

CATIE
ST
MT-40
c.2

MANUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAYA, PETÉN, GUATEMALA

Gustavo Israel Pinelo Morales



C846





Serie Técnica
Manual Técnico No. 40

Colección Manejo Forestal en
la Reserva de la Biosfera Maya
Petén, Guatemala
Publicación No. 10



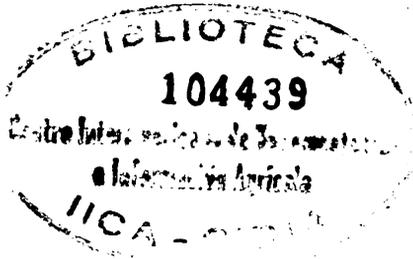
***Manual para el establecimiento de parcelas
permanentes de muestreo en la Reserva
de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala***

✓
Gustavo Israel Pinelo Morales

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
2000

CATIE
ST
MT-40
C. 2

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de posgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2000

ISBN 9977-57-348-4

333.95097281

P 651 Pinelo Morales, Gustavo Israel

Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala / Gustavo Israel Pinelo Morales. - Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2000. 52 p., 27 cm. - (Serie Técnica. Manual Técnico/CATIE; No 40)

ISBN 9977-57-348-4

1. Parcelas Permanentes - Guatemala - Petén 2. Reserva de Biosfera Maya - Guatemala - Petén I. CATIE II Título III. Serie

CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS
PUBLICACION PATROCINADA POR
USAID/Guatemala



CONTENIDO

PRESENTACIÓN	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
1. Introducción	1
2. Parcelas permanentes de medición -PPM-	1
2.1. Objetivos	2
2.2. Forma de las parcelas	2
2.3. Tamaño de las parcelas	2
2.4. Número de parcelas (repeticiones)	3
2.5. Distribución de las parcelas	3
3. Subdivisión de la parcela	4
3.1. Cuadrados (subparcelas)	4
3.2. Subparcelas de regeneración	4
4. Levantamiento	5
4.1. Demarcación y señalamiento	5
4.2. Descripción de la parcela	5
5. Frecuencia y época de mediciones	6
6. Registro y variables de medición	6
6.1. Árboles	7
6.1.1. <i>Número consecutivo</i>	7
6.1.2. <i>Clase de identidad del fuste</i>	8
6.1.3. <i>Nombre común</i>	9
6.1.4. <i>Diámetro del fuste</i>	9
6.1.5. <i>Calidad de fuste</i>	10
6.1.6. <i>Altura comercial</i>	10
6.1.7. <i>Exposición de la copa</i>	11
6.1.8. <i>Forma de la copa</i>	12
6.1.9. <i>Lianas</i>	13
6.1.10. <i>Tratamiento</i>	13
6.2. Para la regeneración	13
6.2.1. <i>Latizales (5,0 - 9,9 cm dap)</i>	14
6.2.2. <i>Brinzales (30 cm altura - 4,9 cm dap)</i>	14
7. Tratamientos silviculturales	14
7.1. Corta de lianas	14
7.2. Aprovechamiento	15
7.3. Liberación	15
7.4. Tratamiento de mejora (saneamiento)	16
7.5. Refinamiento	16
7.6. Raleo	17
7.7. Modificaciones a nivel del suelo	17



8. Técnicas silviculturales	17
8.1. Tala	17
8.2. Anillamiento	18
8.3. Envenenamiento	18
9. Manejo de la información	19
9.1. Registro de datos en el campo	19
9.1.1. <i>Formularios</i>	19
9.2. Procesamiento de la información	20
9.2.1. <i>Ordenación</i>	20
9.2.2. <i>Digitación</i>	20
9.2.3. <i>Impresión y revisión de los datos</i>	21
9.2.4. <i>Corrección</i>	21
9.3. Análisis de la información	21
9.3.1. <i>Distribución por clase diamétrica</i>	22
9.3.2. <i>Incremento</i>	22
9.3.3. <i>Mortalidad</i>	23
9.3.4. <i>Reclutamiento</i>	23
9.3.5. <i>Regeneración natural</i>	24
10. Análisis estadístico	24
10.1 Comparación de medias	25
10.2 Examen de tendencias	25
11. Costos de instalación y medición de PPM	26
11.1. Costos variables de la instalación	26
11.2. Costos variables de la primera medición	27
11.3. Costos variables por monitoreo	28
12. Bibliografía	29
13. Anexos	32

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Códigos para calificar la clase de identidad del fuste de los árboles	8
Cuadro 2. Códigos utilizados para determinar la clase de calidad de fuste de los árboles	10
Cuadro 3. Códigos para calificar la exposición de la copa de los árboles a la luz	11
Cuadro 4. Códigos para calificar la forma de copa de los árboles	12
Cuadro 5. Códigos utilizados para calificar la presencia de lianas en los árboles	13
Cuadro 6. Tabla de distancias para la liberación de árboles	15
Cuadro 7. Detalle de los costos variables por instalación de una PPM en Bio-Itzá, Petén	27



Cuadro 8. Detalle de los costos variables para el primer registro de datos de una PPM en Bio-Itzá, Petén 38

Cuadro 9. Costos variables del primer monitoreo de una PPM en Petén. 39

Cuadro 10. Costos desde la delimitación hasta el primer monitoreo de una PPM en Petén, Guatemala. 39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formas de distribución de las parcelas permanentes de medición. 4

Figura 2. Diseño de una parcela permanente de medición 5

Figura 3. Dirección para el trazado de picas en el levantamiento de una parcela 7

Figura 4. Recomendación para marcar los árboles dentro de las PPM. . 10

Figura 5. Recomendaciones para medir el diámetro de un árbol 13

Figura 6. Códigos recomendados para calificar la calidad de fuste 15

Figura 7. Ilustración de exposición de la copa 17

Figura 8. Calificación de la forma de la copa 19

ANEXOS

Anexo 1. Formulario para la descripción del sitio y levantamiento inicial de una PPM. 47

Anexo 2. Formularios para la toma de datos en el campo 49

Anexo 3. Primera hoja de una verificación de campo impresa del SEMAFOR. 52





PRESENTACION

Desde 1995, el CATIE brinda asesoría técnica al Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP) de Guatemala para consolidar el sistema de concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya. Este apoyo se concreta a través del Proyecto CATIE/CONAP, patrocinado por USAID/Guatemala como parte del Proyecto MAYREMA.

Uno de los objetivos del Proyecto CATIE/CONAP es fomentar el manejo sostenible y diversificado del bosque natural en la región de El Petén. Para ello se requiere contar con información consistente sobre diversos aspectos relacionados con las especies y la dinámica de los rodales, bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo; para obtener esta información se debe hacer un monitoreo a largo plazo de sitios de investigación conformados por parcelas permanentes de muestreo.

Reconociendo la existencia de un interés creciente en el establecimiento de estos sitios de investigación por parte de diversas instituciones públicas, académicas, ONG y empresas forestales de la región de El Petén, el Proyecto CATIE/CONAP busca proporcionarles las herramientas que les permitan estandarizar la instalación y manejo de dichos sitios. Como en anteriores oportunidades, la disseminación del material se realiza por medio de la Colección de Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya.

Con este nuevo ejemplar de la Colección, el proyecto CATIE/CONAP formaliza las pautas para el establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes con base en la metodología desarrollada en años anteriores por I.D. Hutchinson. El documento dedica los primeros capítulos a los diversos aspectos que se deben considerar en la planificación e instalación de sitios de investigación a largo plazo y a una revisión de literatura sobre la implementación de tratamientos silviculturales en estudios de dinámica del bosque. Posteriormente, se discute cómo hacer un manejo apropiado de la información obtenida mediante el monitoreo de las parcelas permanentes con base en el SEMAFOR, un programa de computación producido por el CATIE para la evaluación de bases de datos forestales; también se refiere al análisis cuantitativo y estadístico de la información. Por último, se incluye información detallada sobre los costos y rendimientos esperables para las diversas actividades que comprende el establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes de medición.



*M.Sc. Marlen Camacho Calvo
Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales
Unidad de Manejo de Bosques Naturales*

Digitized by Google 





AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas las personas que de alguna manera han colaborado para la elaboración y publicación del presente manual. Un especial agradecimiento a Carlos Gómez y Francisco Pacheco, con quienes he experimentado durante varios años para "robarle" algunos secretos a la sabia naturaleza.

Muchas gracias a Marlen Camacho, Hugo Brenes, Fernando Carrera, Bas Louman, Scott Stanley y Lorena Orozco por las repetidas revisiones previo a la publicación del documento. En forma especial a Hugo Brenes cuyo trabajo es la base del capítulo sobre manejo de la información.

Por último quiero dejar constancia del agradecimiento muy especial a personas que sin formar parte de CATIE nos brindaron incondicionalmente parte de su preciado tiempo, ellos son: Francis Putz y Frank Wadsworth. Al doctor Wadsworth debo reconocerle la dirección sobre "producción" que se incluyó en el manual.

No podría dejar de mencionar a Ian Duncan Hutchinson que sigue siendo el punto focal desde donde se distribuyen los conocimientos sobre Parcelas Permanentes en Petén, Guatemala.

Gustavo Pinelo

Digitized by Google





1. Introducción

La investigación aplicada es de mucha utilidad en regiones donde no se han desarrollado experimentos silvícolas; sobre todo cuando se pretende realizar un manejo sostenible de los bosques naturales. Un elemento clave para lograr el manejo es la definición de un sistema de monitoreo y evaluación forestal dentro del cual la instalación de Parcelas Permanentes de Medición (PPM), adecuadamente evaluadas, garantizan la generación de información útil para la toma de decisiones.

El proyecto CATIE/CONAP, con la finalidad de contribuir a la investigación forestal en el bosque húmedo subtropical de la Zona de Usos Múltiples - ZUM- de la Reserva de la Biosfera Maya, ha reunido en el presente manual las consideraciones básicas para el establecimiento y monitoreo de PPM. Se incluye, además, información básica sobre tratamientos y técnicas silviculturales aplicables a ese tipo de bosque; sugerencias para el análisis estadístico de los datos, y aspectos financieros relacionados con el monitoreo de las parcelas.

El énfasis del manual es la instalación de PPM para estudios sobre dinámica del bosque en los que se puedan obtener resultados de incremento, mortalidad, reclutamiento de la masa arbórea y abundancia de la regeneración natural. Se propone un tamaño de parcelas de 0,25 ha (50 x 50 m); los usuarios interesados en PPM de una hectárea pueden consultar a Camacho (2000). Las consideraciones técnicas sobre el levantamiento y toma de datos en una parcela, así como el análisis estadístico pueden ser útiles para otro tipo de estudios dasométricos.

El manejo de la información está basado en el SEMAFOR (Sistema para la Evaluación, Monitoreo y Análisis Forestal) desarrollado en el CATIE (Brenes y Martins 1996b¹). Este sistema se fundamenta en el registro, revisión y corrección cautelosa y ordenada de las variables correspondientes a cada uno de los individuos monitoreados en las PPM.

Se espera que el manual contribuya a llenar el vacío de información sobre la temática que nos ocupa, con el fin de avanzar hacia un manejo más efectivo de los bosques naturales bajo el sistema de concesiones forestales actualmente promovido en la región. Además se trata de cubrir las expectativas que sobre investigación forestal aplicada tienen los técnicos que laboran en Petén, de manera que a mediano plazo pueda brindar información confiable para la toma de decisiones eficientes en el proceso de manejo forestal.

¹ Actualmente se está preparando una versión de SEMAFOR en ambiente Windows.



2. Parcelas permanentes de medición -PPM-

Una PPM es una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), o de otro tipo de información previamente determinada.

Las PPM deben ser marcadas en forma conspicua, de tal manera que se facilite la ubicación exacta cuando se regrese a efectuar mediciones periódicas (Hutchinson 1995a).

2.1. Objetivos

En forma general, los objetivos de una red de PPM pueden ser:

1. Monitorear cambios y pronosticar tendencias de la estructura y composición de la vegetación.
2. Obtener información confiable sobre crecimiento, mortalidad, reclutamiento, abundancia de regeneración, tratamientos silvícolas, rendimiento, costos de actividades forestales probadas.
3. Determinar la relación entre el incremento y algunas variables de los árboles, como vigor, exposición de la copa, existencia de lianas.
4. Determinar los efectos de la apertura del dosel y eliminación de árboles que compiten por sitio sobre la mortalidad, reclutamiento y abundancia de regeneración.
5. Elaborar modelos de crecimiento.
6. Determinar, a largo plazo, el índice de calidad de sitio.

