

CAPITULO II



**SITIOS DE MUESTREO PARA EL MODELAJE  
DE COMBUSTIBLES FORESTALES  
(SIMMCOF)**

**Reporte Final**

## CAPITULO II

### SITIOS DE MUESTREO PARA EL MODELAJE DE COMBUSTIBLES FORESTALES (SIMMCOF)

	<b>Índice</b>	<b>Página</b>
<b>1. Introducción</b> .....		<b>3</b>
<b>2. Antecedentes</b> .....		<b>4</b>
<b>3. Manual de campo</b> .....		<b>6</b>
3.1 <i>Materiales y equipo</i> .....		7
3.2 <i>Diseño de la línea de muestreo</i> .....		9
3.2.1 <i>Características del sitio de muestreo</i> .....		10
3.3 <i>Formatos de toma de datos</i> .....		12
3.3.1 <i>Datos de control</i> .....		13
3.3.2 <i>Datos de ubicación</i> .....		14
3.4 <i>Información del combustible forestal</i> .....		18
3.4.1 <i>Evaluación del combustible fino</i> .....		21
3.4.2 <i>Evaluación del combustible grueso</i> .....		26
3.4.3 <i>Evaluación del combustible vivo</i> .....		34
<b>4. Conclusión</b> .....		<b>39</b>
<b>5. Bibliografía</b> .....		<b>40</b>

## 1. Introducción

Los incendios forestales provocan año con año importantes alteraciones en los ecosistemas forestales, la magnitud de estos cambios depende principalmente de la calidad y cantidad de los combustibles forestales. La acumulación de materiales combustibles en el piso del bosque, constituye uno de los factores que determina el riesgo de incendios cuando alcanzan niveles de continuidad y peligrosidad (Zerecero y Sánchez 1983).

El fuego requiere de tres factores básicos, el material combustible, las condiciones ambientales favorables y un factor de inicio (Santiago *et al.* 1999). Las mayores oportunidades para evitar incendios catastróficos depende en mucho de evitar la acumulación material combustible (Rodríguez 1996), ya que cuanto mayor es la acumulación de combustible en una zona, mayor cantidad de calor podrá desprenderse y más intenso podrá ser el incendio (Vélez 2000). De acuerdo a lo anterior se necesita contar con metodologías fáciles y eficientes para su evaluación, actualmente las alternativas que existen son lentas y poco precisas. Con base a lo anterior, el presente trabajo muestra una alternativa de evaluación de combustibles de fácil aplicación, práctica y que en comparación con otras desarrolladas con fines científicos se aplica en un tiempo relativamente corto, se lleva a cabo en una forma secuencial que permite obtener datos de muestreo certeros y principalmente estas metodología pueden ser aplicada en diferentes tipos de vegetación, permite tener datos reales sobre la distribución y tipo de combustible que se encuentran en sitios característicos de un tipo de vegetación en particular.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias a través de la experiencia de años de investigación en el área de prevención de incendios forestales ha desarrollado una metodología de evaluación de combustibles con el fin de determinar carga y distribución de los mismos en el piso forestal a través del modelaje espacial.

Gracias al apoyo del proyecto *“Evaluación de Combustibles Forestales para la determinación del comportamiento del fuego para definir zonas de riesgo de incendios en dos Áreas Naturales Protegidas”* llevado a cabo bajo la convocatoria del Programa de Prevención de Incendios y Restauración (PPIRA) 2005 del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) en respuesta a la preocupación existente hacia la protección de las Áreas Naturales Protegidas que año con año se ven afectadas por los incendios forestales.

En el año 2006 se tuvo la oportunidad de probar la eficiencia de la metodología aplicándola en trabajos de campo y capacitando a personal de las Áreas Naturales Protegidas: Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y Reserva de la Biosfera de Tehuacan-Cuicatlán.

## 2. Antecedentes

Para la realización de un inventario eficiente de combustibles y vegetación se requiere de varias técnicas debido a que la variedad de atributos que presentan. La vegetación forestal está comprendida por plantas vivas y muertas, caídas y fijas, con tamaños que varían desde pequeños pastos y hierbas hasta arbustos grandes y árboles (Brown 1982). En cuanto a combustibles forestales se le llama así a todo material vegetal, que por sus características físicas y químicas puedan o no arder, según influyan los componentes ambientales prevalecientes en ese momento (Rodríguez 1996).

Por lo tanto, estarán considerados como combustibles forestales: árboles, arbustos, matorrales, hierbas, pastos, ramas, ramillas, troncos, hojas vivas, hojarasca, conos, etc. Así tenemos que los combustibles forestales, por su estado se dividen en vivos y muertos (Rodríguez *et al* 2002). Por su peso se caracterizan en ligeros; que incluye las ramillas muertas, la hojarasca, las hierbas (secas y verdes) y el humus, se conocen también como combustibles finos ya que se acumulan por la caída natural de los diferentes estratos vegetales; y los combustibles pesados en donde se encuentran las ramas, tallos y troncos muertos o derivados de caídas por viento o naturales y los residuos de aprovechamiento provenientes de cortas de árboles o de arbustos (Flores y Benavides 1994).

Los combustibles pesados se agrupan de acuerdo a su tiempo de retardo es decir el tiempo que el combustible muerto tarda en perder o ganar dos tercios de la diferencia entre su contenido de humedad y la humedad del ambiente. Conforme el combustible es mas grande, mas lentamente perderá o ganará humedad, tendrá un mayor tiempo de retardo (Rodríguez *et al* 2002).

A continuación se muestra un cuadro con la clasificación de los combustibles según su tiempo de retardo, así como el diámetro y ejemplo de los diferentes combustibles.

**Cuadro 1. Agrupación de combustibles por su diámetro en tiempo de retardo (Adaptado de Rodríguez *et al* 2002)**

<b>Clase</b>	<b>Tamaño (cm.)</b>	<b>Ejemplo</b>
1 hora	0.0 a 0.6	Ramillas
10 horas	0.61 a 2.5	Ramillas. Ramas
100 horas	2.51 a 7.6	Ramas
1000 horas	<7.61	Troncos

El complejo de combustibles determina como se afecta la propagación bajo diferentes condiciones de vegetación, su distribución tiende a ser discontinua y variable (Flores *et al* 2003).

