001 | PLATDI            | 2              | 0.41 | <0.0001 |
| WIMMBA            | 1              | 0.43 | <0.0001 | GYMNLU            | 2              | 0.39 | <0.0001 |
| TALIOL            | 1              | 0.39 | <0.0001 | TRICMI            | 2              | 0.39 | <0.0001 |
| ZUELGU            | 1              | 0.39 | 0.01    | SWEEPA            | 2              | 0.36 | <0.0001 |
| DESC17            | 1              | 0.38 | <0.0001 | LYSIBA            | 2              | 0.35 | <0.0001 |
| DESC23            | 1              | 0.32 | <0.0001 | HAEMCA            | 2              | 0.33 | <0.0001 |
| NECT01            | 1              | 0.31 | <0.0001 | KRUGFE            | 2              | 0.32 | <0.0001 |
| DESC31            | 1              | 0.3  | <0.0001 | DESCON            | 2              | 0.31 | <0.0001 |
| EUGECA            | 1              | 0.3  | <0.0001 | ACALDI            | 2              | 0.3  | <0.0001 |
| HIRTAM            | 1              | 0.29 | 0.01    | MATSCA            | 2              | 0.3  | <0.0001 |
| MOSQJA            | 1              | 0.27 | <0.0001 | LUEHSP            | 2              | 0.29 | <0.0001 |
| GUAZUL            | 1              | 0.26 | <0.0001 | DESC09            | 2              | 0.25 | <0.0001 |
| LAETHH            | 1              | 0.26 | 0.02    | GLIRSE            | 2              | 0.25 | <0.0001 |
| SEBAAD            | 1              | 0.25 | <0.0001 | GUATAN            | 2              | 0.25 | <0.0001 |
| DESC20            | 1              | 0.23 | <0.0001 | JACQAU            | 2              | 0.25 | <0.0001 |
| DESC08            | 1              | 0.21 | <0.0001 | JATRCU            | 2              | 0.24 | <0.0001 |
| DESC47            | 1              | 0.2  | <0.0001 | CORDDO            | 2              | 0.16 | 0.04    |
| DESC57            | 1              | 0.19 | <0.0001 | DESC60            | 2              | 0.15 | <0.0001 |

Continuación Anexo 4.