2.2. Forma de las parcelas

Se recomienda que una PPM en el bosque tropical tenga forma cuadrada debido al menor perímetro con respecto a parcelas rectangulares, lo que reduce el costo de demarcación y minimiza el riesgo de cometer errores de medición en árboles que se encuentren en el borde de la parcela (Synnott 1991, Alder 1980). No se recomienda la forma circular pues la demarcación en el bosque tropical no es práctica debido a la imprecisión en el levantamiento y a la densa vegetación, aparte de la dificultad para dividirla en subparcelas. Conforme aumenta el tamaño, se incrementa la dificultad de su levantamiento.

2.3. Tamaño de las parcelas

Synnott (1991) y Alder (1980) recomiendan que las PPM en bosques tropicales tengan el tamaño mínimo de una hectárea con la finalidad de abarcar la mayor variabilidad posible, y facilitar el análisis estadístico de la información. Sin embargo, por las características del bosque en Petén: altura total media de 25 m y relativamente pocos árboles gruesos, y además para facilitar el manejo del registro de datos en el campo, se establecieron parcelas de 0,25 ha en bosques primarios intervenidos del Petén. Este se considera un tamaño adecuado para la RBM por las siguientes razones:

- En el departamento de El Petén el número de especies arbóreas > 10 cm dap es relativamente bajo: menos de 500 (UNEPET 1992), comparado con las 1400 especies en bosques muy húmedos de Costa Rica (Zamora 1993).
- Generalmente, el número de árboles por hectárea con ≥ 10 cm dap es mayor de 600 árboles (Pinelo 1997).
- El porcentaje de árboles gruesos (mayores de 60 cm dap) es menor que el encontrado en bosques muy húmedos (Carrera 1993, Quirós y Finegan 1994, Vásquez 1995, Delgado *et. al.* 1997).

Para la medición de los daños causados por un aprovechamiento forestal podría ser conveniente utilizar parcelas de una hectárea; aunque en bosques de poca extensión, donde no es posible instalar un número adecuado de PPM de ese tamaño, se podría capturar la variancia en cuatro parcelas de 0,25 ha de mejor forma que en una PPM de una hectárea.

En bosques donde la mayoría de los árboles dominantes y codominantes son muy altos y con diámetros mayores, las parcelas de 0,25 ha no son adecuadas para estudios de dinámica del bosque (mortalidad y reclutamiento), debido a que la caída de uno de ellos alteraría, en un área significativamente grande, la mortalidad de los individuos vecinos más pequeños. La variabilidad que eso implica podría controlarse con un buen número de repeticiones de parcelas de un cuarto de hectárea.

En general, el tamaño de las parcelas está en función de los objetivos de la investigación. Para el caso de la RBM, y en especial para la metodología propuesta en este trabajo, las PPM de 0,25 ha se adapta a la mayoría de las áreas de bosque en El Petén.

2.4. Número de parcelas (repeticiones)

El número adecuado de PPM (repeticiones) requeridas en un sitio bajo manejo puede definirse en función de la variancia capturada para el paráme-



tro de interés y de la precisión estadística requerida en el análisis de la información. Synnott (1991), para bosques uniformes, recomienda establecer un número de parcelas que en total cubran una superficie equivalente a una tasa de 0,25 a 0,4% del área de bosque en estudio. La metodología que se plantea en este trabajo considera que es suficiente establecer un mínimo de seis PPM por área de corta (de 100 a 200 ha), siempre que pertenezcan a un mismo estrato o tipo de bosque, hasta llegar al número requerido por estrato, según la variancia espacial obtenida.

2.5. Distribución de las parcelas

Las PPM se pueden distribuir al azar o en forma sistemática, pero siempre basadas en la estratificación; es decir, en condiciones similares (estratos) para posteriormente comparar y unir los resultados obtenidos en cada una de ellas. No obstante, todas las áreas deben tener la misma probabilidad de ser incluidas en una parcela.

Cuando el objetivo es estudiar el comportamiento de ciertas especies comerciales, la aleatorización debe tomar en cuenta las áreas con mayor abundancia de dichas especies, pues si se incluye toda el área cabe la posibilidad de que las parcelas se instalen en zonas donde es mínima la presencia de las especies de interés.

La Fig. 1 ilustra las dos formas de distribución espacial de las parcelas permanentes.

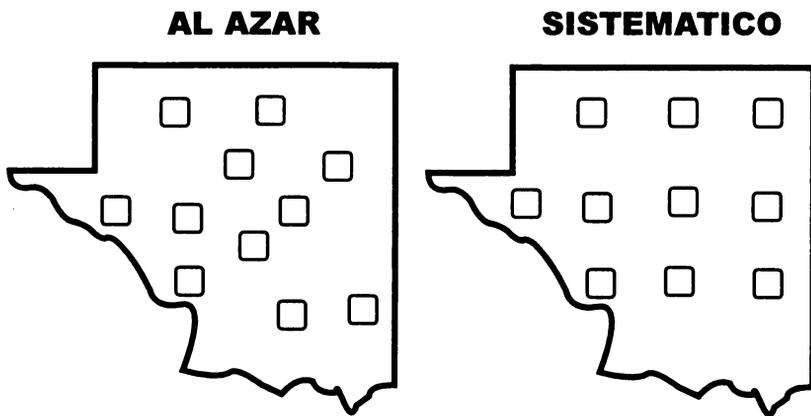


Fig. 1. Formas de distribución de las parcelas permanentes de medición.

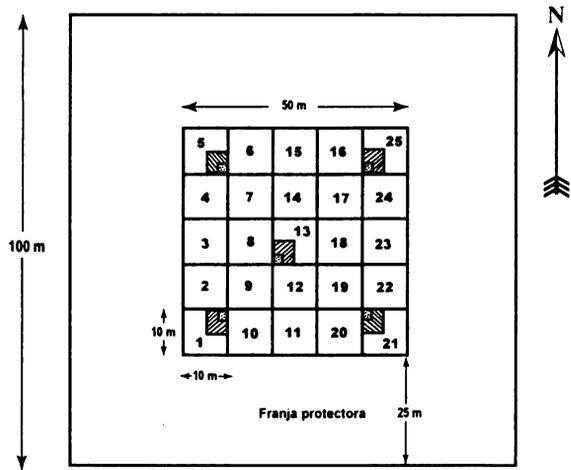


3. Subdivisión de la parcela

El diseño al que se refiere el presente manual se basa en el propuesto por Hutchinson (1993a). Este diseño abarca un área efectiva de 50 x 50 m (0,25 ha) en donde se registra la información de cada uno de los árboles >10 cm dap. Adicionalmente, se establece una faja de 25 m de ancho (relacionada con la altura del dosel), denominada 'faja protectora', con la finalidad de evitar los efectos del área boscosa no tratada en el perímetro de la parcela (efecto de borde). En las PPM donde se realizan tratamientos, el mismo tipo de tratamiento deberá efectuarse en la faja protectora, pues de esta forma se minimiza el efecto de borde.

3.1. Cuadrados (subparcelas)

Para una mayor facilidad en el manejo de la información, el área efectiva se divide en 25 cuadrados de 10 x 10 m, ya que de esta manera se facilita la ubicación y verificación de los datos para cada uno de los árboles medidos. A cada cuadrado se le asigna un número del uno al 25, iniciando en la esquina sur-oeste, hacia el norte hasta llegar al número cinco; luego se cambia de sentido hacia el sur para llegar al cuadrado número 10 y así sucesivamente hasta terminar en el número 25 (Fig. 2).



REFERENCIAS
 Subparcelas de regeneración:
 Brinzales 2x2 m □
 Latizales 5x5 m ▨
 FUENTE: Hutchinson, 1993a

Fig. 2. Diseño de una parcela permanente de medición.



3.2. Subparcelas de regeneración

Con la idea de determinar los cambios en la abundancia de brinzales y latizales se establecen cinco subparcelas de regeneración, las cuales se levantan en las cuatro esquinas y en el centro de la PPM (Fig. 2). Los brinzales se cuentan en un área de 2 x 2 m y los latizales en un cuadrado de 5 x 5 m. Si se desea profundizar en el desarrollo de la abundancia de la regeneración, se recomienda instalar el doble de subparcelas para brinzales y que el conteo de latizales se efectúe en todo el cuadrado (10 x 10 m) pues así se logra una mayor representatividad de las especies encontradas en la PPM.

El criterio que se toma para definir brinzales y latizales es el siguiente:

Brinzales: Vegetación leñosa con más de 30 cm de altura y menos de 5 cm dap.

Latizales: Individuos ≥ 5 cm y < 10 cm dap.

Dependiendo de los objetivos del estudio, se podría incluir especies de arbustos. Es recomendable anotar algunas especies como palmas, bambú, gramíneas que pueden afectar el establecimiento de especies de interés comercial.

4. Levantamiento

4.1. Demarcación y señalamiento

La demarcación de la PPM se hace abriendo una pica y tratando de minimizar los efectos del corte de vegetación. Para realizar levantamientos precisos es conveniente utilizar cinta métrica y una estaca que llegue a la altura del ojo del técnico, sobre la que se coloca la brújula con nivel interno; en el extremo se amarra un pañuelo para poder nivelar la brújula. A cada 10 m se coloca una baliza de PVC (tubo de cañería) o una estaca de alguna madera durable (cortada fuera de la PPM), con la finalidad de que en futuras mediciones se ubique perfectamente la parcela. Las esquinas deben señalarse con postes permanentes ó con zanjas en forma de "L" que tengan dimensiones de 20 cm de ancho, 25 cm de profundidad y un metro de longitud (Synnott 1991, Ugalde 1995).

Para minimizar errores en la dirección de la pica se recomienda trazar la parcela, de cinco en cinco cuadrados, de la forma siguiente: 50 m hacia el norte y luego 10 m al este; posteriormente, 50 m hacia el sur, de manera que esa pica llegue al borde sur de la parcela, en dirección oeste-este. Luego se trazan otros 10 m al este, se avanza 50 m al norte para cuadrar con los 20 m en el borde norte; así sucesivamente hasta trazar los 25 cuadrados de 10 x 10 m (Fig. 3).

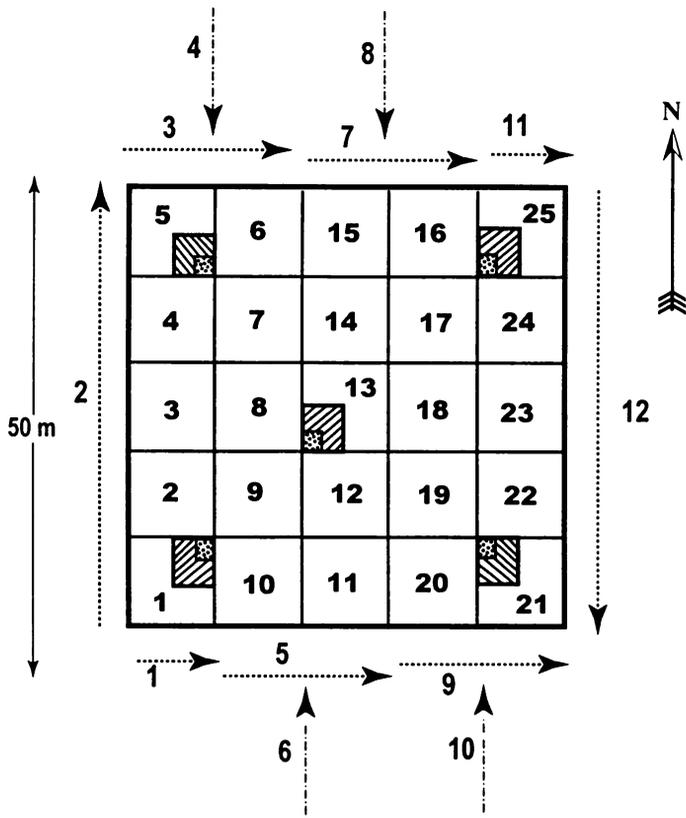


Fig. 3. Dirección para el trazado de picas en el levantamiento de una parcela.

4.2. Descripción de la parcela

Cuando se realice el levantamiento de las PPM es indispensable describir el estado inicial de la parcela y del sitio donde se establecen, los objetivos y el tratamiento correspondiente. Durante las mediciones periódicas siguientes, se recomienda hacer un resumen de los distintos sucesos ocurridos entre las mediciones consecutivas. Según Synnott (1991), la descripción inicial debe incluir los siguientes aspectos.

1. El mayor grado de detalle de la localización y levantamiento de la parcela y la línea de acceso para asegurar su localización en las mediciones siguientes. Pueden usarse desde coordenadas con GPS hasta marcas; por ejemplo, en rocas con dirección (azimut) y distancia.



2. Descripción de algunas características estables del sitio, tales como tipo de suelo, aspecto, pendiente, geología e historia, los cuales serán útiles para clasificar, interpretar y analizar los resultados de toda la red de PPM.
3. Descripción del estado inicial de la flora y si es posible de la fauna; especialmente la flora del sotobosque con la finalidad de obtener información básica que permita estimar los cambios que puedan ocurrir en el futuro. Cuanto más detallada sea la descripción, más efectiva será para detectar cambios en el sitio a largo plazo.