### **3. Manual de campo**

El presente manual está diseñado para usarse por cualquier persona con conocimientos básicos en el área forestal, su estructura establecida de tal forma que:

- 1) Se siga una secuencia lógica;
- 2) Se explique claramente la forma de medición de variables;
- 3) Se haga adecuadamente la toma de muestras;
- 4) Se registre correctamente la información en formatos de campo;

En él se describe paso a paso una metodología propuesta, donde se muestra primeramente los materiales necesarios para llevar a cabo el inventario, posteriormente los formatos de campo necesarios, los cuales serán explicados parte por parte durante el desarrollo del manual.

El manual muestra además imágenes en campo así como esquemas de realización de inventario para facilitar la comprensión de la metodología.

### 3.1 Materiales y equipo

La lista de materiales se encuentra dividida en grupos, de acuerdo a la función que estos cumplen, es importante destacar que alguno de los materiales puede ser sustituido por otro que cumpla con funciones similares, sin embargo estos son los recomendados para facilitar el muestreo, la función se describe a continuación

**Ubicación:** Estos materiales son de fundamental importancia ya que son estos los que nos determinan la ubicación exacta de los sitios a muestrear así como la orientación en que será instalada la línea de muestreo.

- Brújula
- Tabla para campo con formatos necesarios
- Unidad de Navegación (GPS)
- Lápiz
- Carta topográfica del sitio

**Instalación del sitio:** Este listado de materiales se refiere a aquellos que nos servirán para dar forma al sitio de muestreo, la longitud de las cuerdas así como las estacas tienen esas características de acuerdo al diseño del sitio propuesto en el presente manual

- Cinta métrica de 50 m. longitud
- Flexometro de 3 ó 5 m. de longitud
- 3 Cuerdas de 7 m., marcadas a 3.5 m. y 7 m.
- Estaca principal y tres complementarias 20cm para tensión de cuerdas

**Medición de combustibles:** Los materiales aquí mencionados son aquellos que nos apoyan en el muestreo directo de combustibles una vez colocado el sito de muestreo, el cuadro flexible puede estar esta hecho de acero, madera o de algún otro material rígido, la forma y medida del calibrador se explica con detalle mas adelante.

- Cuadro flexible de 30 X 30 centímetros
- Calibrador de combustibles forestales
- Bolsas de plástico
- Marcador permanente
- Regla
- Cuchara de albañil



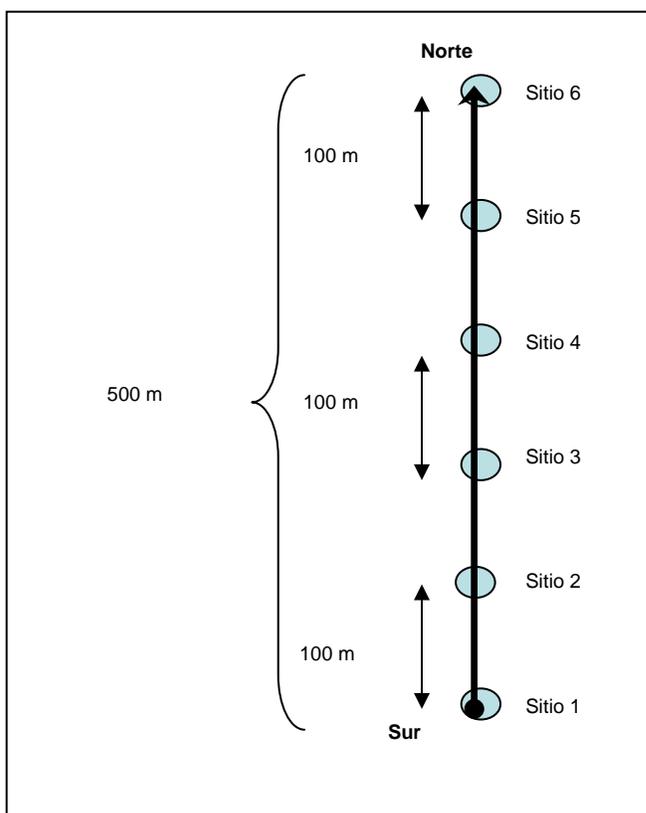
**Figura 1. Algunos de los materiales utilizados en el inventario de combustibles**

**Otros:** En este apartado se enlistan otro tipo de materiales que además de facilitar el trabajo de campo apoyan a que este se lleve acabo de una forma segura.

- Vehiculo 4 X 4
- Casa de campaña
- Cámara fotográfica
- Equipo de primeros auxilios

### 3.2 Diseño de la línea de muestreo

Existen varias estrategias para el muestreo de combustibles forestales, en este manual se propone una metodología que consiste en la instalación de un transecto o línea de muestreo que consiste en una línea imaginaria de 500 m que trazada en las áreas prioritarias preseleccionadas en gabinete en donde se realiza el inventario de combustibles, esta orientada al Norte franco, con un total de 6 sitios distribuidos a 100 metros entre si, teniendo el sitio 1 al sur en el origen de la línea y el sitio 6 al norte en el final de la línea (Figura.2). Esta orientación de los sitios se realiza de esta manera porque existe una variación de vegetación importante al cambiar la exposición del sitio