| Código de Especie | Tipo de Bosque | VI   | p-value | Código de Especie | Tipo de Bosque | VI   | p-value |
|-------------------|----------------|------|---------|-------------------|----------------|------|---------|
| ALSEYU            | 3              | 0.63 | <0.0001 | DESC50            | 3              | 0.22 | <0.0001 |
| AMPEHO            | 3              | 0.56 | <0.0001 | DESC10            | 3              | 0.21 | <0.0001 |
| SPONMO            | 3              | 0.52 | <0.0001 | LONCGU            | 3              | 0.21 | <0.0001 |
| VATALU            | 3              | 0.51 | <0.0001 | PITHLE            | 3              | 0.21 | <0.0001 |
| HAMPEU            | 3              | 0.49 | <0.0001 | TRICMO            | 3              | 0.21 | 0.01    |
| ASTRGR            | 3              | 0.46 | <0.0001 | ALLOCO            | 3              | 0.2  | <0.0001 |
| STEMDO            | 3              | 0.46 | <0.0001 | DESC04            | 3              | 0.2  | <0.0001 |
| TROPRA            | 3              | 0.46 | <0.0001 | DESC30            | 3              | 0.2  | <0.0001 |
| SEBALO            | 3              | 0.45 | <0.0001 | DESC51            | 3              | 0.2  | <0.0001 |
| AREC01            | 3              | 0.44 | <0.0001 | SAPISA            | 3              | 0.2  | <0.0001 |
| CEIBPE            | 3              | 0.44 | <0.0001 | PLUMOB            | 3              | 0.19 | 0.01    |
| MORA01            | 3              | 0.42 | <0.0001 | DESC39            | 3              | 0.18 | <0.0001 |
| FICU01            | 3              | 0.4  | <0.0001 | POULAR            | 3              | 0.18 | <0.0001 |
| CORDAL            | 3              | 0.39 | <0.0001 | BYRSBU            | 3              | 0.17 | <0.0001 |
| COUSOL            | 3              | 0.39 | <0.0001 | CHRYME            | 3              | 0.17 | 0.02    |
| DESC37            | 3              | 0.37 | <0.0001 | DESC12            | 3              | 0.17 | <0.0001 |
| CEDROD            | 3              | 0.36 | <0.0001 | DESC29            | 3              | 0.17 | <0.0001 |
| LICAPL            | 3              | 0.36 | <0.0001 | DESC40            | 3              | 0.17 | <0.0001 |
| CASTEL            | 3              | 0.35 | <0.0001 | EXOS01            | 3              | 0.17 | 0.01    |
| DIALGU            | 3              | 0.35 | <0.0001 | INGA01            | 3              | 0.17 | <0.0001 |
| POUTSA            | 3              | 0.35 | <0.0001 | MYROBA            | 3              | 0.17 | 0.01    |
| BUMEOB            | 3              | 0.34 | <0.0001 | CHLOTI            | 3              | 0.16 | <0.0001 |
| ZANTPR            | 3              | 0.33 | <0.0001 | CAESVE            | 3              | 0.15 | <0.0001 |
| DESC99            | 3              | 0.3  | <0.0001 | CASENI            | 3              | 0.15 | <0.0001 |
| COCCSC            | 3              | 0.29 | <0.0001 | DIPHCA            | 3              | 0.14 | <0.0001 |
| DESC24            | 3              | 0.29 | <0.0001 | ERYT01            | 3              | 0.14 | <0.0001 |
| PACHAQ            | 3              | 0.29 | <0.0001 | ANNO01            | 3              | 0.13 | 0.01    |
| MELI01            | 3              | 0.27 | 0.01    | COCHVI            | 3              | 0.13 | <0.0001 |
| QUARFU            | 3              | 0.26 | <0.0001 | DESC16            | 3              | 0.13 | <0.0001 |
| CECR01            | 3              | 0.25 | <0.0001 | DESC35            | 3              | 0.13 | <0.0001 |
| SABA01            | 3              | 0.25 | <0.0001 | PITH01            | 3              | 0.12 | 0.02    |
| ORMOTO            | 3              | 0.24 | <0.0001 | DESC34            | 3              | 0.11 | 0.02    |
| ROLLMI            | 3              | 0.24 | <0.0001 | DIOSDI            | 3              | 0.11 | 0.01    |
| TABERO            | 3              | 0.24 | <0.0001 | HYMECO            | 3              | 0.11 | 0.02    |
| CURAAM            | 3              | 0.23 | <0.0001 | PARMAC            | 3              | 0.11 | 0.01    |

*Anexo 5. Valor de discriminación de cada una de las especies para la formación de tipos de bosques en la ZUM.*