Para sistematizar la información en la descripción de la PPM es recomendable utilizar un formulario diseñado para el efecto (Anexo 1). Desde este momento, pensando en el procesamiento de la información, es necesario establecer formalmente un sistema para asignar códigos numéricos a los siguientes datos:

- código del país
- tratamiento
- código del sitio
- número de experimento

5. Frecuencia y época de mediciones

Los primeros registros de datos en PPM requieren de un cuidado especial para poder verificar la información que será la base de los análisis. Por esta razón, la frecuencia de mediciones debe planificarse con base en la siguiente propuesta:

- ◇ Las primeras tres mediciones se realizarán:
 - antes del tratamiento
 - después del tratamiento
 - un año después del tratamiento
- ◇ Las siguientes mediciones se ejecutarán cada tres o cinco años, dependiendo del nivel de interferencia de los pobladores en el área.

Se proponen las primeras tres mediciones en aproximadamente un año con el objetivo de que al final del primer año se tenga plena seguridad de que la base de datos está totalmente depurada.

La época en la cual se realice cada medición debe tomar en cuenta los efectos estacionales; es decir, tratar de efectuar las mediciones siguientes en el mismo mes en que se registró la medición después del tratamiento.



6. Registros y variables de medición

Antes de iniciar el registro de la información debe preverse el tipo de datos que se registrarán en cada una de las PPM, así como también en qué parcelas se realizarán los tratamientos y cuáles servirán como testigo. Los datos que se registren dependerán de los objetivos del experimento. En el caso de que el objetivo sea la producción de madera, es necesario determinar la lista de especies arbóreas comerciales y potenciales que están ingresando al mercado en la región, que serán favorecidas por el tratamiento.

En general, se consideran las siguientes variables y registros:

6.1. Árboles

6.1.1. Número consecutivo

En el formulario de campo, a cada árbol se le asigna un número consecutivo según aparece dentro del registro en el cuadrado. Este número, aunque el árbol muera o se corte, siempre lo identificará y a ningún otro árbol que ingrese posteriormente podrá asignársele el mismo número.

Para efectos de una mejor identificación en el campo, cada árbol es marcado con pintura y con etiquetas de aluminio, utilizando para ello dos números: arriba el número del cuadrado y abajo el número consecutivo del árbol correspondiente, el cual fue anotado en el formulario (ej. 1/3). Se recomienda que la línea que se traza entre los dos números, se pinte exactamente en donde se mide el diámetro y que las etiquetas de aluminio se coloquen 30 cm arriba de esa misma línea. Esto facilitaría determinar lo más acertadamente posible el punto de medición del diámetro en el caso de que se borre la pintura o que algún intruso quite la etiqueta de aluminio (Fig. 4). Cuando se va a talar, anillar o envenenar un árbol es conveniente colocar la etiqueta en la parte inferior del fuste. Es recomendable utilizar clavos de aluminio para fijar las etiquetas y dejarlos dos o tres centímetros fuera para no afectar profundamente la madera y prever el crecimiento del árbol.

Para identificar con exactitud el punto de medición del diámetro, se puede rayar levemente, con el extremo de metal de la cinta diamétrica, el lugar donde tomó dicha medición. Además, es recomendable que la marcación de los árboles se realice de tal manera que al recorrer el cuadrado, la numeración quede frente a la dirección del trayecto que el técnico realiza al moverse de un cuadrado a otro; es decir, que le quede visible cuando registra datos en la fila de cuadrados al norte (1 – 5, 11 – 15, 21 – 25) o al sur (6 – 10, 16 – 20).

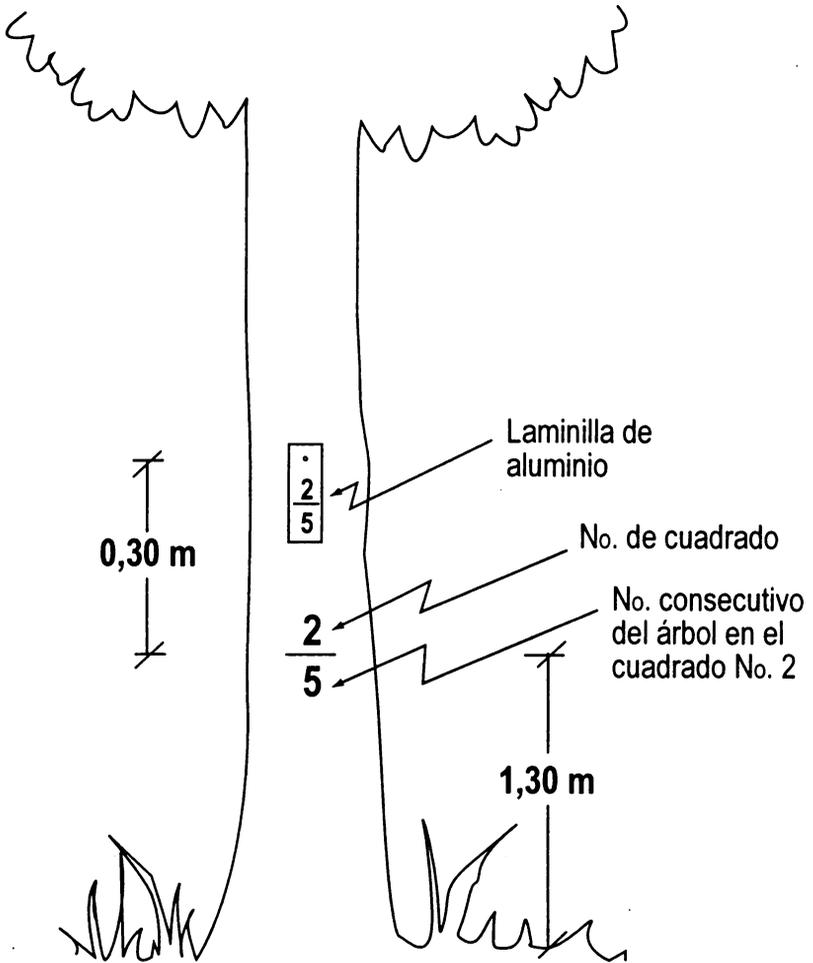


Fig. 4. Recomendación para marcar los árboles dentro de las PPM.

6.1.2. Clase de identidad del fuste

Esta variable se refiere a la inclinación y características físicas del fuste (estado actual del árbol). Se define la inclinación cuando se considera que en futuro, el árbol pueda caer debido a su inclinación. Los códigos que se utilizan para la clase de identidad del fuste se muestran en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Códigos para calificar la clase de identidad del fuste de los árboles.

Características	Fuste *		Tocón **		No encontrado
	Completo	Quebrado	Quebrado	Cortado	
Árboles					
vivo en pie	111	112	113	114	119
vivo inclinado menos de 29°	121	122			129
vivo inclinado 30° o más	131	132			139
fuste curvado (media luna)	141	142			149
vivo caído	151	152	153		159
muerto en pie	161	162	163	164	169
muerto caído	171	172	173		179
Rebrotos					
vivo en pie	211	212	213	214	219
vivo inclinado menos de 29°	221	222			229
vivo inclinado 30° o más	231	232			239
vivo caído	241	242	243		249
muerto en pie	251	252	253	254	259
muerto caído	261	262	263		269
Palmas: (altura hasta el punto final del fuste leñoso)					
+ de 2 m altura total, vivo en pie	511	512	513	514	519
+ de 2 m altura total, vivo caído	521	522	523	-	529
+ de 2 m altura total, muerto	531	532	533	534	539
0,30-1,99 m, vivo en pie	551	552	553	554	-
0,30-1,99 m, vivo caído	561	562	563	-	-

* Altura total mayor a 4 m

** Altura total menor a 4 m

Fuente: Hutchinson 1992a

Esta codificación es una herramienta útil para llevar un control sobre las diferentes condiciones de cada individuo registrado en las mediciones, ya que al final se tiene una idea de las posibles causas de los cambios ocurridos. La aplicación de los códigos anteriores por parte de los propietarios de bosques, a quienes les interesa una clasificación para efectos de producción, puede resumirse de la forma siguiente:

◊ vivo en pie, vertical	111
◊ vivo en pie, inclinado menos de 30°	121
◊ vivo, "sin porvenir" productivo	199
◊ muerto	169

6.1.3. Nombre común

Esta variable se refiere al nombre común o vernacular de cada árbol, el cual posteriormente debe ser identificado con su nombre científico. Para ello deben usarse listados confiables de especies arbóreas, muestras botánicas o un especialista.

6.1.4. Diámetro del fuste

El diámetro del fuste del árbol se puede medir con cinta diamétrica de 2, 5 ó 10 m de longitud, preferiblemente con cinta de metal (porque no estira) o de fibra de vidrio; la medida se toma al milímetro completo. Se recomienda redondear al milímetro inferior, ya que se considera como un error sistemático que puede ser ignorado (Synnott 1991). Si se requiere de mayor precisión, podría tomarse la circunferencia a 1,30 m y posteriormente transformarlo a diámetro, dividiendo por " π ", siempre y cuando todas las mediciones se tomen de esa forma.

Aunque lo ideal es medir el diámetro a la altura del pecho (1,30 m desde el suelo), es importante notar que algunas veces no debe hacerse en ese punto por razones de daños, acanaladuras, defectos de nudos, etc. En cualquiera de estos casos, el diámetro debe medirse en una parte libre de daños y defectos, o 30 cm arriba de donde terminan las gambas o canales. El lugar de medición debe marcarse de la forma como se describió antes; además se debe anotar esa observación en el formulario respectivo. Cuando se está realizando el primer registro o medición, quien mide el diámetro puede cargar con él una baliza de 1,30 m de longitud que le sirva de guía para ubicar el punto de medición. Si en esa misma baliza se marca al metro, la otra parte de 30 cm podría servir para medir el punto arriba de donde se midió el diámetro para colocar la laminilla de aluminio².

Cuando se mide el diámetro es necesario limpiar musgos y apartar las lianas de la circunferencia alrededor del punto de medición con el objeto de que no afecten la medida que se registra. Si se miden árboles en parcelas testigo, en lo posible no deben cortarse las lianas. En el caso de PPM tratadas, en las siguientes mediciones después del tratamiento de liberación de

² Esa misma parte de la baliza (30 cm) se utiliza también para determinar si una plántula llega a la categoría de brinjal (30 cm de altura total).



lianas ya no deberían cortarse nuevamente hasta que se planifique un nuevo tratamiento de esa naturaleza.

En el caso de árboles que poseen más de un eje en el fuste (horquilla-dos) y que la altura de 1,30 m está sobre la bifurcación, cada eje debe tomarse como si fuera un individuo pues de esta forma el área basal que se calcule es más representativa, aunque para efectos de determinar la abundancia es indispensable registrarlo como un solo individuo. Estos y otros casos sobre la medición del diámetro se ilustran en la Fig. 5.

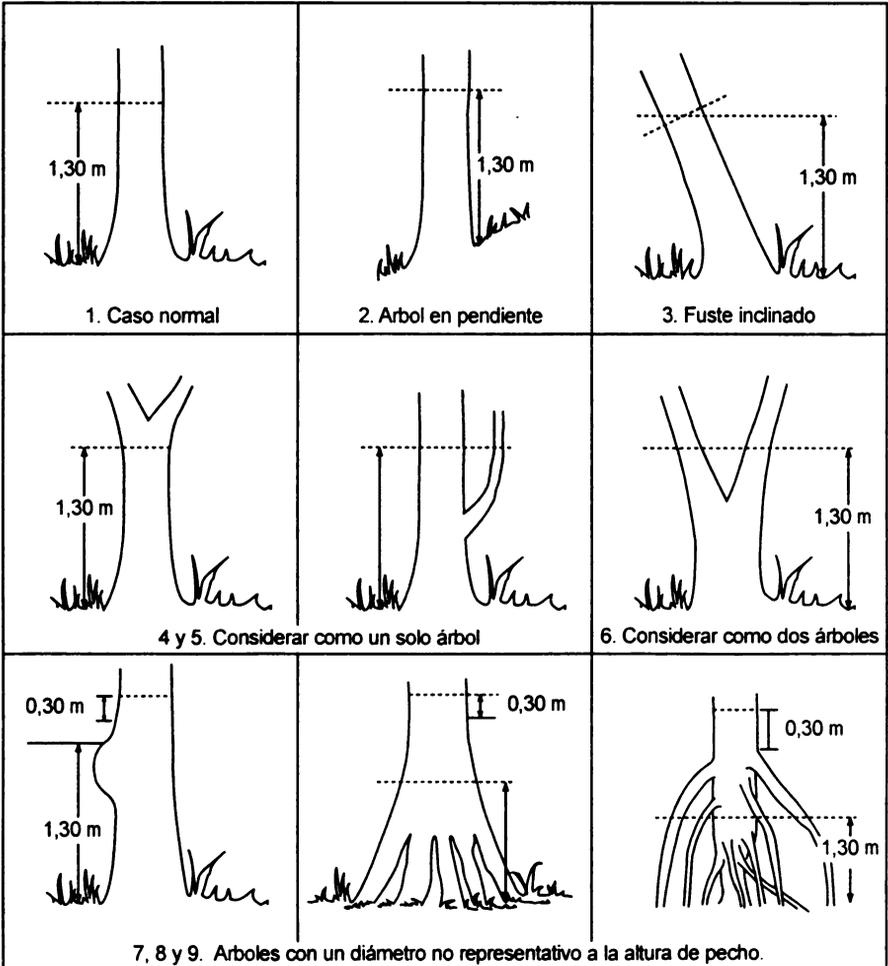


Fig. 5. Recomendaciones para medir el diámetro de un árbol.