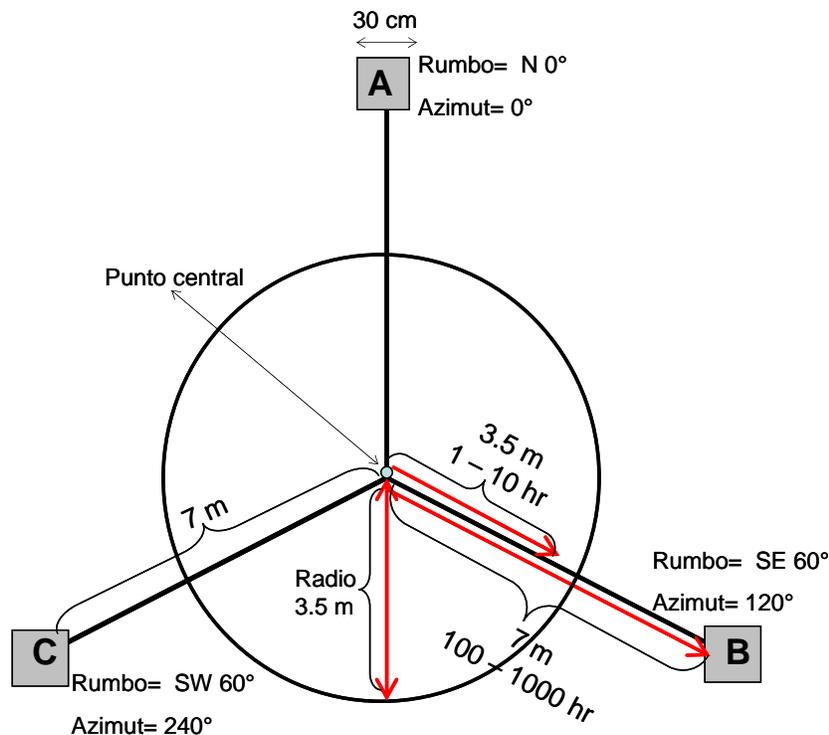


**Figura 2. Diseño de la línea de muestreo para la evaluación de combustibles forestales**

### 3.2.1 Características del sitio de muestreo

Una vez localizado el punto donde se instalará la línea de muestreo se instala el primero de 6 sitios que integran la línea, donde se contabilizaran los combustibles vivos y muertos presentes, cada sitio consta de:

- **Tres líneas de intersecciones planares**, donde se medirá el combustible grueso o material leñoso caído, la línea se marca con cuerdas de 7 m. de longitud orientadas a  $0^\circ$ ,  $120^\circ$  y  $240^\circ$  de azimut. Los combustibles de 1 y 10hrs. se medirán en una distancia de 0 a 3.5 m. y los de 100 y 1000 hrs. de 0 a 7 m. sobre la línea de muestreo.
- **Un círculo de 3.5 m. de radio**, concéntrico, para medición de combustible vivo, arbustos, hierbas, pastos y regeneración; el círculo se localiza marcando las cuerdas a 3.5m de distancia del centro.
- **Tres cuadros de 30 X 30 cm.** distribuidos al final de cada línea de intersecciones planares, para medición de hojarasca.



**Figura 6. Esquema con el diseño del sitio de muestreo, mostrando dimensiones así como la orientación de las cuerdas.**

Una vez realizado el inventario en el sitio 1, se instala el sitio 2 a 100m de distancia en dirección Norte, se realiza nuevamente el inventario y se ubica el sitio 3 y así sucesivamente hasta realizar 6 sitios de muestreo, esto si las condiciones del terreno y el tipo de vegetación lo permiten.

La forma básica de ubicación del sitio se lleva a cabo fijando una estaca central (Figura 7) que sujetara las 3 cuerdas de 7m., estas a su vez se fijaran con estacas secundarias.



**Figura 7. Instalación del sitio.**

Las cuerdas ya orientadas en posiciones Norte,  $120^\circ$  y  $240^\circ$  deben estar lo mas tensas posibles sin alterar la vegetación ni el material combustible que intersecten (Figura 8), en el caso vegetación sea muy densa, la cuerda pasará por encima de esta. Al fijarse cada una de las cuerdas se anota el porcentaje de pendiente que se compensara en gabinete



**Figura 8. Fijación de una de las cuerdas del sitio de muestreo**

### **3.3 Formatos de toma de datos**

Los formatos de campo se encuentran conformados de manera que reúnan datos de la ubicación geográfica, características particulares de los sitios, como tipo de vegetación, o estado en que se encuentran y de la información del combustible forestal que se evalúa, dividido en combustible fino, combustible grueso y combustible vivo, los formatos de campo completos se anexan al final de este manual. Para su mejor comprensión se dividirán en partes y se explicara su llenado con detalle. A continuación se muestra cada una de las partes de los formatos de campo, detallando la información correspondiente para cada uno de ellos.

### 3.3.1 Datos de control

En este apartado se anota la información característica de la línea de muestreo, la importancia de los datos aquí anotados es que de estos dependerá el poder regresar al sitio para actividades de control o para corroborar datos que no fueron tomados, cabe destacar que los datos de control solo se toman en el primero de los seis sitios de muestreo, incluye los siguientes datos:

**Cuadro 2. Muestra un fragmento del formato de llenado de los datos de control de la línea de muestreo.**

A. DATOS DE CONTROL.		
1. Clave línea: $\Delta$ 27	2. Estado: Chihuahua	3. Municipio: Teporachi
4. Predio: El arroyo	5. Tenencia: Ejidal	6. Asociación vegetación: E-Mat
7. Fecha: 10/Nov/05	8. Institución: INIFAP-CONAFOR	9. Brigada/ Responsable: Cleto-Oscar

**1. Clave de la línea:** En este campo se anotará el número correspondiente que identificara a cada línea de muestreo. Considerando anotar para cada línea de muestreo un número progresivo, el numero puede ser acompañado por un símbolo para distinguir el tipo de vegetación por ejemplo: 01, 02... 015, 016... 020, etc., etc.

**2. Estado:** Se anotará el nombre de la Entidad Federativa donde se sitúa la línea de muestreo.

**3. Municipio:** Se escribirá el nombre del municipio donde se realiza la línea de muestreo.

**4. Predio:** Se anotará el nombre con el que es comúnmente conocido el predio, rancho, propiedad o nombre del área natural protegida (parque nacional, reserva de la biosfera, etc.) donde se realiza la línea de muestreo.

**5. Tenencia:** Se registrará el tipo de propiedad del terreno donde se ubica la línea de muestreo (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Opciones del tipo de propiedad de la tierra en la que se realiza el inventario.**

Tipo de tenencia
Ejidal
Comunal
Propiedad Particular
Propiedad Federal

**6. Asociación vegetal:** Para determinar la asociación vegetal presente en el sitio se considera al genero arbóreo dominante, para el caso de bosques y selvas (ejemplo: en una línea donde se encuentre en el dosel arbóreo pino mezclado con encino con dominancia de pino, el tipo de asociación vegetal que se anotará será pino-encino), para otros tipos de vegetación anotar el genero o asociación de géneros dominantes en la zona. En el llenado del formato puede abreviarse o no, el tipo de asociación, por ejemplo: pino encino: p-e; matorral: mat; pastizal: past, etc.

**7. Fecha:** Se asentará con número la fecha en que se levantó la información de campo con día, mes y año (ejemplo: 15 de Julio de 2005, se anotará como 15/07/05).