| Código de especie | Valor discriminante |                | Código de especie | Valor discriminante |                | Código de especie | Valor discriminante |                |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------|
|                   | Eje 1 (61,51%)      | Eje 2 (38,49%) |                   | Eje 1 (61,51%)      | Eje 2 (38,49%) |                   | Eje 1 (61,51%)      | Eje 2 (38,49%) |
| BROSAL            | 54.62               | 38.39          | ASPIST            | 10.39               | 7.16           | HAMPEU            | 4.32                | 3.24           |
| MANIZA            | 48.48               | 33.78          | DESC23            | 10.37               | 7.45           | STEMDO            | 4.13                | 2.99           |
| BUCIBU            | 39.24               | 27.21          | LONCCA            | 10.27               | 7.11           | ZUELGU            | 4.02                | 2.82           |
| VITEGA            | 23.85               | 16.62          | LYSI01            | 10.13               | 7.2            | WIMMBA            | 3.98                | 2.94           |
| SWIEMA            | 22.42               | 15.68          | TERMAM            | 10.09               | 7.15           | SWEEPA            | 3.98                | 2.63           |
| POUTAM            | 21.81               | 15.45          | SIMAGL            | 8.83                | 6.05           | DESCON            | 3.79                | 2.66           |
| POUT01            | 19.81               | 13.92          | SICKSA            | 8.8                 | 6.08           | DESC19            | 3.74                | 2.63           |
| SPONMO            | 19.57               | 13.8           | SWARCU            | 8.66                | 6              | GYMNLU            | 3.63                | 2.46           |
| CALOBR            | 19.39               | 13.68          | PIMEDI            | 8.46                | 5.88           | DESC09            | 3.59                | 2.22           |
| HAEMCA            | 18.58               | 12.82          | FICU01            | 7.69                | 5.52           | KRUGFE            | 3.51                | 2.31           |
| DRYPBR            | 17.74               | 12.41          | LICAPL            | 7.6                 | 5.33           | DESC62            | 3.43                | 2.52           |
| DENDAR            | 17.3                | 11.97          | DESC17            | 7.37                | 5.23           | EXOS01            | 3.41                | 2.49           |
| METOBR            | 16.84               | 11.55          | PROTCO            | 7.02                | 4.93           | LUEHSP            | 3.32                | 2.28           |
| AMPEHO            | 16.78               | 11.79          | VATALU            | 6.99                | 5.04           | PETRVO            | 3.28                | 2.49           |
| POUTCA            | 16.71               | 11.7           | CEDROD            | 6.92                | 5.03           | CORDAL            | 3.24                | 2.24           |
| BURSSI            | 16.03               | 11.15          | COUSOL            | 6.85                | 4.94           | DESC57            | 3.23                | 2.27           |
| ALSEYU            | 15.56               | 10.96          | TALIOL            | 6.62                | 4.88           | DESC37            | 3.22                | 2.49           |
| AREC01            | 15.18               | 10.72          | MELI01            | 6.51                | 4.65           | EUGECA            | 3.19                | 2.33           |
| SEBALO            | 14.57               | 10.25          | DESC43            | 6.51                | 4.63           | DESC59            | 3.08                | 2.21           |
| MORA01            | 14.44               | 10.23          | MASTCA            | 6.42                | 4.62           | COCCSC            | 3.06                | 2.29           |
| PSEUEL            | 14.1                | 9.8            | BUMEOB            | 6.3                 | 4.46           | HIRTAM            | 3.03                | 2.15           |
| REHDPE            | 13.98               | 9.62           | OCOTLU            | 6.3                 | 4.49           | RUBI01            | 2.99                | 2.19           |
| PACHAQ            | 13.56               | 9.68           | TRICMI            | 5.89                | 4              | TABERO            | 2.91                | 1.92           |
| ASPIME            | 13.48               | 9.56           | GUETCO            | 5.8                 | 3.97           | MATSCA            | 2.83                | 1.83           |
| PSEU01            | 13.4                | 9.5            | PITHLE            | 5.79                | 4.08           | ACALDI            | 2.8                 | 1.75           |
| DIALGU            | 13.23               | 9.37           | CEIBPE            | 5.64                | 4              | GLIRSE            | 2.53                | 1.72           |
| LYSIBA            | 13.17               | 9.12           | ASTRGR            | 5.54                | 3.88           | DESC35            | 2.46                | 1.73           |
| TROPRA            | 11.61               | 8.24           | DESC27            | 5.43                | 3.79           | ROLLMI            | 2.46                | 1.78           |
| BLOMPR            | 11.2                | 8.08           | TALIFL            | 5.19                | 3.65           | DIOSDI            | 2.45                | 1.72           |
| TERNTE            | 10.89               | 7.84           | ZANTEL            | 4.93                | 3.6            | POULAR            | 2.42                | 1.66           |
| MATAOP            | 10.7                | 7.27           | PLATDI            | 4.47                | 2.97           | CECR01            | 2.4                 | 1.77           |

Continuación Anexo 5.