Fuente: CATIE 1998



6.1.5. Calidad de fuste

Esta variable generalmente es utilizada para estudios de producción de madera aunque se considera de gran utilidad cuando se complementa con la clase de identidad y otras variables registradas para cada árbol. Su clasificación se basa en características fitosanitarias y potencial para producción de trozas. Hutchinson (1992a) propone la utilización de los códigos que aparecen en el Cuadro 2, e ilustrados en la Fig. 6.

Cuadro 2. Códigos utilizados para determinar la clase de calidad de fuste de los árboles.

Clase de calidad de fuste	No. Código
Comercial actualmente	1
Comercial en el futuro	2
Comercial en el futuro pero con la base podrida (quemada)	3
Deformado	4
Dañado	5
Podrido	6

Fuente: Hutchinson 1992a

La calidad de fuste actual o futuro, basado en el diámetro mínimo de corta de cada especie, se determina según la porción recta del fuste (por lo menos 3 m de largo ó según las especificaciones de cada región).

6.1.6. Altura comercial

La altura comercial es necesaria en estudios de producción que interesan a los dueños de bosques, por ser una de las variables que influyen en el volumen de un árbol. Cuando se planifican estudios sobre producción de volumen, la altura comercial debe ser tomada en cuenta. Aunque en el bosque tropical es difícil de medir, para lograr la mayor precisión posible se recomienda el uso de instrumentos de precisión, tales como el clinómetro, hipómetro digital (vertex) y el pentaprisma para determinar la altura comercial y el diámetro menor, respectivamente. Synnott (1991) indica que se pueden utilizar varillas seccionadas de fibra de vidrio o aluminio.

6.1.7. Exposición de la copa

La iluminación que recibe la copa de los árboles es una de las variables más importantes en el estudio de crecimiento, pues existe una alta correlación entre el nivel de iluminación y la tasa de crecimiento de los árboles (Hut-



chinson 1993c, Finegan 1981 citado por Hutchinson 1993b, Finegan 1995, Siteo 1992, Finegan, Camacho y Zamora 1999).

El sistema que se emplea con esta metodología para calificar la exposición de la copa de los árboles a la luz es el desarrollado por Dawkins (1958) citado por Hutchinson (1993b).

Clasificación del árbol 1		1		1		1	
2		2		Clasificación del árbol 2		2	
4		4		Clasificación del árbol 4		5	
6		6		6		6	

Fig. 6. Códigos recomendados para calificar la calidad de fuste.

Fuente: Hutchinson 1992a.



Cuadro 3. Códigos para calificar la exposición de la copa de los árboles a la luz.

Iluminación de la copa	No. código
Emergente	1
Plena vertical	2
Vertical parcial	3
Iluminación oblicua	4
Nada directa	5

Fuente: Hutchinson 1993b, adaptado de Dawkins 1958.

Emergente (1): Se aplica cuando toda la copa recibe luz durante el día. La luz penetra en un ángulo de 45° por dos lados de la copa.

Plena vertical (2): Toda la copa, al medio día, recibe luz vertical.

Vertical parcial (3): Parte de la copa recibe luz vertical.

Iluminación oblicua (4): Parte de la copa, en algún momento del día, recibe luz en dirección oblicua debido a que se encuentra sombreada por el dosel superior.

Nada directa (5): Árboles dominados que no reciben luz directa.

En la Fig. 7 se ilustran las categorías descritas. Aunque esos códigos se refieren a una calificación subjetiva, un experimento realizado en La Selva, Costa Rica, mostró que la utilización del código visual tiene un coeficiente de determinación más alto -en relación con el crecimiento- que el encontrado mediante el uso de fotómetros (Díaz 1995). En ese mismo lugar, Nicolas *et al.* (1991) citado por De Lucca (1993), constató un 70% de coincidencia entre diferentes observadores que utilizaron códigos visuales, similares al propuesto por Dawkins (1958).

Tomando en cuenta las categorías en las que es notorio el incremento de los árboles, para efectos de estudios de producción, esas cinco categorías se pueden agrupar en tres (Hutchinson 1995b):

- Buena Categorías 1 y 2
- Aceptable Categoría 3
- Deficiente Categorías 4 y 5

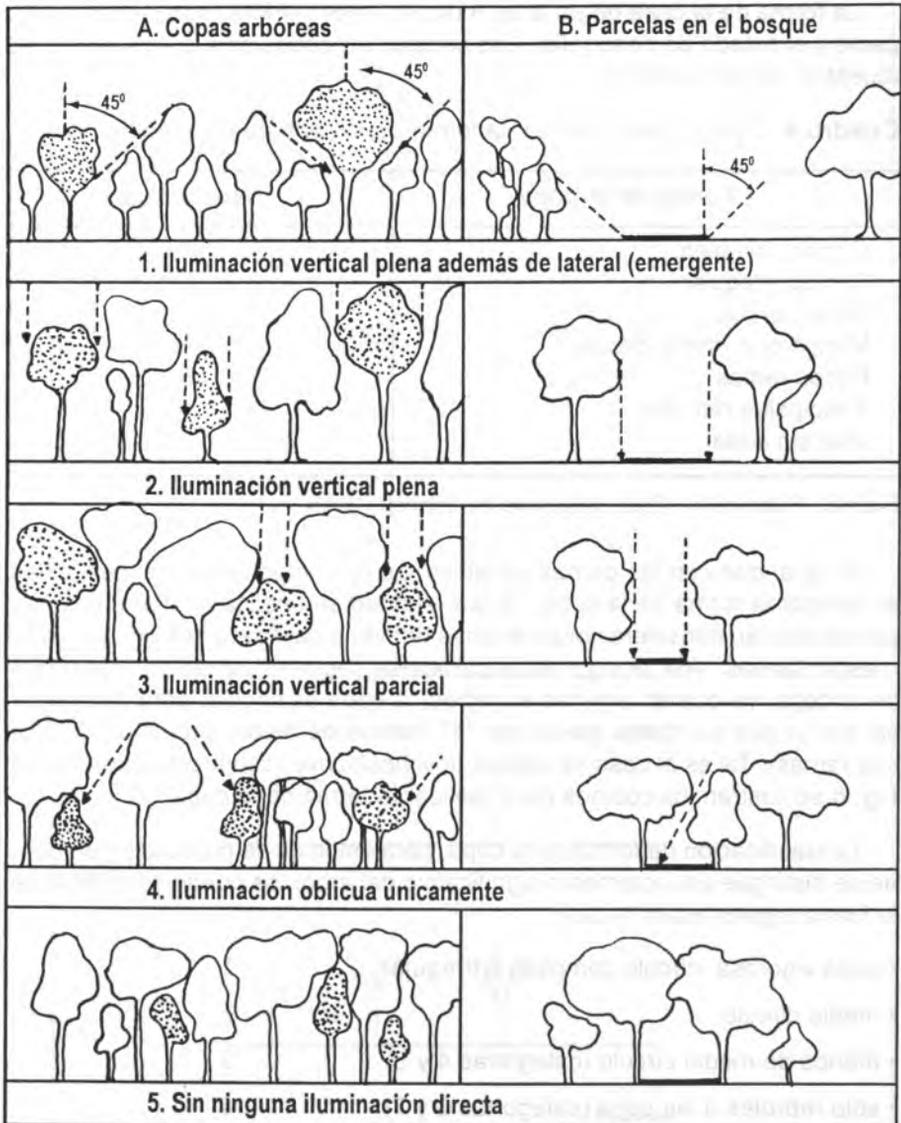


Fig. 7 Ilustración de la exposición de la copa

Fuente: Hutchinson 1993b, adaptado de Darkins 1958



6.1.8. Forma de la copa

La forma de la copa de un árbol indica el vigor del individuo, según la especie y el estado de desarrollo. Los códigos utilizados para esta variable se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Códigos para calificar la forma de la copa de los árboles.

Forma de la copa	No. código
Círculo completo	1
Círculo irregular	2
Medio círculo	3
Menos que medio círculo	4
Pocas ramas	5
Principales rebrotes	6
Vivo sin copa	7

Fuente: Hutchinson 1992a, adaptado de Synnott (1991).

Al igual que con las demás variables, es muy importante ser meticuloso al calificar la forma de la copa, ya que cuando se analiza la información se puede caer en consideraciones erradas debido a calificaciones equivocadas o espontáneas. Así, el vigor debe calificarse según el contenido (densidad) de la copa, ya que en algunas especies, la copa es circular pero poco densa, por lo que su código puede ser "4" (menos de medio círculo) o "5" (pocas ramas). Tal es el caso de *Acacia dolichostachya* (subín colorado). En la Fig. 8 se ilustran los códigos para calificar la forma de la copa.

La clasificación de forma de la copa, para estudios de producción en donde se distingue un incremento significativo del árbol, se puede simplificar de la forma siguiente:

- copa vigorosa, círculo completo ó irregular 1
- medio círculo 2
- menos de medio círculo (categorías 4 y 5) 3
- solo rebrotes o sin copa (categorías 6 y 7) 4

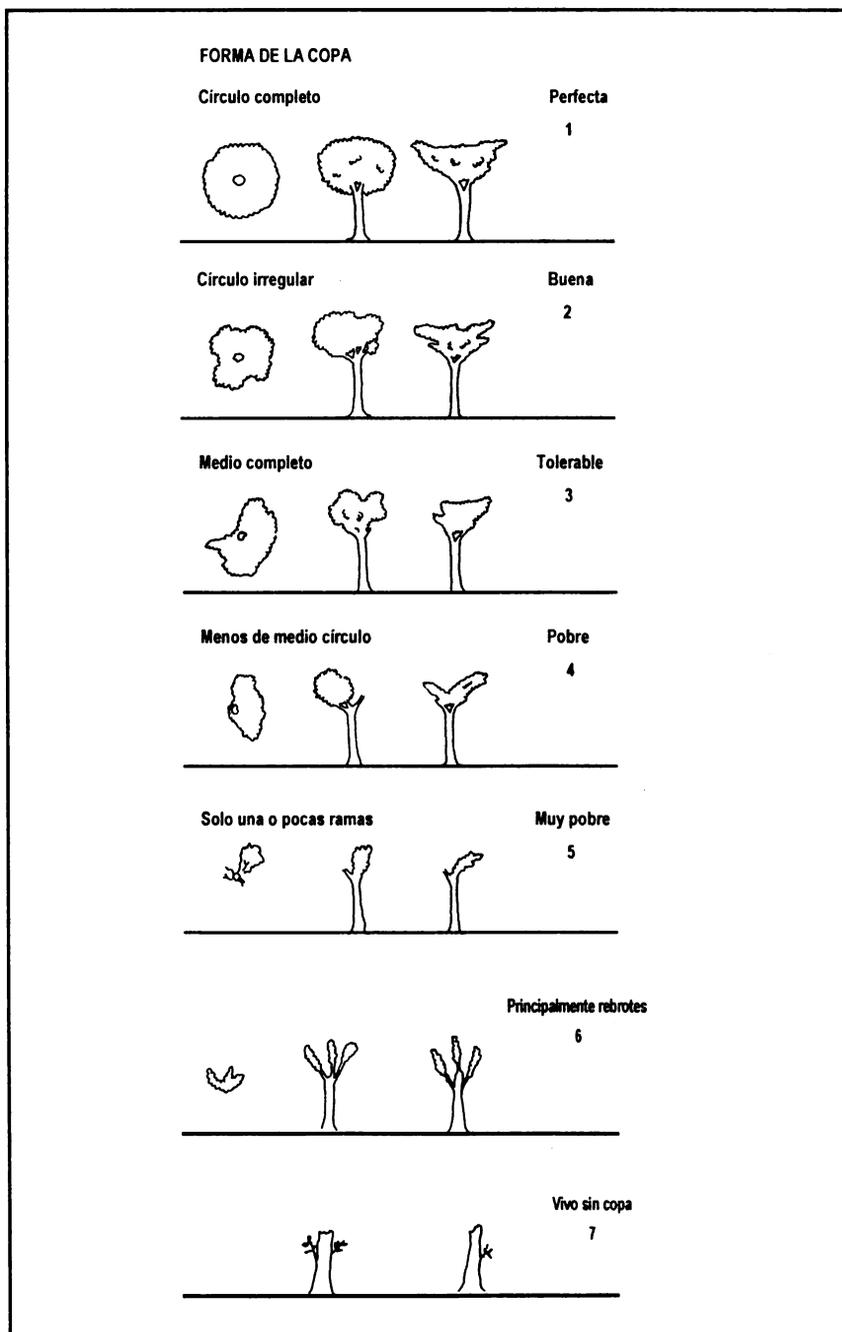


Fig. 8. Calificación de la forma de la copa

Fuente: Hutchinson 1992, adaptado de Synnott (1991).