**8. Institución:** Se escribirá el nombre o siglas, de la institución a la que pertenecen las personas que realizan el inventario en campo.

**9. Brigada/Responsable:** Anotar el nombre del encargado de la brigada que realiza el inventario en campo o del responsable que en este caso será el que escribe los datos.

### 3.3.2 Datos de ubicación

Uno de los aspectos importantes en los muestreos es contar con los datos precisos de la ubicación de cada de los sitios de interés, para la obtención de dichos datos se cuenta con diversas herramientas como el Geoposicionador geográfico (GPS) o cartas topográficas. En el apartado de datos de ubicación del formato de campo se recabará la información geográfica específica de la línea de muestreo (Cuadro 4). Los datos de ubicación de la línea de muestreo, son los siguientes:

**Cuadro 4. Muestra la forma de llenado de los datos de ubicación del formato de campo.**

B. DATOS DE UBICACION.						
10. Coordenadas GPS de la línea de muestreo (Correspondiente al sitio número 1 de la línea)						
Latitud			Longitud			GPS
Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
27	47	49	106	47	58.9	23
<b>Control</b>		<b>Altitud</b>		<b>Información complementaria</b>		
22		1944msnm		a.-Datum	c.- Error de precisión en metros.	
				WGS84	4.1	

**10. Coordenadas geográficas con unidad GPS:** El punto donde se registraran las coordenadas geográficas será en el sitio 1. Se anotarán las coordenadas (latitud y longitud) en grados, minutos y segundos, deberán anotarse las lecturas completas hasta décimas de segundo.

- GPS:** Aquí se anotara el número o clave que se asignará en el GPS para distinguirlo del resto de los sitios registrados, es decir, cada línea debe de tener una clave de punto GPS única.

- **Control:** En este apartado se anota un punto de referencia para localización de la línea este punto al igual que el GPS es un numero o clave que nos permite llegar al lugar, este punto se toma cerca de un sitio de referencia como, carretera, construcción o cualquier otra señal que permita localizar fácilmente el lugar, este punto además de ser guardado en GPS se marca en el croquis de ubicación

**Altitud:** Se anota la altitud del sitio en m.s.n.m

**Información complementaria:** En este espacio se anotan otros datos que nos auxiliaran en gabinete a corroborar la información obtenida en campo sobre la ubicación real del sitio, se incluye:

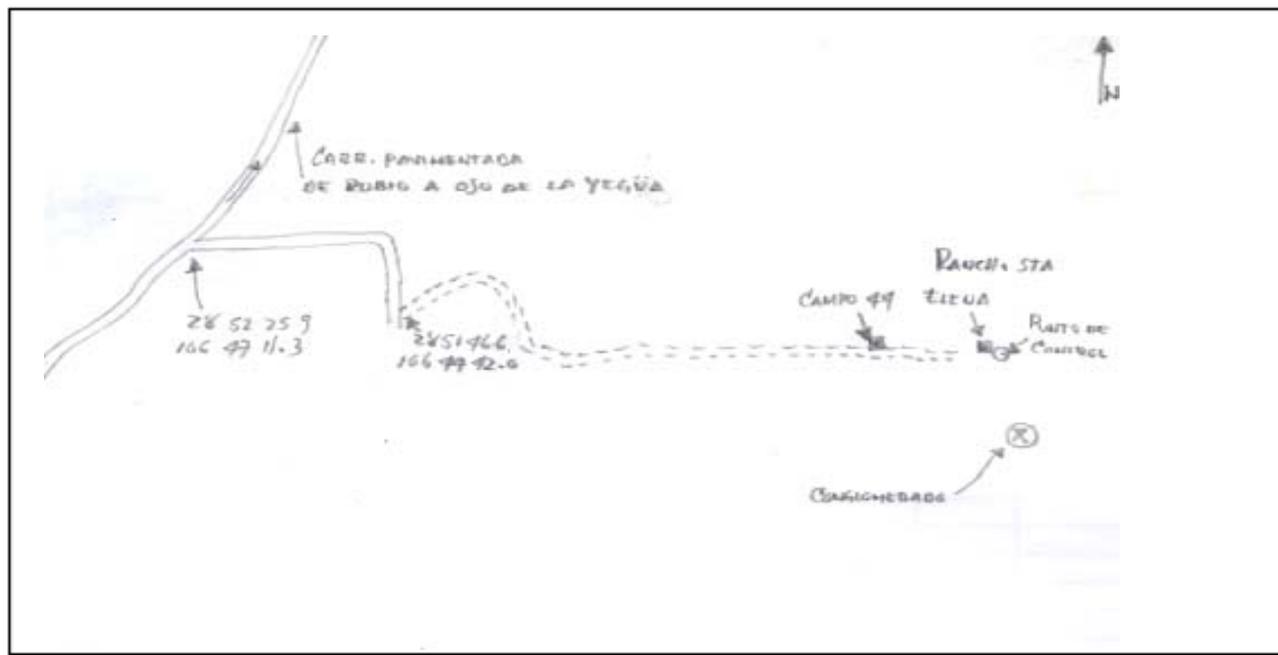
**Datum:** Se refiere a la georreferenciación, la cual deberá estar acotada el par de coordenadas GPS, deberá ser en WGS84. Configurar el equipo GPS en tal modalidad.

**Error de precisión:** Es la distancia en metros, de un posible desplazamiento en la ubicación del punto real (tomado de la lectura del GPS). En este apartado se anotará el error registrado por el GPS al momento de la lectura, el cual deberá ser no mayor de 15.

**11. Croquis de ubicación:** En este apartado se dibujarán los rasgos principales del paisaje y vías de acceso, que describan con facilidad el traslado a la línea de muestreo (la ruta y ubicación, específicamente del sitio 1), partiendo de centros de población, o intersecciones de carreteras principales, identificables en cartas topográficas , como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Fragmento de formato de campo de datos de ubicación, con un croquis dibujado, mostrando vías de acceso y poblaciones cercanas**

11.- Croquis de ubicación:



El cuadro anterior muestra un ejemplo de la manera en que puede ser dibujado un croquis para la ubicación en campo del primer sitio de muestreo, es importante destacar que el croquis debe estar orientado al Norte y reflejar de una forma sencilla y clara la manera de llegar al sitio así como alguna otra característica que nos permita saber su localización. La simbología puede variar dependiendo del responsable de la toma de datos, la metodología de este manual propone la simbología del Cuadro 7.