| Código de especie | Valor discriminante |                | Código de especie | Valor discriminante |                | Código de especie | Valor discriminante |                |
|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------|
|                   | Eje 1 (61,51%)      | Eje 2 (38,49%) |                   | Eje 1 (61,51%)      | Eje 2 (38,49%) |                   | Eje 1 (61,51%)      | eje 2 (38,49%) |
| SABA01            | 2.31                | 1.63           | DESC47            | 1.3                 | 0.95           | CAESVE            | 0.51                | 0.75           |
| DESC24            | 2.25                | 1.53           | NECT01            | 1.3                 | 1.01           | DESC05            | 0.49                | 0.42           |
| MYROBA            | 2.22                | 1.66           | DESC34            | 1.3                 | 0.89           | INGASP            | 0.44                | 0.39           |
| ORMOTO            | 2.2                 | 1.55           | SAPISA            | 1.28                | 0.81           | DESC32            | 0.39                | 0.24           |
| TABEGU            | 2.16                | 1.49           | CHRYME            | 1.28                | 0.85           | DESC54            | 0.37                | 0.34           |
| GUAZUL            | 2.16                | 1.61           | DESC11            | 1.28                | 0.96           | AMYRSY            | 0.36                | 0.28           |
| DESC50            | 2.06                | 1.43           | CURAAM            | 1.26                | 1.09           | ANNO02            | 0.29                | 0.15           |
| DESC42            | 2.05                | 1.18           | TRICMO            | 1.25                | 0.91           | COCHVI            | 0.24                | 0.26           |
| POUTSA            | 2.04                | 1.57           | CLUS01            | 1.24                | 0.99           | HYMECO            | 0.23                | 0.36           |
| DESC31            | 2.01                | 1.47           | DESC60            | 1.11                | 0.52           | PITH01            | 0.22                | 0.35           |
| JACQAU            | 1.97                | 1.35           | DESC36            | 1.09                | 0.84           | DESC44            | 0.2                 | 0.11           |
| CASTEL            | 1.96                | 1.35           | CROTGL            | 1.05                | 0.82           | DESC12            | 0.19                | 0.3            |
| LAETTH            | 1.93                | 1.46           | INGAED            | 0.94                | 0.72           | ACAC01            | 0.18                | 0.08           |
| DESC58            | 1.92                | 1.45           | DESC10            | 0.93                | 0.77           | XYLOFR            | 0.17                | 0.13           |
| GUATAN            | 1.9                 | 1.25           | CORDGE            | 0.9                 | 0.5            | CALLME            | 0.17                | 0.22           |
| LAURO1            | 1.89                | 1.19           | ENTECY            | 0.9                 | 0.68           | DESC25            | 0.14                | 0.04           |
| PISCP1            | 1.87                | 1.24           | ALLOCO            | 0.89                | 0.65           | DIPHCA            | 0.14                | 0.3            |
| DESC28            | 1.82                | 1.24           | CHLOTI            | 0.88                | 0.73           | DESC26            | 0.13                | 0.43           |
| DESC56            | 1.77                | 1.34           | DESC40            | 0.87                | 0.57           | ANNO01            | 0.12                | 0.2            |
| VOCHHO            | 1.76                | 1.25           | DESC51            | 0.85                | 0.62           | ARDIPA            | 0.11                | 0.18           |
| CORDDO            | 1.74                | 1.42           | DESC30            | 0.78                | 0.57           | CRECCU            | 0.1                 | 0.32           |
| DESC07            | 1.69                | 1.2            | INGA01            | 0.78                | 0.56           | PARMAC            | 0.08                | 0.13           |
| QUARFU            | 1.65                | 1.16           | DESC13            | 0.76                | 0.59           | DESC49            | 0.05                | 0.04           |
| DESC99            | 1.65                | 1.15           | DRACAM            | 0.69                | 0.53           | DESC22            | 0.05                | 0.06           |
| SEBAAD            | 1.63                | 1.23           | BYRSBU            | 0.68                | 0.78           | CESTRA            | 0.04                | 0.08           |
| ZANTPR            | 1.57                | 1.07           | DESC04            | 0.68                | 0.53           | ACACCO            | 0.04                | 0.1            |
| LONCGU            | 1.52                | 1.16           | DESC29            | 0.67                | 0.56           | PIPE01            | 0.03                | 0.08           |
| DESC39            | 1.45                | 1.09           | PITHPA            | 0.65                | 0.59           | TABEDO            | 0.03                | 0.07           |
| DESC08            | 1.4                 | 1              | PITHAR            | 0.58                | 0.33           | CASSGR            | 0.02                | 0.07           |
| MOSQJA            | 1.37                | 0.99           | DESC02            | 0.57                | 0.36           | DESC16            | 0.01                | 0.13           |
| JATRCU            | 1.36                | 0.67           | ERYT01            | 0.57                | 0.46           | DESC41            | 0.01                | 0.04           |
| PLUMOB            | 1.34                | 0.96           | ANNOSC            | 0.52                | 0.38           | DESC63            | 0                   | 0.19           |
| DESC20            | 1.34                | 0.98           | CASENI            | 0.52                | 0.51           | DESC06            | -0.03               | 0.03           |
| DESC38            | 1.33                | 0.94           | DESC45            | 0.51                | 0.39           | DESC14            | -0.04               | 0.06           |
| DESC52            | 1.31                | 1.03           | DESC61            | 0.51                | 0.39           |                   |                     |                |

Anexo 6. Mediciones utilizadas en cada una de las cálculo del IVI.