6.1.9. Lianas

Las lianas pueden llegar a tener un efecto muy negativo en el desarrollo de los árboles; tanto es así que pueden influir en el crecimiento del árbol, debido a que al alcanzar la copa del individuo no permiten una aceptable exposición a la luz. Además pueden llegar a afectar la forma del fuste y hasta la supervivencia del individuo afectado. En el Cuadro 5 se describen los códigos usados para calificar la presencia de lianas, basados en la parte afectada y la intensidad de la presencia.

Cuadro 5. Códigos utilizados para calificar la presencia de lianas en los árboles.

Trepadoras leñosas	No. código
Ninguna visible en el fuste	
- No visibles en copa	1
- Existentes en copa	2
- Cubriendo más del 50% de la copa	3
Sueltos en el fuste	
- No visibles en la copa	4
- Existentes en la copa	5
- Cubriendo más del 50% de la copa	6
Apretando el fuste	
- No visibles en copa	7
- Existentes en copa	8
- Cubriendo más del 50% de la copa	9

Fuente: Hutchinson 1992a

6.1.10. Tratamiento

Esta variable se refiere al tratamiento individual que se planifica para cada árbol. Los códigos utilizados no se refieren al tratamiento y técnica silvícola que se aplica en el experimento montado (liberación, testigo, etc.), sino a la categoría de árbol (Pinelo 1997).

11 Árboles seleccionados: Aquellos que por su especie, características fitosanitarias y criterios de calidad de fuste y vigor se planifica favorecer en el tratamiento. En el caso de las PPM testigo, se les denomina seleccionables y son aquellos que cumplen con los requisitos anteriores pero que por formar parte de una PPM testigo, no son tratados.



99 Árboles no seleccionados: Aquellos que no cumplen con los requisitos de árbol seleccionado, por lo que no se toman en cuenta para aplicar el tratamiento respectivo.

21 Árboles por eliminar: Los que reciben el tratamiento respectivo (anillamiento, envenenamiento, tala, etc.). En la PPM testigo también se utiliza el mismo código, pero no se implementa el respectivo tratamiento³.

80 Árboles reclutas (ingresos): Los individuos que en la siguiente medición habrán alcanzado el diámetro mínimo establecido, dependiendo del diámetro mínimo de los árboles que se registran⁴.

Estos códigos para cada árbol se mantienen de la forma como se registraron en la primera medición durante el tiempo que dure el estudio. El objetivo de mantener el mismo código es poder determinar en cualquier momento del estudio si el individuo se eliminó, se reclutó o se seleccionó.

6.2. Para la regeneración

6.2.1. Latizales (5,0 – 9,9 cm dap)

Para los latizales en las cinco subparcelas de regeneración, según el diseño de CATIE, se registran los siguientes datos:

- Número consecutivo, el cual se marca con pintura en el tallo de cada latizal o con una etiqueta de aluminio
- Nombre común, también llamado nombre vernacular
- Rebrote ó planta, se especifica si el latizal es un rebrote o un individuo particular
- Clase de Iluminación, se registra el código de exposición de la copa de cada latizal
- Dap en cm

6.2.2. Brinzales (30 cm altura – 4,9 cm dap)

En el centro de la subparcela de 2 x 2 m, a un metro de altura, se califica la iluminación que penetra y se realiza un conteo, anotando los siguientes datos:

- Nombre común
- Número de brinzales y/o rebrotes dentro de la subparcela

³ Si en un mismo experimento se utilizan dos técnicas para eliminación de árboles, es adecuado emplear un código diferente para cada una de ellas.

⁴ Si la investigación lo requiere, es conveniente determinar el número de ingresos por clase o grupos de clases diamétricas, así como también ese dato en latizales.



7. Tratamientos silviculturales

Debido a la importancia de la implementación de tratamientos silvícolas, a continuación se describen lineamientos básicos de algunos de ellos, así como también las técnicas que podrían realizarse en PPM para estudios de dinámica del bosque. En general, esta sección se basa en Hutchinson (1992b).

7.1. Corta de lianas

La abundancia de lianas varía en cada área boscosa, por lo que en un sitio donde la cantidad es alta, es necesario cortarlas por las siguientes razones:

- mejora el acceso al bosque
- abre el dosel
- antes del aprovechamiento o del tratamiento silvícola, separa los árboles que están unidos por las lianas, para reducir los daños resultantes del aprovechamiento
- reduce la infestación de lianas que rebrotan de tallos caídos

Al cortar las lianas debe tenerse cuidado de no dañar la albura de los árboles, tanto de especies deseables como sin valor comercial, pues esos daños podrían aumentar la tasa de mortalidad. Se recomienda cortar cada liana en dos partes, un corte al nivel del suelo y otro lo más alto que se pueda. Hutchinson (1995b) recomienda envenenar las lianas después de cortarlas.

Conociendo que las lianas son totalmente heliófitas, al momento de efectuar cualquier tratamiento debe tomarse en cuenta que una gran apertura del dosel favorecería este tipo de vegetación.

7.2. Aprovechamiento

El aprovechamiento forestal mejorado muchas veces se considera como un tratamiento silvicultural, ya que la tala de árboles maduros comerciales abre el dosel, y al reducir el área basal disminuye la competencia por sitio. Sin embargo, el aprovechamiento por sí solo no es suficiente para provocar una reacción positiva para inducir la regeneración natural o aumentar la tasa de incremento de todos los árboles seleccionados, pues las aperturas del dosel dependen de la ubicación de los árboles a extraer y no de la cercanía de árboles seleccionados de futura cosecha.

7.3. Liberación

Este es un tratamiento altamente selectivo que se aplica a árboles individuales inmaduros (generalmente con más de 10 cm dap, pero menos que el diámetro mínimo de corta) de las especies con valor comercial, seleccionados con base en criterios de buena calidad de fuste y vigor. Alrededor de cada árbol seleccionado de futura cosecha se eliminan los individuos que compiten por espacio y luz (Carrera y Quirós 1996).

En este tipo de tratamiento, para todos los árboles seleccionados se propone eliminar:

- Todos los árboles que por roce o contacto directo dañan o podrían dañar el árbol seleccionado.
- Los árboles más altos que por su copa reducen el ingreso de luz solar a la copa del seleccionado.
- Las lianas leñosas presentes en el fuste o que llegan hasta la copa de un árbol seleccionado.
- Árboles seleccionables de menor calidad que se encuentran ubicados a menos de 2 m del individuo seleccionado (Hutchinson 1995b).

Wadsworth (1996), para determinar si se elimina un árbol cercano al seleccionado, elaboró una tabla de distancias que se basa en la suma de los diámetros de dichos árboles y la distancia que existe entre ellos (Cuadro 6). Esa tabla podría utilizarse como complemento a los lineamientos anteriores para escoger los árboles por eliminar, cuando las copas de los dos individuos en referencia se encuentren a la misma altura.

Cuadro 6. Tabla de distancias para la liberación de árboles.

Suma de los dos dap (cm)	Distancia mínima (m)
20 – 39	3
40 – 59	5
60 – 79	7
80 – 99	8
> 100	9

Fuente: Wadsworth 1996.

En Petén, el tratamiento de liberación requiere de mucha cautela porque el mercado de especies no tradicionales se encuentra en una fase inicial y, aunque ya se han determinado especies potencialmente comerciales, no se



conoce con exactitud qué otras especies podrían pasar a formar parte de este. De cualquier forma, vale la pena analizar si es conveniente sacrificar el incremento de individuos comerciales por la permanencia de otros que posiblemente entrarán al paquete de especies comerciales, pero que es difícil que su precio supere el valor del incremento de los ya comerciales³.

7.4. Tratamiento de mejora (saneamiento)

Este tratamiento, dirigido específicamente a individuos con dap mayor al diámetro mínimo de corta, consiste en eliminar los fustes sobremaduros, defectuosos o sin valor, con la finalidad de proporcionar espacio suficiente a los árboles de las especies deseables. Es una operación de saneamiento implementada como una fase introductoria y efímera hacia el mejoramiento del bosque, pero indispensable antes de pensar en inducir la regeneración natural.

En casos muy puntuales y reducidos, y tomando en cuenta el mercado para decidir talar o envenenar, se podría aplicar este tratamiento junto con el aprovechamiento forestal para reducir costos y que los árboles de especies deseables puedan desarrollarse mejor.

La aplicación de este tratamiento en un sentido amplio no es recomendable por razones silviculturales y de impacto ambiental en la flora y la fauna. Además, porque el número de especies comerciales es cada vez mayor y se podría eliminar el potencial futuro del bosque.

7.5. Refinamiento

Este es un tratamiento que pretende eliminar del bosque individuos de las especies no deseables, a partir de un dap determinado previamente. Aunque se ha aplicado en algunos lugares, este no toma en cuenta la función ecológica, los efectos de cambios en el mercado, ni los efectos positivos que pueden tener esos árboles en la autopoda. Sin embargo, este tratamiento podría justificarse para eliminar árboles de especies productoras de látex cáustico o que poseen hojas que provocan fuertes reacciones alérgicas los cuales son un obstáculo en la ejecución de las labores forestales (Hutchinson, 1995 b).

En Petén, especialmente dentro de la Reserva de Biosfera Maya, no se considera deseable la aplicación del refinamiento para evitar efectos ecológicos negativos y debido a los continuos cambios en la lista de especies comerciales.

³ Wadsworth, F.1997. Instituto Internacional de Forestería Tropical. Río Piedras, Puerto Rico. Comunicación personal.



7.6 Raleo

Puede llegar un momento en que, producto de ciertos tratamientos, las especies comerciales dominen el dosel del rodal y se limite su crecimiento debido a la competencia intraespecífica, lo que amerita la aplicación de un raleo. El raleo persigue favorecer el incremento de individuos seleccionados por medio de la entresaca progresiva de árboles que no cumplan con las siguientes características:

- especie comercialmente deseable
- buena forma
- buen vigor
- copa sana y bien desarrollada
- buen espaciamiento en relación con sus vecinos

7.7 Modificaciones a nivel del suelo

Este tratamiento se basa en operaciones realizadas a nivel del suelo, con el propósito de establecer un ambiente propicio para la regeneración natural de especies de valor comercial. Eso puede incluir la quema controlada, la remoción de hojarasca u otros obstáculos, tales como lianas (Hutchinson 1993 b).

Se recomienda buscar mercado para el producto de los tratamientos, de manera que el beneficio financiero ayude a recuperar la inversión, pues de esta forma se incentiva al propietario a manejar el bosque.

8. Técnicas silviculturales

Algunas de las técnicas que se pueden aplicar para eliminar los árboles de especies no comerciales en los tratamientos silvícolas potenciales a aplicar en los estudios de dinámica del bosque petenero son las siguientes:

8.1. Tala

Es una técnica muy común para efectuar tratamientos silvícolas, con los cuales los resultados de favorecer individuos seleccionables se perciben en forma inmediata. El costo de emplear dicha técnica, sin embargo, puede ser mayor al de las otras. Al utilizar esta técnica es recomendable implementar procedimientos de tala dirigida para minimizar los daños a la masa residual de especies seleccionadas o potencialmente comerciales.



Aunque los resultados de la tala se perciben de manera inmediata, su impacto es considerable, especialmente si se eliminan árboles de grandes dimensiones.

8.2. Anillamiento

Técnica muy útil por su bajo impacto y costo, ya que la muerte de los árboles anillados es gradual y la caída de ramas no afecta tanto como al talar el árbol con su copa completa; además, la exposición gradual a la luz representa una ventaja ecológica. Para su ejecución solamente se necesita un machete o hacha para remover una porción de floema y cambium en forma de anillo alrededor del fuste de cada árbol que se quiere eliminar. Aunque aumentaría los costos, el anillamiento se puede realizar utilizando una motosierra liviana con lo que se obtiene mayor efectividad en los resultados.