**Cuadro 7. Simbología y significado para la elaboración del croquis de ubicación del sitio 1 de la línea de muestreo.**

Símbolo	Clave	Significado
N ↑	N	Norte
==== ---- ====	Cr4	Carretera 4 carriles, libre o de cuota.
==== ====	Cr2	Carretera 2 carriles, pavimentada.
---- ----	Tr	Terracería
- - - -	Br	Brecha
- - - - .	Vr	Vereda
 ■	Vf, Est	Vía ferrea y estación
●-----●	Le	Línea de conducción eléctrica
○-----○	Csup	Conducto superficial
○-----○	Csub	Conducto subterráneo
▭	Pp	Pista pavimentada
■	R, G	Rancho, granja o localidad rural aislada

Símbolo	Clave	Significado
■ ■ ■	Loc	Loclidad rural, ejido, colonia.
       	Pob, Cd	Cabecera municipal, población grande o ciudad.
▲	Za	Zona arqueológica.
○	Lo, La, R, J	Lago, laguna, represo, jagüey.
▭	D, P	Dique, presa.
~>	R, A	Río, arroyo
~>	Ca, Bo	Canal, bordo
▲▲	Sra	Sierra
▲	Cro	Cerro
⚡	Mn	Mina
●	S1	Sitio 1.

**NOTA:** Es importante que cada uno de los rasgos representados, por su signo y clave correspondiente tenga además el nombre local con el cual lo conocen los pobladores locales.

Otra anotación básica para la localización de la línea de muestreo es una breve descripción de cómo llegar al sitio de interés y del porque se llevó a cabo el muestreo en dicho lugar, los datos se anotarán en el espacio que se muestra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Fragmento de formato de campo mostrando la manera en que se llenan los datos de descripción y justificación en los datos de ubicación del la línea de muestreo**

12.- Descripción: <u>Suelo arenoso con rocas grandes expuestas, presencia de muchos arbustos, la altura de los arboles es relativamente baja, mucho suelo desnudo, poco combustible</u>
13.-Justificación: <u>El sitio se movio 100m. de su ubicaci n original ya que se encontraba junto a un arroyo</u>

**12. Descripción:** Se explicará las condiciones generales del sitio así como u otra característica relevante para acceder a este.

**13. Justificación:** Este apartado se llenará en caso de que la línea de muestreo se ubique en otro lugar que no es el elegido en gabinete, aquí se anota, el porque del cambio del sitio de instalación de la línea.

### 3.4 Información del combustible forestal

Los combustibles forestales son conformados por el material orgánico vegetal, vivo o muerto, subterráneo, superficial o aéreo, susceptible de ser quemado. Las características principales de los combustibles son: cantidad, estado, peso, tamaño, forma, densidad, contenido de humedad, presencia de sustancias inflamables, compactación, continuidad horizontal y vertical t altura. Los formatos de toma de datos de inventario de combustible forestal de este manual se encuentran divididos en combustible fino (hojarasca y capa de fermentación), grueso (material leñoso caído) y vivo (arbustos, hierbas, pastos y regeneración)

Los formatos para cada sitio cuentan con un apartado para datos de control donde se anotaran características particulares del sitio, estos datos son los que permiten tener una visión general del estado del sitio. Los datos se anotaran en el espacio que se muestra en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Fragmento de formato de campo de los datos de control del sitio de muestreo, con un ejemplo para el sitio 1**

A. Datos de control del sitio de muestreo.		
1.Clave de la línea: $\Delta 27$	2. No. de sitio: 1	3.Perturbación ambiental: Pastoreo
4.Grado de perturbación: Medio	5.Tipo de erosión: Laminar	6.Grado de erosión: 70-80%
7.Exposición: N-O		

**1. Clave de la línea:** En este campo se anotará la clave única que identifica a cada línea de muestreo. Este dato corresponde a la clave que se asignó a la línea en los datos de control de la línea de muestreo.

**2. No. de sitio:** Aquí se anotará el número correspondiente al sitio inventariado. El ejemplo del Cuadro 9 muestra el sitio 1.

**3. Perturbación ambiental:** Se define perturbación ambiental como a la actividad o factor que modifica la vegetación (en estado original) de un ecosistema, esta actividad puede ser positiva o negativa. En campo se deberá de anotar el código correspondiente a la perturbación observada en el sitio (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Códigos y tipos de perturbación ambiental.**

Código	Tipo perturbación
1	Ninguna
2	Daños por plagas o insectos en vegetación y suelo
3	Enfermedades en vegetación
4	Daños por incendio forestal en arbolado y/o suelo
5	Daños por pastoreo, en la vegetación o suelo
6	Daños causados por aprovechamientos en la vegetación
7	Cambio de uso de suelo, para agricultura
8	Daños causados por catástrofes naturales: huracanes, ciclones, etc

**4. Grado de perturbación:** En este campo se registrara grado de perturbación ambiental perceptible, ya sea utilizando el código aquí recomendado, escribiendo el grado o anotando el porcentaje en numero (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Códigos, grados y porcentaje de perturbación observado.**

Código	Grado de perturbación	% observado
1	No perceptible	No se detecta
2	Menor	0-25 %
3	Medio	25-50 %
4	Mayor	50-75 %
5	Máximo	75-100 %

**5. Tipo de erosión:** En este campo se anotará el tipo de erosión presente en el sitio correspondiente (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Tipos de erosión.**

Clasificación	Clase de erosión
1	Laminar
2	Canalillos
3	Cárcava
4	Torrentera

**6. Grado de erosión:** Se anotará el grado de erosión perceptible, dicho grado de erosión será anotado en porcentaje.

**Cuadro 13. Grados de erosión en rangos de porcentaje.**

Grado de erosión	
0	50-60
1-10	60-70
10-20	70-80
20-30	80-90
30-40	90-100
40-50	

**7. Exposición:** Se identificará la orientación geográfica (exposición) del sitio específico (norte, este, sur, oeste)

### 3.4.1 Evaluación del combustible fino

En este apartado se miden los combustibles finos encontrados en el cuadro de muestreo de 30 X 30 cm.

La medición de los combustibles se lleva a cabo colocando un cuadro flexible de 30 X 30 cm. (Figura 9), donde se medirán la profundidad y porcentaje de las diferentes capas presentes.