| Unidad de Manejo Forestal | Experimento  | Medición Analizada | Parcela Permanente de Monitoreo |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                           |              |                    | 1                               | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| <b>Carmelita</b>          | 035B         | Primera            | x                               | x | x | x | x | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Chosquitán</b>         | 032B         | Primera            | x                               | x | x | x | x | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Cruce la Colorada</b>  | 043B         | Primera            | x                               | x | x | x | x | x | x | x |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>La Colorada</b>        | 036B         | Tercera            | x                               | x | x | x |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>La Unión</b>           | 033B         | Primera            | x                               | x | x | x | x | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Las Ventanas</b>       | Las Ventanas | Primera            | x                               |   |   | x |   |   | x |   |   | x  |    | x  |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |
|                           | Las Ventanas | Segunda            |                                 | x |   |   | x |   |   | x |   |    | x  |    | x  |    | x  |    |    |    |    |    |    |
|                           | Las Ventanas | Tercera            |                                 |   | x |   |   | x |   |   | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Río Chanchich</b>      | 022B         | Primera            | x                               | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  |    |    |    |
| <b>San Andrés</b>         | San Andrés 2 | Segunda            | x                               | x | x | x | x | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>San Miguel</b>         | 002B         | Primera            | x                               | x | x | x | x |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                           | Yarxché*     | Primera            | x                               | x | x | x | x | x | x | x | x | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  | x  |    |
| <b>Uaxactún</b>           | Uaxactún 1   | Primera            | x                               | x | x | x | x | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Yaloch</b>             | Yaloch       | Primera            | x                               | x | x | x |   |   |   |   |   | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

\*Los números de PPM no son los que se identifican cada una de las 21 PPM en este experimento, se enuncian de esta manera para fines prácticos.

Anexo 7. Tipos de bosques para PPM de 0.25 ha según la clasificación de análisis discriminante.

| <b>Unidad de Manejo Forestal</b> | <b>PPM</b> | <b>Tipo de Bosque</b> | <b>Unidad de Manejo Forestal</b> | <b>PPM</b> | <b>Tipo de Bosque</b> |
|----------------------------------|------------|-----------------------|----------------------------------|------------|-----------------------|
| Carmelita                        | 1          | 2                     | Las Ventanas                     | 12         | 2                     |
| Carmelita                        | 2          | 2                     | Las Ventanas                     | 13         | 3                     |
| Carmelita                        | 3          | 3                     | Las Ventanas                     | 14         | 2                     |
| Carmelita                        | 4          | 2                     | Las Ventanas                     | 15         | 1                     |
| Carmelita                        | 5          | 2                     | Las Ventanas                     | 16         | 1                     |
| Carmelita                        | 6          | 2                     | La Unión                         | 1          | 1                     |
| Chosquitán                       | 1          | 3                     | La Unión                         | 2          | 1                     |
| Chosquitán                       | 2          | 3                     | La Unión                         | 3          | 2                     |
| Chosquitán                       | 3          | 2                     | La Unión                         | 4          | 1                     |
| Chosquitán                       | 4          | 1                     | La Unión                         | 5          | 1                     |
| Chosquitán                       | 5          | 3                     | La Unión                         | 6          | 1                     |
| Chosquitán                       | 6          | 3                     | Río Chanchich                    | 1          | 1                     |
| Cruce la Colorada                | 1          | 1                     | Río Chanchich                    | 2          | 3                     |
| Cruce la Colorada                | 2          | 1                     | Río Chanchich                    | 3          | 2                     |
| Cruce la Colorada                | 3          | 1                     | Río Chanchich                    | 4          | 1                     |
| Cruce la Colorada                | 4          | 2                     | Río Chanchich                    | 5          | 1                     |
| Cruce la Colorada                | 5          | 1                     | Río Chanchich                    | 6          | 1                     |
| Cruce la Colorada                | 6          | 2                     | Río Chanchich                    | 7          | 1                     |
| Cruce la Colorada                | 7          | 2                     | Río Chanchich                    | 8          | 1                     |
| Cruce la Colorada                | 8          | 1                     | Río Chanchich                    | 9          | 1                     |
| La Colorada                      | 1          | 3                     | Río Chanchich                    | 10         | 1                     |
| La Colorada                      | 2          | 1                     | Río Chanchich                    | 11         | 1                     |
| La Colorada                      | 3          | 3                     | Río Chanchich                    | 12         | 1                     |
| La Colorada                      | 4          | 3                     | Río Chanchich                    | 13         | 1                     |
| Las Ventanas                     | 1          | 2                     | Río Chanchich                    | 14         | 1                     |
| Las Ventanas                     | 2          | 1                     | Río Chanchich                    | 15         | 1                     |
| Las Ventanas                     | 3          | 1                     | Río Chanchich                    | 16         | 3                     |
| Las Ventanas                     | 4          | 2                     | Río Chanchich                    | 17         | 1                     |
| Las Ventanas                     | 5          | 3                     | Río Chanchich                    | 18         | 3                     |
| Las Ventanas                     | 6          | 1                     | San Andrés                       | 1          | 1                     |
| Las Ventanas                     | 7          | 3                     | San Andrés                       | 2          | 3                     |
| Las Ventanas                     | 8          | 1                     | San Andrés                       | 3          | 1                     |
| Las Ventanas                     | 9          | 3                     | San Andrés                       | 4          | 1                     |
| Las Ventanas                     | 10         | 3                     | San Andrés                       | 5          | 2                     |
| Las Ventanas                     | 11         | 3                     | San Andrés                       | 6          | 2                     |