Al hacer el anillo en la parte más baja posible del fuste se logra mayor efectividad. No obstante, esta técnica no es muy efectiva en árboles que contienen mucho látex (p. ej. sapotáceas), que les permite reaccionar para cicatrizar la parte anillada. En individuos acanalados o con gambas, se dificulta efectuar el anillamiento.

8.3. Envenenamiento

Al igual que el anillamiento, esta técnica brinda resultados aceptables a mediano plazo. Sin embargo, debido a la utilización de productos químicos como arboricidas es necesario cumplir con todas las restricciones legales y precauciones de su uso.

Para la aplicación de los arboricidas se puede hacer uso de inyectores del tipo "Jim Gem", los cuales poseen una cuchilla en el extremo que se inserta en el fuste y permite que el veneno empleado penetre profundamente. Si no se cuenta con ese tipo de inyector, se pueden hacer incisiones con machete y aplicar el arboricida con un utensilio de salida estrecha.

Los arboricidas se aplican en incisiones superpuestas alrededor del fuste hasta contemplar un anillo en forma de "V". No se recomienda mezclar con aceite diesel, y de ser posible, se deben utilizar solamente en árboles >20 cm dap. Para dap inferiores, la tala ó el anillamiento, podrían ser los indicados.

La eficacia de los arboricidas, al igual que la del anillamiento, se reduce en especies que producen mucha resina; en estas es conveniente usar ambas técnicas en forma simultánea. Para ello, se usa una brocha o aspersor con el que se aplica el arboricida en la parte anillada.



Antes de tomar una decisión sobre la aplicación de arboricidas se deben analizar los posibles efectos ecológicos que podrían causar, así como los costos.

Lamprecht (1990) divide los arboricidas en venenos y hormonas de crecimiento sistémicos. Entre los venenos más utilizados están:

- **Glyfosato.** Es un compuesto fosforado, soluble en agua, considerado ligeramente tóxico para humanos y animales. Herbicida de acción sistémica derivado de la glicina. Comercialmente se le conoce con el nombre de Roundup. Se utiliza agua limpia para disolverlo.
- **Kuron*M.** Es un herbicida medianamente tóxico que contiene picloram y tordon. Se recomienda utilizarlo en concentraciones de 4-8%, disuelto en agua que no contenga tierra.
- **Aceite diesel.** Derivado del petróleo.

Las fitohormonas causan trastornos en el metabolismo de las plantas hasta que mueren. En principio no son tóxicas para humanos y animales. El más usado es el ácido diclorofenóxico acético (2,4-D), comercialmente conocido como Tordón; se utiliza disuelto en agua.

La época de aplicación varía según el tipo de herbicida. Lamprecht (1990) recomienda aplicar los arboricidas al inicio del período vegetativo. En los bosques peteneros, se recomienda aplicarlos dos o tres semanas después de iniciado el reverdecimiento (producción de nuevas hojas).

9. Manejo de la información

Este capítulo es un resumen del "Manual de uso para la entrada y análisis de datos" del Sistema para la evaluación, monitoreo y análisis forestal –SEMAFOR- (Brenes y Martins 1996b) producido por CATIE. El SEMAFOR se complementa con el presente manual, por lo que se recomienda su utilización para facilitar y garantizar el eficaz manejo de la información sobre PPM.

El manejo de los datos requiere tiempo y dedicación para mantener la información estandarizada. Dependiendo de la cantidad de información este trabajo puede necesitar de la labor de varias personas; pero en todo caso, exige que una persona sea la responsable de mantener las bases de datos actualizadas, de hacer los respaldos necesarios y de garantizar la confiabilidad de los datos que se generen (Brenes y Martins 1996a).

En esta fase se debe poner especial atención a la disciplina y el orden con que se maneje la información, pues de ellos dependerá en gran parte la



confiabilidad de los resultados y el acceso inmediato a los datos para su revisión y análisis. En el manejo de la información se consideran tres aspectos:

- Registro de datos en el campo
- Procesamiento de los datos
- Análisis de la información

9.1. Registro de datos en el campo

9.1.1. Formularios

El diseño de los formularios que se utilizan en el campo para el registro de los datos debe tomar en cuenta el programa computarizado que se empleará para el manejo de la información y el orden en que se digitalizarán los datos de cada árbol. De esta manera se evitan confusiones, pues la digitalización lleva el mismo orden que el formulario. Para facilitar el uso de los códigos de las diferentes variables, en el reverso de cada formulario se imprimen todos los códigos; sin embargo, es recomendable hacer una copia reducida y plastificarla, de tal forma que sea más fácil de manejar y se reduzcan los costos de impresión o fotocopiado de los formularios.

CATIE posee un formulario para la toma de datos de árboles con ≥ 10 cm dap y otro para la regeneración (Anexo 2). Ambos llevan el mismo orden en que se describieron las variables anteriormente. Es indispensable que los formularios utilizados durante un día de medición se revisen al finalizar la jornada de trabajo, pues de esa forma se puede verificar si falta alguna información o si hay discrepancia. No es recomendable copiar los datos a boletas nuevas pues en este traspaso se pueden cometer errores que alteren los resultados de la investigación.

Una herramienta útil para minimizar las discrepancias entre mediciones es utilizar una impresión de "verificación de campo" del SEMAFOR (Anexo 3) que contiene información como número de medición, parcela, subparcela y de árbol; nombre, dap, calidad de fuste, iluminación, etc. de todas las mediciones anteriores, desde la primera hasta la última registrada (Brenes y Martins 1996 b).

9.2. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información, aunque es un paso posterior a la toma de datos, debe planearse antes de determinar el tipo de formularios y de



registros que se vayan a emplear, ya que estos deben ser afines al programa de computación que se empleará para procesar toda la información recopilada.

Con los datos de campo completos y depurados, es necesario realizar ciertos pasos para lograr con éxito el procesamiento de la información:

9.2.1. Ordenación

Terminada la etapa de campo, inicia el trabajo de gabinete con la ordenación de los formularios por cuadrado, parcela y subparcelas de regeneración. Cada juego de formularios se archiva en un folder, para tener por separado cada sitio, experimento y tratamiento. Si es posible, es conveniente fotocopiar los formularios para prevenir cualquier eventualidad que ocurra con las originales.

9.2.2. Digitación

Antes de iniciar la digitación de una parcela, se revisa si todos los formularios están completos y ordenados. Se acostumbra digitar por aparte la información de los registros de los árboles y los de la regeneración (latizales y brinzales).

Es recomendable utilizar una lista de especies que incluya el nombre científico, familia, grupo ecológico, grupo comercial y otro uso comercial (medicinal, tinte, fruto) a que pertenece cada árbol. El técnico forestal puede crear sus propios grupos comerciales para hacer ajustes de los datos, de acuerdo con las necesidades de la zona o región. Un ejemplo de grupos comerciales que se pueden utilizar, es el siguiente:

- **AAACOM** Especies altamente comerciales (caoba y cedro)
- **ACTCOM** Otras especies actualmente comerciales pero menos cotizadas
- **POTCOM** Especies que por sus características aceptables del fuste, se consideran que son potencialmente comerciales
- **SINVAL** Especies que no llenan los requerimientos para ser comerciales en el futuro
- **VENENO** Especies que contienen resina cáustica (p. ej. *Sebastiania longicuspis*)
- **VEDADO** Especies de las cuales existen restricciones para su tala (chico zapote, pimienta, etc.).



9.2.3. Impresión y revisión de los datos

Terminada la digitación de la parcela, se imprimen los datos y se procede a revisar, por cuadrado, uno a uno los datos digitados de todos los árboles. El proceso consiste en verificar la información digitada contra las hojas de campo. Este paso es indispensable, pues de la exactitud de la base de datos depende la eficiencia y confiabilidad de los resultados.

De la misma forma se procede con las subparcelas de regeneración, anotando en forma visible cada uno de los errores cometidos en la digitación de los datos. En ambos casos es recomendable indicar al inicio de la impresión de cada parcela o subparcela de regeneración, la fecha y el nombre de la persona que realizó la revisión, así como los cuadrados o subparcelas donde se encontraron errores para que ninguno pase inadvertido (Brenes y Martins 1996b).

9.2.4. Corrección

Después de la revisión, si se encontraron errores en alguna parcela o subparcela, se hacen las correcciones respectivas. Hay que cuidar que todas y cada una de las correcciones anotadas en la impresión sean incorporadas al archivo respectivo. Se recomienda indicar al inicio de la impresión la fecha y el nombre de la persona que hizo las correcciones ⁵.

Si cada uno de los pasos descritos en el manejo de la información se realiza con cautela y eficacia, se puede tener la plena seguridad de contar con una base de datos depurada que rinda resultados confiables en el momento de su análisis.

9.3. Análisis de la información

Las parcelas permanentes de medición proporcionan información sobre: incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos) y regeneración natural. Cuando el estudio lo requiere, también es posible determinar los ingresos por clase diamétrica. Es importante reconocer que la validez de los resultados depende, en gran medida, del número de repeticiones o replicaciones que se establezcan.

Previo al análisis de la información, es conveniente imprimir un archivo que en el SEMAFOR se le llama "Resumen", con el objetivo de revisar si los

⁵ Brenes, H. 1998. Unidad de Manejo de Bosques Naturales, Turrialba, Costa Rica. Comunicación personal.



datos de todas las mediciones corresponden en forma similar; en otras palabras, verificar si cuadra el número de árboles vivos, muertos y reclutas, por tratamiento.

A continuación se describen algunos de los resultados que pueden obtenerse para el análisis de la información de PPM

9.3.1. Distribución por clase diamétrica

Esta información es muy importante para conocer la composición y estructura florística del bosque que se está evaluando.

9.3.2. Incremento

Se define como incremento, el crecimiento determinado por dos mediciones: una al inicio del período y otra al final (Keplac 1976, Finegan 1994, ambos citados por Gálvez 1996). Aunque en este documento se hace referencia al incremento medio anual, este dato es el que se ha definido como incremento periódico anual (incremento promedio de los árboles en un tiempo determinado).

En investigaciones forestales, es muy común el uso de incremento diamétrico o absoluto, aunque para manejo forestal, los datos de incremento medio o mediano anual en área basal, son de mayor utilidad para determinar la sostenibilidad del recurso. Por medio de la tasa de incremento, y suponiendo la tasa de mortalidad y reclutamiento anual, se podría determinar el porcentaje máximo de área basal potencial por aprovechar.

Con el SEMAFOR se pueden obtener resúmenes de información sobre incremento diamétrico e incremento porcentual del área basal. En cada uno de esos resúmenes se indica el estado de la información relacionada con el número y tasa de registros aceptables (incrementos positivos y negativos ⁶) y no aceptables (incrementos >3, 4, 5 cm anuales). Dicha información es útil para determinar el nivel de confiabilidad de los datos.

Cuando la distribución de los resultados no es normal, es importante calcular el incremento diamétrico mediano anual porque algunas veces el rango de crecimiento entre especies es muy grande; y entonces, los promedios no reflejan el comportamiento real del grupo de árboles estudiado debido a la influencia de valores máximos y mínimos.

⁶ Los incrementos negativos pueden deberse a descortezamiento, error sistemático de la medición, o por hacerse el registro en estaciones diferentes.



Para el cálculo del incremento medio anual porcentual del área basal se utiliza la fórmula (Wadsworth, s/f) siguiente:

$$\text{IMA (\%)} = \frac{(AB_u - AB_i) / t}{(AB_i + AB_u) / 2} * 100$$

donde: IMA (%) = incremento medio anual porcentual en área basal; AB_i = área basal del árbol registrada en la primera medición; AB_u = área basal registrada en la última medición; t = intervalo de tiempo transcurrido entre la primera y última medición, expresado en años decimales.

9.3.3. Mortalidad

Es importante registrar la información sobre mortalidad en estudios sobre dinámica del bosque, pues ayuda a interpretar el comportamiento natural del bosque y a compararlo con lo que ocurre en los otros tratamientos. De esta forma, se puede determinar la influencia de dichas intervenciones en la mortalidad.

Se debe tratar de distinguir la muerte natural de los individuos, con la ocurrida por efectos de intervenciones silvícolas. Para ello se hacen anotaciones durante cada medición de las parcelas, y se complementan con las variables registradas de los árboles.

Para calcular la mortalidad natural anual, se aplica la fórmula siguiente (Hall y Bawa 1993):

$$M (\%) = 100 \{ \ln [N / (N - m)] / t \}$$

donde: M = tasa de mortalidad anual (%); \ln = Logaritmo natural; N = número de árboles registrados en la primera medición; m = número de individuos muertos registrados entre la primera y última medición; t = intervalo de tiempo entre la primera y última medición, expresado en años decimales.