**Figura 9. Colocación del cuadro 30X 30cm.**

Para el registro de cobertura y profundidad de las diferentes capas (Figura 13) existentes entre deben considerarse como capas a:

**1.-Capa del suelo:** En esta capa se considera al suelo forestal, piedras y material parental.

**2.-Capa de fermentación:** Capa en donde se localizan hojarasca, hierbas y pastos en estado de descomposición avanzado, donde su estructura se encuentra fracturada.

**3.- Capa de hojarasca:** Capa donde se localizan las hojas caídas de árboles, arbustos, etc. La estructura de las hojas en esta capa esta bien conformada (entera) (Figura 10).



**Figura 10. Diferencia entre hojarasca y capa de fermentación**

**4.- Capa de hierbas:** Esta capa se localiza el estrato de hierbas anuales y/o perennes, de una altura desde 0 a 30 cm.

**5.- Capa de pastos:** Esta capa se localiza el estrato de pastos anuales y/o perennes.

**Cuadro 14. Fragmento del formato de campo para datos del transecto y del cuadro de 30 X 30 cm.**

B. Datos del transecto y del cuadro de 30 X 30 cm.		
<b>TRANSECTO A</b>	8. Pendiente: 10%	
9. Profundidad del mantillo orgánico	Capa hojarasca (cm): 0.5	10. Cobertura de capa de hojarasca: 8%
	Capa fermentación (cm): 0	11. Cobertura de capa de fermentación: 0%
12. Cobertura de capa de hierbas: 2%	13. Cobertura de capa de pastos: 0%	14. Cobertura de suelo mineral: 90%

**8. Pendiente:** Anotar la pendiente en porcentaje de cada transecto con respecto al punto central del sitio. Con este dato registrado, la pendiente se compensara en gabinete.

**9. Profundidad del mantillo orgánico:** Anotar la profundidad en centímetros de la capa de hojarasca y capa de fermentación presentes dentro del cuadro de 30 X 30 cm (Figura 11).

**10. Cobertura de capa de hojarasca:** Anotar el porcentaje de cobertura que tiene la capa de hojarasca dentro del cuadro de 30 X-30 cm. Rango de 0 a 100%.



**Figura 11. Medición de profundidad de las capas de materia orgánica.**

**11. Cobertura de capa de fermentación:** Anotar el porcentaje de cobertura que tiene la capa de fermentación dentro del cuadro de 30 X-30 cm. Rango de 0 a 100%.

**12. Cobertura de capa de hierbas:** Anotar el porcentaje de cobertura que tiene la capa o estrato de hierbas dentro del cuadro de 30 X-30 cm. Rango de 0 a 100%.

**13. Cobertura de capa de pastos:** Anotar el porcentaje de cobertura que tiene la capa o estrato de pastos dentro del cuadro de 30 X-30 cm. Rango de 0 a 100%.

**14. Cobertura de suelo mineral:** Anotar el porcentaje de cobertura que tiene el suelo mineral dentro del cuadro de 30 X-30 cm. Rango de 0 a 100%.

La medición del porcentaje de cada capa puede ser de 0 a 100 %, considerando que las capas pueden formar diferentes estratos ocupando el mismo porcentaje de cobertura pero a diferente altura. A continuación se ilustran unos ejemplos de porcentaje de cobertura dentro del cuadro de 30 X 30 (Figuras 12, 13 y 14).



**Figura 12. Porcentaje de cobertura: 98% hojarasca, 2% hierbas**



**Figura 13. Porcentaje de cobertura: 25% hierbas, 75% suelo mineral**



**Figura 14. Porcentaje de cobertura: 15% hierba, 5% hojarasca, 80% suelo mineral**

Además en bolsas de plástico se recogerá, (Figura 15) la capa de fermentación, hojarasca, hierbas y pastos que se encuentran dentro del cuadro, evitando colectar gran cantidad de suelo mineral, rocas y otras impurezas de la muestra además del material leñoso caído que será contabilizado por otro método que se explicará mas adelante. Debe procurarse que el interior del cuadro quede lo mas limpio posible (Figura 16).



**Figura 15. Recolección de la hojarasca en bolsa de plástico**



**Figura. 16 Lugar donde se encontraba el cuadro de 30 X 30 cm. limpio.**

Una vez colectada la muestra se rotula la bolsa con una clave única que distinga la muestra de las otras del mismo sitio y de las del resto de los sitios que componen la línea de muestreo Por ejemplo:

Clave de muestra **CHIH234\_1\_B\_25/07/05**

Donde:

CHIH234= Clave de la línea, Iniciales del Estado y numero de línea

1 =Numero de sitio 1

B= Clave de transecto

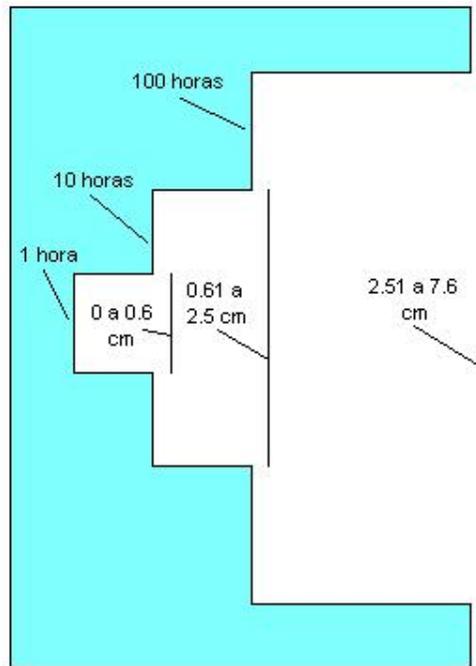
25/07/05=Fecha 25 de julio de 2005

### ***3.4.2 Evaluación del combustible grueso***

Los combustibles leñosos son considerados desde ramillas hasta troncos de árboles y arbustos que estén separados de su fuente original (ramas muertas pegados a troncos y tocones no se contabilizan).

Para la medición del combustible grueso se utilizará la metodología propuesta por Brown en 1974 de intersecciones planares, que consiste en el conteo por frecuencia de piezas leñosas que son intersectadas por un plano horizontal. Para su medición se agrupan en clases según su diámetro (que es un indicador de tamaño influyente en el tiempo de retardo de los combustibles, que es el tiempo en que un combustible tarda en perder o ganar dos tercios de la diferencia entre su contenido inicial de humedad con respecto a la del ambiente), teniendo:

Para la contabilización de combustibles más efectiva y rápida, se contara con calibradores, con las medidas de cada clase de combustibles (Figura 17).