*Continuación Anexo 7.*

| <b>Unidad de Manejo Forestal</b> | <b>PPM</b> | <b>Tipo de Bosque</b> | <b>Unidad de Manejo Forestal</b> | <b>PPM</b> | <b>Tipo de Bosque</b> |
|----------------------------------|------------|-----------------------|----------------------------------|------------|-----------------------|
| San Miguel                       | 1          | 1                     | San Miguel                       | 237        | 3                     |
| San Miguel                       | 2          | 1                     | San Miguel                       | 304        | 1                     |
| San Miguel                       | 3          | 1                     | San Miguel                       | 307        | 3                     |
| San Miguel                       | 4          | 1                     | San Miguel                       | 313        | 3                     |
| San Miguel                       | 5          | 1                     | San Miguel                       | 314        | 1                     |
| San Miguel                       | 13         | 1                     | San Miguel                       | 329        | 3                     |
| San Miguel                       | 15         | 1                     | San Miguel                       | 340        | 3                     |
| San Miguel                       | 19         | 1                     | Uaxactún                         | 1          | 1                     |
| San Miguel                       | 28         | 1                     | Uaxactún                         | 2          | 1                     |
| San Miguel                       | 34         | 1                     | Uaxactún                         | 3          | 2                     |
| San Miguel                       | 39         | 3                     | Uaxactún                         | 4          | 2                     |
| San Miguel                       | 115        | 2                     | Uaxactún                         | 5          | 1                     |
| San Miguel                       | 124        | 3                     | Uaxactún                         | 6          | 3                     |
| San Miguel                       | 132        | 1                     | Yaloch                           | 1          | 1                     |
| San Miguel                       | 202        | 1                     | Yaloch                           | 2          | 1                     |
| San Miguel                       | 221        | 3                     | Yaloch                           | 3          | 3                     |
| San Miguel                       | 223        | 1                     | Yaloch                           | 4          | 1                     |
| San Miguel                       | 225        | 1                     | Yaloch                           | 9          | 1                     |

Anexo 8. Conformación de la red de PPM por tipo de bosque en la ZUM de la RBM.

| Tipo de Bosque                         | UMF           | Total PPM     | Código PPM                         | Tipo PPM               |
|--|---------------|---------------|------------------------------------|------------------------|
| ASPIDOSPERMA/<br>POUTERIA/<br>BROSIMUM | Chosquitán    | 1             | 4                                  | Dinámica<br>Especies   |
|  | La Unión      | 5             | 1,2,4,5,6                          |                        |
|  | Las Ventanas  | 6             | 2,3,6,8,15,16                      |                        |
|  | Río Chanchich | 14            | 1,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17 |                        |
|  | Yaloch        |               | 1,2,4,9                            |                        |
|  | Uaxactún      | 3             | 1,2,5                              | Especies<br>Maderables |
|  | 7             | 1,2,3,4,5,6,7 |                                    |                        |
| MANILKARA/<br>METOPIUM/ VITEX          | San Andrés    | 3             | 2,5,6                              | Dinámica<br>Especies   |
|  |               | 6             | 1,2,3,4,5,6                        | Especies<br>Maderables |
|  | La Gloria     | 2             | 1,2                                |                        |
|  | Paxbán        | 6             | 1,2,3,4,5,6                        |                        |
|  |               | 6             | 1,2,3,4,5,6                        |                        |
| ALSEIS/<br>AMPELOCERA/<br>SPONDIAS     | Chosquitán    | 4             | 1,2,5,6                            | Dinámica<br>Especies   |
|  | Las Ventanas  | 6             | 5,7,9,10,11,13                     |                        |
|  | Río Chanchich | 3             | 2,16,18                            |                        |
|  | Uaxactún      | 1             | 6                                  |                        |
|  | Yaloch        | 2             | 3,10                               |                        |