Cuando un tratamiento implica la tala de árboles, el número de árboles que se usa en la fórmula es el registrado después del tratamiento, pues esa tala reduce la competencia por espacio y sitio, lo cual influye en los datos de mortalidad e inclusive de reclutamiento. De manera análoga se procede con la fórmula de reclutamiento que se describirá adelante.

9.3.4. Reclutamiento

Se consideran como reclutas (nuevos) a los individuos que en una medición alcanzan el dap mínimo establecido en el experimento (p.ej. árboles > 5 ó 10 cm dap). Se puede calcular la tasa de reclutamiento y el número de reclutas por hectárea. Esta última información, sin embargo, debe manejarse con cautela ya que es un dato relativo que depende de la densidad del bosque donde se establece el experimento.

Existen discrepancias en cuanto a si al reclutamiento se debe aplicar el término de "natural" en el sentido en que lo usan Hall y Bawa (1993), al utilizar en la fórmula el dato de logaritmo natural de igual manera como se aplica en la fórmula de mortalidad natural⁷. Por tal razón se recomienda validar dicha fórmula comparando los resultados al utilizar una fórmula común de porcentaje. Ambas fórmulas se indican a continuación:

$$R (\%) = 100 \{ \ln [(N + r) / N] / t \} \quad (\text{Hall y Bawa 1993})$$

$$R (\%) = [(r / N) / t] * 100$$

donde:

R = tasa de reclutamiento; ln = logaritmo natural; r = número de individuos que ingresaron a la clase diamétrica 10 - 19.9 cm; N = número de árboles registrados en la primera medición; t = intervalo de tiempo entre la primera y última medición, expresado en años decimales.

⁷ Finegan, B. 1998. Unidad de Manejo de Bosques Naturales, CATIE, Comunicación personal.

9.3.5. Regeneración natural

Además del incremento, mortalidad y reclutamiento de los árboles, es indispensable llevar un control sobre la abundancia de la regeneración natural, antes y después del tratamiento, con el objetivo de analizar si los tratamientos aplicados están favoreciendo el establecimiento de brinzales y latizales de las especies comerciales.

10. Análisis estadístico

En esta sección se hace énfasis sobre algunos aspectos importantes que el investigador debe tomar en cuenta para asegurar que los resultados del análisis estadístico tengan un alto rango de confiabilidad. No se profundiza en ese tema por lo que se recomienda que el interesado consulte, además, las referencias bibliográficas citadas.

La investigación requiere de planificación; para ello es necesario diseñar el estudio de campo y dominar el manejo de las posibles pruebas estadísticas que se van a utilizar. Una investigación eficaz y eficiente en términos de costo se basa en la reducción de variaciones extrañas mediante el uso de un diseño experimental apropiado (Putz y Romero 1997).

Cuando la unidad básica de investigación no es el árbol, el tamaño de las parcelas juega un papel importante en el control de la variancia, y por ende en la reducción de costos y tiempo de trabajo. Por eso, el tamaño de PPM propuesto (0,25 ha) permite la instalación de un número adecuado de parcelas, mientras que tamaños mayores (una hectárea) no pueden ser numerosas por los costos y tiempo que implican. En algunos casos se ha tratado de reducir la variancia subdividiendo las parcelas grandes para considerarlas como varias muestras (pseudoreplicación); con esto se pierde la confiabilidad de los resultados estadísticos.

Según Putz y Romero (1997), actualmente, las revistas científicas están solicitando análisis de 'potencia' estadística para publicar resultados de investigaciones forestales, pues ese tipo de análisis permite determinar si el tamaño de la muestra es suficientemente grande para garantizar la confiabilidad de los resultados, al tomar en cuenta la variancia asociada con cada tratamiento.

El tipo de prueba para el análisis estadístico, depende del diseño experimental utilizado y del comportamiento de los datos (distribución de frecuencias). De esa forma, si los datos se encuentran normalmente distribuidos se utilizan pruebas paramétricas; en caso contrario deben emplearse las no pa-



ramétricas. En el primer caso (distribución normal) los resultados se pueden describir en función de la media y la variancia; en el otro caso, la mediana es más representativa de la distribución.

El grupo de pruebas estadísticas se seleccionan según el objetivo del análisis estadístico, entre los que se pueden mencionar:

- Comparación de medias, cuando se desea establecer si dos o más grupos de tratamientos son diferentes (depende si las variancias son o no iguales).
- Examen de tendencias, si se desea probar la existencia de algún tipo de relación entre las variables (análisis de correlación y regresión).

Putz y Romero (1997), para la selección de la prueba estadística más apropiada, entre otras pruebas proponen las claves dicotómicas, como la que sigue:

10.1 Comparación de medias

1. Datos normalmente distribuidos en todos los tratamientos (pruebas paramétricas)

1.1 Variancias iguales en todos los tratamientos

1.1.1 Medias de dos tratamientos

- Observaciones NO pareadas
- Observaciones pareadas

Prueba "t" Student
Prueba "t" pareada

1.1.2 Más de dos tratamientos

- Contrastes ortogonales
- Opción de comparaciones múltiples ⁸

ANOVA
Contrastes planeados
Corrección de Bonferroni
Prueba LSD
Prueba Duncan
Prueba SNK

1.2 Variancias diferentes en todos los tratamientos (las variancias no se suman)

Aproximación de "t"
Welch o
Prueba de las variancias separadas

⁸ Para la comparación de incrementos en bosques naturales es recomendable utilizar la prueba de medidas repetidas (*"repeated measures test"*) para determinar cuál tratamiento tiene mayor efectividad en los árboles estudiados.



2. Datos no distribuidos normalmente en todos los tratamientos.

2.1 Transformación de los datos

- | | |
|---|-----------------------|
| • Datos asimétricos a la derecha
(cola a la derecha) | Transf. logarítmica |
| • Proporciones o porcentajes | Transf. arcoseno |
| • Distribución tipo Poisson
(muchos ceros) | Transf. raíz cuadrada |

Datos transformados tienen distribución normal, utilizar pruebas paramétricas

2.2 Los datos transformados NO tienen distribuciones normales (pruebas no paramétricas).

2.2.1 Dos tratamientos

- | | |
|--|---|
| • Observaciones no pareadas | Prueba Mann-Whitney U |
| • Observaciones pareadas | |
| - La magnitud de la diferencia
de los rangos es relevante | Prueba de los rangos
con signo de Wilcoxon |
| - Solo el signo de la diferencia
de los rangos es relevante | Prueba del signo |

**2.2.2 Más de dos tratamientos
Diseño de bloques al azar**

Prueba de Kruskal-Wallis
Método Friedman de
bloques al azar

10.2. Examen de tendencias

1. Datos normalmente distribuidos en todas las dimensiones (pruebas paramétricas)

1.1 Dos variables

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| 1.1.1 Correlación de dos variables | Correlación de Pearson |
| 1.1.2 Regresión | Regresión lineal |

1.2 Más de dos variables independientes

- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1.2.1 Regresión | Regresión múltiple |
| 1.2.2 Correlación | Correlación parcial |



2. Datos NO distribuidos normalmente

2.1 Transformación de los datos

- La variancia aumenta con el aumento de "x" y "y" Transf. logarítmica
- Relaciones o proporciones Arcoseno de la raíz cuadrada
- Relaciones curvilíneas Regresión polinomial

2.1.2 Datos transformados tienen distribución normal, utilizar pruebas paramétricas

2.1.2 Datos transformados NO distribuidos normalmente Correlación Spearman

11. Costos de instalación y medición de PPM

11.1. Costos variables de la instalación

Los datos que se presentan a continuación fueron obtenidos de la delimitación de seis PPM de 0,25 ha en la Reserva Forestal Comunitaria Bio-Itzá de San José, Petén, realizada por el Proyecto CATIE/RENARM/PBN en 1993. El costo variable por la delimitación de una PPM asciende a Q 391,32 (US \$ 73,98 aplicando el tipo de cambio en ese momento: US\$1 = Q.5,29). El detalle de estos costos se muestra en el Cuadro 7. Se incluye la contratación de un cocinero, un brechero y personal calificado; cinta plástica y la compra de varillas de 3/8" (preferible de aluminio o PVC) para estacas permanentes (0,60 cm de largo) para las esquinas de los cuadrados (subparcelas).

Cuadro 7. Detalle de costos variables por instalación de una PPM en Bio-Itzá, Petén.

Actividad	Costos		
	Q	US \$	%
Viveres	153,60	29,04	39
Personal calificado (1)	118,83	22,46	30
Personal obrero (2)	105,00	19,85	27
Estacas permanentes y cinta plástica	13,89	2,63	4
Total	391,32	73,98	100

Se requiere un día para delimitar una PPM empleando 1 técnico y 2 obreros (más el cocinero).



11.2. Costos variables de la primera medición

Para este cálculo se incluyen los gastos por viveres, personal calificado y obrero (cocinero); papelería, fotocopia de formularios para la toma de datos, y pintura spray para marcar el número correspondiente en cada árbol.

El costo que implica la toma de datos durante la primera medición ascendió a Q.396,53 (US\$ 74,96, al mismo tipo de cambio). El detalle de esos costos se presenta en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Detalle de los costos variables para el primer registro de datos de una PPM en Bio-Itzá, Petén.

Actividad	Costos		
	Q.	US \$	%
Viveres	115,20	21,77	29
Personal calificado (2)	178,17	33,68	45
Personal obrero (1 cocinero)	35,00	6,62	9
Papelería y fotocopias	11,83	2,24	3
Pintura spray (4 botes)	56,33	10,65	14
Total	396,53	74,96	100

Se requiere de 1 día para realizar el primer registro de una PPM, con el trabajo de 1 técnico y 1 baquiano.

11.3. Costos variables por monitoreo

Estos costos se refieren a los gastos que implica el registro periódico (anual en los primeros años) de los datos de cada PPM. Se insiste que dichos costos varían con la distancia a que se encuentren ubicadas las parcelas de medición.

En febrero de 1995 se calculó que el costo del primer monitoreo periódico de una PPM asciende a Q.337,36 (US\$ 60,46, tipo de cambio de 1 US\$ = Q.5,58, según CCB de CATIE/PBN, 1995). Esto se muestra en el Cuadro 9.



Cuadro 9. Costos variables del primer monitoreo de una PPM en Petén.

Actividad	Costos		
	Q.	US\$	%
Viveres	115,20	20,65	34
Personal calificado (2)	161,33	28,91	48
Personal obrero (1 cocinero)	35,00	6,27	10
Papelería y fotocopias	11,83	2,12	4
Pintura spray (1 bote)	14,00	2,51	4
Total	337,36	60,46	100

Se requiere de 1 día para realizar el primer monitoreo de una PPM, con el trabajo de un técnico y 1 baquiano

Un resumen de los costos que implica una PPM desde el establecimiento hasta la segunda medición (primer monitoreo), por actividad, se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Costos* desde la delimitación hasta el primer monitoreo de una PPM en Petén, Guatemala.

Actividad**	Costo	Costo (US\$)
Delimitación	391,32	73,98
Primera medición	396,53	74,96
Primer monitoreo	337,36	60,46
Total	1 125,21	209,40

* No incluye combustible para trasladarse al sitio de ubicación de las PPM, ni el costo de la digitación de los datos por una PPM (Q.63,35=US\$10,96).

** La tasa de cambio en cada una de las actividades es la misma que la mencionada en los cuadros anteriores.





Bibliografía

- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Volumen 2 Predicción del rendimiento. FAO, Roma. 22/2, 118 p.
- Brenes, H.; Martins, P. 1996 a. Curso para el manejo y procesamiento de datos forestales utilizando el SEMAFOR. Belmopán, Belice, 15 al 17 de mayo de 1996. CATIE. 1996. s/p.
- Brenes, H.; Martins, P. 1996 b. SEMAFOR; Sistema para evaluación, monitoreo y análisis forestal; versión 4.0. Borrador. CATIE, C.R. 83 p.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical; guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CATIE. 53 p.
- Carrera, F.; Quirós, D. 1996. Técnicas de silvicultura para bosques naturales. Borrador. CATIE. C.R. s/p.
- Carrera Gambeta, F.L. 1993. Rendimientos y costos de las operaciones iniciales de manejo en un bosque primario de la zona atlántida de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p.
- CATIE. 1988. Normas para la medición de diámetro a la altura de pecho (DAP) con corteza en árboles en pie. *In* VII Curso intensivo internacional silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales: CATIE, APFAF, dasometría. C.R. s/p.
- De Lucca, C.A.T. 1993. Respuesta a la intervención silvicultural de un bosque secundario en el Sur de Costa Rica; caso de la finca Seis de ALCOA/IDA/COPEMADEREROS R.L. Tesis Mg.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 64 p + Anexos.
- Delgado, D.; Finegan, B.; Zamora, N.; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del Noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales, Informe Técnico No. 298. Turrialba, Costa Rica. 55 p.
- Díaz G., J.C. 1995. Caracterización de la iluminación de micrositios de regeneración de 14 especies arbóreas en un bosque húmedo intervenido en Costa Rica, y efecto de la intervención sobre la abundancia de la regeneración natural. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p.