**Figura 17. Calibrador.**

Los combustible leñosos se miden a lo largo de la cuerda de 7m de longitud continuación se muestra la forma de contabilizar los combustibles leñosos según su diámetro.

- a) Combustibles de 1 hr. con un diámetro de 0 a 0.6 cm. (Figura 18),



**Figura 18. Medición de combustibles de 1 hora con calibrador.**

b) Combustibles de 10 hr. con un diámetro de 0.61 a 2.5 cm. (Figura 19),



**Figura 19. Medición de combustibles de 10 horas con calibrador.**

c) Combustibles de 100 hrs. con un diámetro de 2.51 a 7.6 cm. (Figura 20) y



**Figura 20. Medición de combustibles de 100 horas con calibrador.**

d) Combustibles de 1000 hrs. todos aquellos con un diámetro mayor de 7.61 cm. (Figura 21).



**Figura 21. Medición de combustibles de 1000 horas con calibrador.**

Los combustibles de 1000 hr. serán clasificados en firmes y podridos según su condición actual, además de que se les medirá su diámetro perpendicular al transecto.

Debido a que el combustibles de 1000 hr. sobrepasan la medida del calibrador, esta medida se tomará el diámetro con flexometro. (Figura 22).



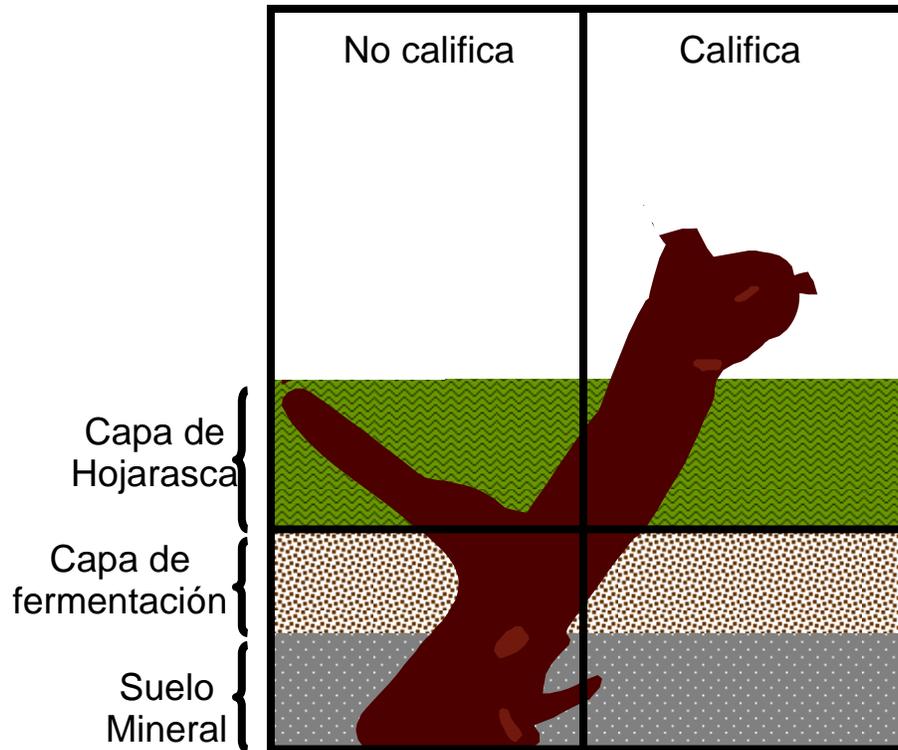
**Figura 22. Medición de combustibles de 1000 horas utilizando flexometro.**

Todo el material que sea intersectado en la longitud total del transecto será medido sólo si se encuentra dentro o sobre la capa de hojarasca e intersecte el transecto (Figura 23).



**Figura 23. Intersecciones a inventariar**

En cada línea de intersección (transecto) los combustibles serán contabilizados (Figura 24) en un plano vertical de 0 a 15 cm..



**Figura 24. Calificación del material combustible con respecto a la capa de hojarasca.**

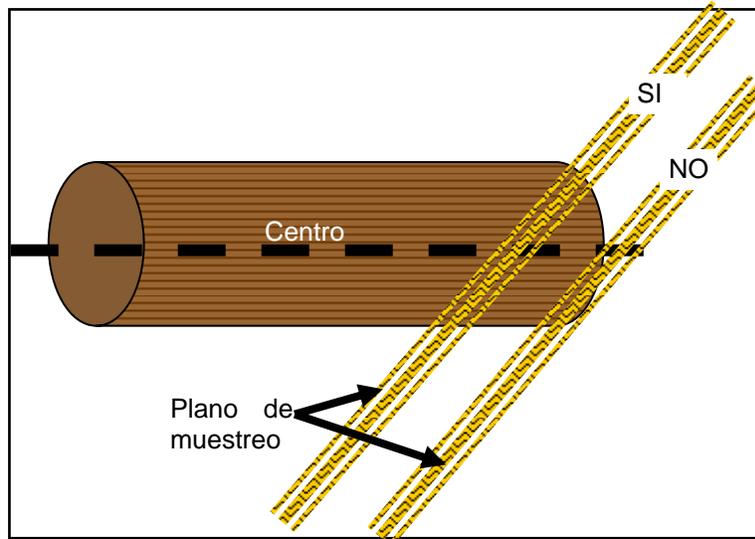
En plano horizontal: combustibles de 1 y 10 hr. serán contabilizados desde el punto central hasta los 3.5 m. de la cuerda, los combustibles de 100 y 1000 hr. serán contabilizados desde el punto central del sitio hasta los 7 m.

Cuando una pieza debido a su curvatura que intersecte dos o más veces el transecto, será medida cada intersección (Figura 25).



**Figura 25. Número de intersecciones contabilizadas en piezas curvas.**

Los combustibles sólo serán contabilizados si el transecto pasa por su eje central (Figura 26).



**Figura 26. Calificación según el plano de muestreo (transecto) con respecto a su centro.**

Los datos para combustibles gruesos se anotarán en el siguiente espacio del formato de campo.