Anexo 9. Volúmenes de madera extraídos por especie y unidad de manejo forestal en áreas de corta anual donde se encuentran ubicadas algunas de las PPM analizadas. Información adaptada de la base de datos del CONAP 2011.

| Especie (código especie)                | Unidad de Manejo |             |              |               |            |            |          | Volumen Total (m <sup>3</sup> /ha) | %     |
|---|------------------|-------------|--------------|---------------|------------|------------|----------|------------------------------------|-------|
|   | Chosquitán       | La Colorada | Las Ventanas | Rio Chanchich | San Andrés | San Miguel | Uaxactún |                                    |       |
| Caoba (SWIEMA)                          | 854.86           | 173.36      | 2943.61      | 914.83        | 1126.05    | 77.51      | 640.21   | 6730.43                            | 53.55 |
| Santa maría (CALOBR)                    | 90.32            |             | 631.65       | 1328.57       | 199.78     | 71.34      |          | 2321.65                            | 18.47 |
| Manchiche (LONCCA)                      | 47.55            |             | 964.74       | 188.67        | 64.28      |            | 118.25   | 1383.48                            | 11.01 |
| Cedro (CEDROD)                          | 321.70           | 42.12       | 522.60       | 105.13        | 50.32      | 34.11      | 13.13    | 1089.11                            | 8.67  |
| Danto (VATALU)                          | 49.78            | 67.10       | 6.54         | 112.48        |            |            |          | 235.90                             | 1.88  |
| Pucté (BUCIBU)                          | 168.52           |             |              |               |            |            |          | 168.52                             | 1.34  |
| Mano de León (DENDAR)                   | 39.62            |             | 48.13        | 4.11          |            |            |          | 91.86                              | 0.73  |
| Tempisque (MASTCA)                      | 15.80            |             | 56.30        |               |            |            |          | 72.10                              | 0.57  |
| Malerio Colorado (ASPIME)               | 8.73             |             | 16.28        | 35.02         |            | 5.89       |          | 65.91                              | 0.52  |
| Malerio Blanco (ASPIST)                 | 3.74             |             | 3.21         | 45.20         |            | 7.80       |          | 59.95                              | 0.48  |
| Chechén negro (METOBR)                  |                  |             | 59.25        |               |            |            |          | 59.25                              | 0.47  |
| Hormigo (PLATDI)                        |                  |             | 57.57        |               |            |            |          | 57.57                              | 0.46  |
| Canxan (TERMAM)                         | 1.27             |             | 10.35        | 35.15         |            |            |          | 46.77                              | 0.37  |
| Amapola (PSEUEL)                        |                  |             |              |               |            | 39.46      |          | 39.46                              | 0.31  |
| Jobillo (ASTRGR)                        | 13.66            |             | 6.56         | 11.30         |            | 2.11       |          | 33.63                              | 0.27  |
| Gesmo (LYSI01)                          | 17.15            |             | 12.58        |               |            |            |          | 29.73                              | 0.24  |
| Cericote (CORDDO)                       |                  |             | 26.83        |               |            |            |          | 26.83                              | 0.21  |
| Manax (PSEU01)                          |                  |             |              |               |            | 20.14      |          | 20.14                              | 0.16  |
| Catalox (SWARCU)                        | 6.77             |             | 7.90         |               |            |            |          | 14.67                              | 0.12  |
| San Juan (VOCHHO)                       |                  |             |              | 10.67         |            |            |          | 10.67                              | 0.08  |
| Chacaj colorado (BURSSI)                |                  |             | 7.45         |               |            |            |          | 7.45                               | 0.06  |
| Cortez (TABEGU)                         |                  |             | 3.16         |               |            |            |          | 3.16                               | 0.03  |
| <b>Volumen Total (m<sup>3</sup>/ha)</b> | 1639.46          | 282.58      | 5384.69      | 2791.13       | 1440.43    | 258.37     | 771.59   | 12568.25                           |       |