- Flinegan, B. 1995. Bases ecológicas para la silvicultura. *In* VII curso intensivo internacional silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 222 p.
- Finegan, B.; Camacho, M.; Zamora, N. 1999. Diameter increment patterns among 106 tree species in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest. *Forest Ecology and Management* 121(1999):159-176.
- Gálvez Ruano, J.J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado en bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 163 p.
- Hall, P; Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. *Economic botany*, 47 (3) pp. 234-247.
- Hutchinson, I. 1992a. Códigos para formulario 1: Bosques naturales Tropicales. CATIE/RENARM/PBN. Turrialba, C.R. 1 p.
- . 1992b. Códigos para formulario 3: Bosques naturales Tropicales. CATIE /RENARM/PBN. Turrialba, C.R. 1 p.
- . 1993a. Técnicas silviculturales en bosques tropicales latifoliados. CATIE, Turrialba, C.R. 46 p.
- . 1993 b. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Colección silvicultura y manejo de bosques naturales No. 7, CATIE, C.R.. Serie Técnica, Informe Técnico No. 204. 32 p.
- . 1993 c. Silvicultura y manejo en un bosque secundario tropical, caso Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*: 2(2): 15-18.
- . 1995a. Planificación para la silvicultura y el manejo de bosques naturales. *In* VII curso intensivo internacional silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales: CATIE, Turrialba, C.R. 61 p.
- . 1995b. Técnicas silviculturales en bosques tropicales latifoliados. *In* VII curso intensivo internacional silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales: CATIE, Turrialba, C.R. 57 p.
- Junkov, M. 1991. Evaluación de nuestro bosque. Guía de campo para extensionistas. Borrador. UICN/ORCA. C.R. 21 p.



- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales y sus especies arbóreas posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Trad. por Antonio Carrillo. GTZ, Alemania. 335 p.
- Quirós, D.; Finegan, B. 1994. *Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica: definición de un plan operacional y resultados de su aplicación*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales No. 9, Informe Técnico No. 225. 26 p.
- Pinelo Morales, G.I. 1997. *Dinámica del bosque petenero: avances de investigación en Petén, Guatemala*. Colección manejo forestal en la Reserva de Biosfera Maya No. 7, Informe Técnico No. 296, CATIE, Turrialba, C.R. 48 p.
- . 1998. *Efectos causados a la masa arbórea por incendio forestal en la finca La Istanica del CUDEP en San Francisco, Petén*. Proyecto CATIE-/CONAP. 11 p.
- Putz, F. E.; Romero, C. 1997. *Una breve introducción al diseño experimental y a la estadística*. In Seminario internacional de capacitación en investigación sobre aprovechamiento forestal de impacto reducido y manejo de bosques naturales: Resultados: BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 149 p.
- Sitoe, A. 1992. *Crecimiento diamétrico de especies maderables en un bosque húmedo tropical bajo diferentes intensidades de intervención*. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.
- Synnott, T.J. 1991. *Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical*. Traducido por Juvenal Valerio. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. Costa Rica. 103 p.
- Ugalde Arias, L. 1995. *Establecimiento y medición de parcelas de crecimiento en investigación y programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 19 p. + Anexos.
- Unidad Ejecutora del Proyecto Peten (UNEPET). 1992. *Listado de especies arbóreas de Petén*. SEGEPLAN/UNEPET. Petén, Guatemala. s/p.
- Vásquez Mejía, J.O. 1995. *Aplicación y evaluación de eficiencia inicial y los costos de dos herbicidas en un tratamiento silvicultural de liberación post aprovechamiento de un bosque muy húmedo tropical pantanoso en Limón, Costa Rica*. Tesis Mag. Sc, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.



Wadsworth, F.H. s/f. El manejo de los bosques naturales en México tropical, América Central y las islas del Caribe. Servicio forestal del departamento de agricultura de los EE.UU., Instituto internacional de dasonomía tropical. Río Piedras, Puerto Rico. 29 p.

Wadsworth, F.H. 1996. Aspectos críticos para la práctica silvicultural en los bosques naturales de América Tropical. *In* Seminario taller Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical: Pucallpa, Perú. 14 p.

Zamora, N. 1993. Flora arborecente de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 262 p.



ANEXOS



Anexo 1

Formulario para la descripción del sitio y levantamiento inicial de una PPM

País: _____

Nombre del sitio: _____ Código del sitio: _____

Tipo de bosque: _____ parcela no.: _____ fecha: _____

Código de tratamiento: _____ No. experimento: _____

Responsable _____

Personal técnico: _____

Referencia del mapa de ubicación de la parcela: _____

Referencia en el mapa del inicio de la línea de acceso: _____

Descripción o trayecto de la línea de acceso: _____

Mapa de ubicación para mostrar el croquis de la línea de acceso, con su respectiva escala y orientación.

Sitio:

Altitud: _____ Aspecto: _____

Pendiente: _____ Naturaleza de la pendiente: _____

Posición topográfica: _____

Suelo:

Serie: _____ Textura: _____

Color: _____ Drenaje: _____

Pedregosidad: _____

Clima:

Precipitación máxima anual: _____

Precipitación media anual: _____

Precipitación mínima anual: _____

Temperatura media anual: _____

Estación meteorológica más cercana: _____



Historia de la vegetación:

Tipo de bosque original: _____

Señales de aprovechamiento u otro uso humano (tocones, señales de fuego, etc.)

Fecha del aprovechamiento y nombre de la empresa maderera:

Volumen removido de las principales especies:

Fecha y descripción de los tratamientos silviculturales:

Tipo de vegetación presente: _____

Árboles: _____

Arbustos y trepadoras: _____

Regeneración de árboles: _____

Flora herbácea: _____

Otros factores del sitio: _____

Notas:

1. Alguna información que se considera general para todas las parcelas solamente deberá tomarse una sola vez.
2. Si se utiliza GPS para el levantamiento del mapa de ubicación, es recomendable anotar el nombre del software y del archivo en el formulario.

FUENTE: Adaptado de Synnott, 1991.

**Proyecto RENARM-PBN
Proyecto de la Biosfera Maya. Convenio CATIE/CONAP**

1. Nivel de estudio	No código	2. Deseable sobresaliente		No código	3. Iluminación de copa	No código	Código
		Arbol 10-49 cm dap	Arbol 5-9 cm dap				
4. Clase de identidad	No código	Fuste		No Encon trado	Plena vertical	1	7. Trepadoras leñosas
		Com- pleto	Que- brado				
Arboles: (10+cm dapcc) Subparcelas 10x10 m							
Arb. Vivo en pie	111	112	113	114	119		
Arb. Vivo inclinado -29º gr.	121	122			129		
Arb. Vivo inclinado +30º gr	131	132			139		
Fuste curvado (media luna)	141	142			149		
Arb. Vivo caído	151	152	153		159		
Arb. Muerto en pie	161	162	163	164	169		
Arb. Muerto caído	171	172	173		179		
Rebrotas: (10+cm dapcc)							
Reb. Vivo en pie	211	212	213	214	219		
Reb. Vivo incl. -29º gr.	221	222			229		
Reb. Vivo incl. +30º gr	231	232			239		
Reb. Vivo caído	241	242	243		249		
Reb. Muerto en pie	251	252	253	254	259		
Reb. Muerto caído	261	262	263		269		
Fuste: altura total mayor a 4 metros							
Tocón: altura total menor a 4 metros							
Palmas: (altura hasta el punto final del fuste leñoso)							
2+m altura total vivo en pie	511	512	513	514	519		
2-m altura total vivo caído	521	522	523		529		
2+m altura total muerto	531	532	533	534	539		
0.30-1.99 m vivo en pie	551	552	553	554			
0.30-1.99 m vivo caído	561	562	563				

7. Trepadoras leñosas
A. Ninguno visible en el fuste:
a. No visibles en copa
b. Existente en copa
c. Cubriendo +50% copa
B. Sueltos en el fuste:
a. No visibles en copa
b. Existente en copa
c. Cubriendo +50% copa
C. Apretando el fuste:
a. No visibles en copa
b. Existente en copa
c. Cubr. + 50% copa

8. Tratamiento silvicultural
1. A liberar: (según lista)
Arbol seleccionado para liberar
2. A eliminar
Arbol designado a eliminar
3. Nuevos reclutas
9. No abarcados para el trmto:
Arbol fuera del alcance

Códigos
(Azul) 11
(Roja) 21
80
(Sin cintas) 99

No código
1
2
3
4
5

No código
1
2
3
4
5
6

Código
1
2
3
4
5
6
7

Anexo 3

Primera hoja de una verificación de campo impresa del SEMAFOR

C:/LORENA

Programa: SEMAFOR/CATIE/UNIDAD DE MANEJO DE BOSQUES NATURALES

Fecha de impresión (dd/mm/año): 09/02/2000

LISTADO PARA LA VERIFICACIÓN EN EL CAMPO PARA LOS DATOS DE LAS PARCELAS LA SANDÍA, SAN ISIDRO, PÉREZ ZELEDÓN parcelas 1-8

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

NsParc= No. serial de parcela, SubP= No. del cuadrado, NsA= No. de árbol, Cla= clase de identidad, dap= diámetro a la altura del pecho, C= Calidad de fuste, I= iluminación, TR= Tratamiento silvicultural, N= No. de medición, obs= observaciones, FechMed= fecha medición

NsPar	SubP	NsA	Cla	Nombre común	dap	C	I	TR	N	Obs	FechMed
2	1	1	111	Canilla de mula	12.6	4	6	99	1		19/07/1988
2	1	1	111	Canilla de mula	13.4	0	6	99	3		20/12/1989
2	1	1	111	Canilla de mula	14.1	4	6	99	6		20/01/1993
2	1	1	111	Canilla de mula	14.3	0	5	99	7		31.01/1994
2	1	1	111	Canilla de mula	14.1	4	5	99	8		12/01/1995
2	1	2	111	Fosforillo	67.1	1	2	99	1	a cortar	19/07/1988
2	1	2	111	Fosforillo	68.6	0	2	99	3		20/12/1989
2	1	2	111	Fosforillo	71.7	0	2	99	6		20/01/1993
2	1	2	111	Fosforillo	72.7	0	1	99	7		31.01/1994
2	1	2	111	Fosforillo	73.2	1	1	99	8		12/01/1995
2	1	3	111	Anonillo	21.4			99	1		19/07/1988
2	1	3	111	Anonillo	21.8			99	3		20/12/1989
2	1	3	111	Anonillo	22.6			99	6		20/01/1993
2	1	3	121	Anonillo	23.0			99	7		31.01/1994
2	1	3	121	Anonillo	23.2			99	8		12/01/1995
2	1	4	111	Canilla de Mula	14.7			99	1		19/07/1988
2	1	4	111	Canilla de Mula	15.4			99	3		20/12/1989
2	1	4	111	Canilla de Mula	17.3			99	6		20/01/1993
2	1	4	111	Canilla de Mula	17.9			99	7		31.01/1994
2	1	4	111	Canilla de Mula	18.4			99	8		12/01/1995
2	1	5	112	Ajillo	20.2			11	1	nosel	19/07/1988
2	1	5	112	Ajillo	19.9			11	3		20/12/1989
2	1	5	112	Ajillo	20.3			11	6		20/01/1993
2	1	5	112	Ajillo	20.6			11	7		31.01/1994
2	1	5	112	Ajillo	21.0			11	8		12/01/1995
2	1	6	111	Guava	19.4			99	1		19/07/1988
2	1	6	111	Guava	20.0			99	3		20/12/1989
2	1	6	163	Guava	0.0			99	6		20/01/1993
2	1	6	163	Guava	0.0			99	7		31.01/1994
2	1	6	163	Guava	0.0			99	8		12/01/1995
2	1	7	111	Chumico	15.3			11	1	select	19/07/1988
2	1	7	111	Chumico	16.4			11	3		20/12/1989
2	1	7	111	Chumico	20.5			11	6		20/01/1993
2	1	7	111	Chumico	21.8			11	7		31.01/1994
2	1	7	111	Chumico	22.9			11	8		12/01/1995

Sigue.....

10443979
 07-12-40
 C.I. I
 Título Manual para el
 Vol.
 REVISTA

<u>DATE DUE</u>
20 SEP 2000 DEVELO
01 MAR 2005