Anexo 10. Parcelas permanentes de monitoreo para evaluación de la dinámica del bosque según tratamiento aplicado.

| Unidad de Manejo Forestal | Experimento  | Número de PPM según tratamiento |                                      |            |   |           |
|---------------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------|---|-----------|
|                           |              | Testigo                         | Aprovechamiento                      | Liberación | Aprovechamiento + Liberación                      | Total PPM |
| Carmelita*                | 035B         |                                 | 1,2,3,4,5,6                          |            |   | 6         |
| Chosquitán                | 032B         | 2,4,6                           | 1,3,5                                |            |   | 6         |
| Cruce la Colorada         | 043B         |                                 | 1,2,3,4,5,6,7,8                      |            |   | 8         |
| La Colorada*              | 036B         | 2,4                             | 1,2                                  |            |   | 4         |
| La Unión                  | 033B         |                                 | 1,2,3,4,5,6                          |            |   | 6         |
| Las Ventanas              | Las Ventanas | 3,4,5,6,8,9,10,<br>11,14,15,16  | 1,2,7,12,13                          |            |   | 16        |
| Rio Chanchich             | 022B         | 2,6,12,14,16,18                 | 7,9,11                               | 4,8,10     | 1,3,5,13,15,17                                    | 18        |
| San Andrés <sup>+</sup>   | San Andrés 2 |                                 | 1,2,3,4,5,6                          |            |   | 6         |
| San Miguel*               | 002B         | 2,4                             |                                      |            | 1,3,5   | 5         |
|                           | Yarxché      | 28,223                          | 124, 202, 221,<br>225, 304, 307, 329 | 313, 340   | 13, 15, 19, 34, 39,<br>115, 132, 236, 237,<br>314 | 21        |
| Uaxactún                  | Uaxactún 1   | 1,4,6                           |                                      |            | 2,3,5   | 6         |
| Yaloch                    | Yaloch       |                                 | 1,2,3,4,9,10                         |            |   | 6         |
| <b>Total PPM</b>          |              | 55                              | 26                                   | 5          | 22  | 108       |

\*UMF a las cuales ha sido cancelada su concesión.

+el tratamiento aplicado a las ppm en su instalación y primera medición fue testigo, luego el área fue sometida a aprovechamiento.



Anexo 12. PPM por tratamiento y año de establecimiento o medición para el bosque ASPIDOSPERMA/POUTERIA/BROSIMUM.

|                   |                    | Tipo de tratamiento (TE: Testigo – TR: Tratada) |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|-------------------|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| Unidad de Manejo  | Número de Parcelas | TE  | TR   | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR          | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR |  |  |
|                   |                    | 1992  | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 - 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Chosquitán        | 1                  |   |      |      |      |      |      |      |      | 1    |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Cruce La Colorada | 5                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| La Colorada       | 1                  |   |      |      |      |      |      |      |      | 1    |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Las Ventanas 2    | 1                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Las Ventanas 3    | 3                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Las Ventanas 4    | 2                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| La Unión          | 5                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Río Chanchich 1   | 10                 |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Río Chanchich 2   | 4                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| San Andrés        | 3                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| San Miguel 1      | 5                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| San Miguel 2      | 8                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| San Miguel 3      | 3                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Uaxactún          | 3                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Yaloch            | 4                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |

Anexo 13. PPM por tratamiento y año de establecimiento o medición para el bosque MANILKARA/METOPIMUM/VITEX.

|                   |                    | Tipo de tratamiento (TE: Testigo – TR: Tratada) |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                   |                    | TE  | TR   | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR          | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR   | TE   | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR | TE | TR |
| Unidad de Manejo  | Número de Parcelas | 1992  | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 - 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Carmelita         | 5                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      | 5    |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Chosquitán        | 1                  |   |      |      |      |      |      |      |      | 1    |             |      |      | 1    |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Cruce La Colorada | 3                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      | 3    |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Las Ventanas 1    | 2                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      | 1    | 1    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Las Ventanas 2    | 2                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| La Unión          | 1                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      | 1    |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Río Chanchich 1   | 1                  |   |      |      |      |      |      | 1    |      | 1    |             |      |      | 1    |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| San Andrés        | 2                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      | 2    |      |      | 2    |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| San Miguel 2      | 1                  |   |      | 1    |      | 1    | 1    | 1    | 1    |      |             |      |      |      |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Uaxactún          | 2                  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      | 1    | 1    |      | 1    | 1    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