**Cuadro15. Fragmento de formato de campo, para datos de la línea de intersecciones planares.**

C. Datos de la línea de intersecciones planares de 7 m.									
15. No. Intersecciones < 7.5cm									
1 hr			10 hr			100 hr			
16. Diámetro de intersecciones 1000 hr									
Firmes					Podridos				

**15. No. de intersecciones en 1hr, 10 hr y 100 hrs.:** Anotar el número en frecuencia de intersecciones que tienen estos combustibles en el transecto.

**16. Diámetros de intersecciones de 1000hrs:** Anotar el diámetro de cada combustible intersectado en el transecto en centímetros y registrarlo según su condición ya sea firme o podrido.

### 3.4.3 Evaluación del combustible vivo

La evaluación del combustible vivo se realiza dentro del círculo de 3.5 m. de diámetro, concéntrico al centro del sitio, será dividido en tres tercios (Figura 27) teniendo para cada tercio localizar por genero, al individuo representativo de mayor y menor tamaño; de regeneración, arbustos, hierbas y pastos, de los cuales se registrara las mediciones de altura y cobertura de copa, además de tomar el porcentaje de cobertura por forma biológica en cada tercio.

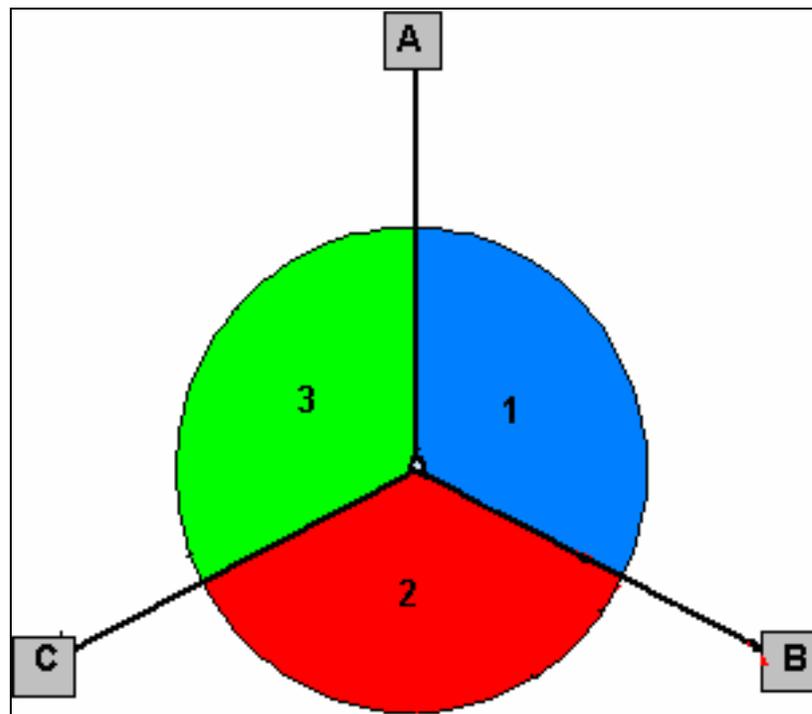


Figura 27. Esquema de los tres tercios del círculo de 3.5 metros de radio.

La identificación del género para cada forma biológica se hará de acuerdo a los conocimientos del personal que realice el muestreo en campo que puede proporcionar el nombre común o nombre científico de las especies observadas en campo o simplemente identificarlas con un número consecutivo.

Se consideran:

**Arbustos:** plantas leñosas perennes cuya estatura es relativamente baja, considerando como arbustos a toda planta mayor de 30 cm de altura y que consta por lo general de muchos tallos de tamaño similar, que surgen a partir de una raíz común o de una zona cercana al suelo.

**Regeneración:** son árboles en etapa primaria de crecimiento, considerando a los individuos de esta clase de un diámetro de 0.1 a 7.5 cm. y una altura máxima de 2.5m.

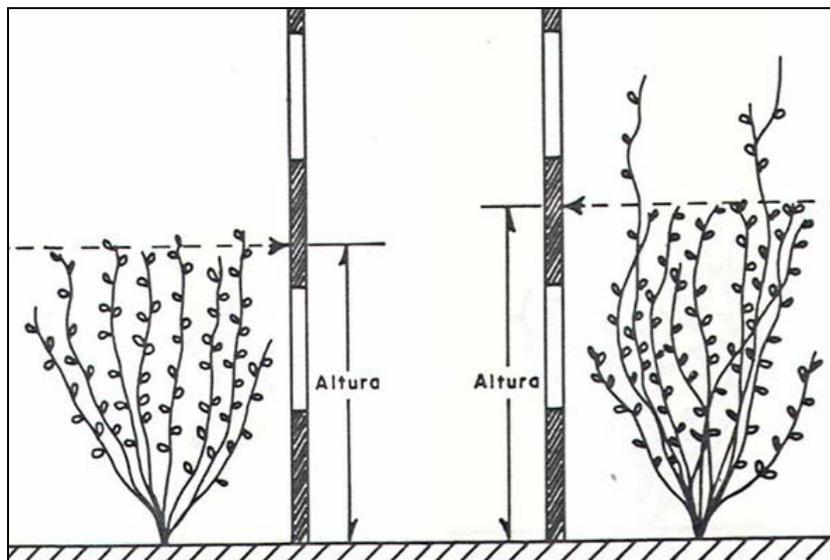
**Pastos:** Cualquier planta con tallos delgados y tiernos que no desarrolla tejido leñoso (Monocotiledóneas).

**Hierbas:** son plantas anuales o perennes de estatura relativamente baja considerándolas de 0.1 a 30 centímetros de altura.

Para cada uno de los estratos se medirá:

**Altura 1:** Anotar la altura total registrada desde la base, hasta la punta de la copa, para el individuo de mayor tamaño, por genero muestreado.

**Altura 2:** Anotar la altura total registrada desde la base, hasta la punta de la copa, para el individuo de menor tamaño, por genero muestreado.



**Figura 28. Forma de medir la altura de los arbustos.**



**Figura 29. Medición en campo de la altura de un arbusto.**



**Figura 30. Medición de altura de hierbas**

**Diámetro de copa máx.:** Registrar el diámetro de copa mayor de la copa por individuo muestreado por género, anotado en centímetros.

**Diámetro de copa min.:** Registrar el diámetro de copa menor de la copa por individuo muestreado por género, anotado en centímetros.

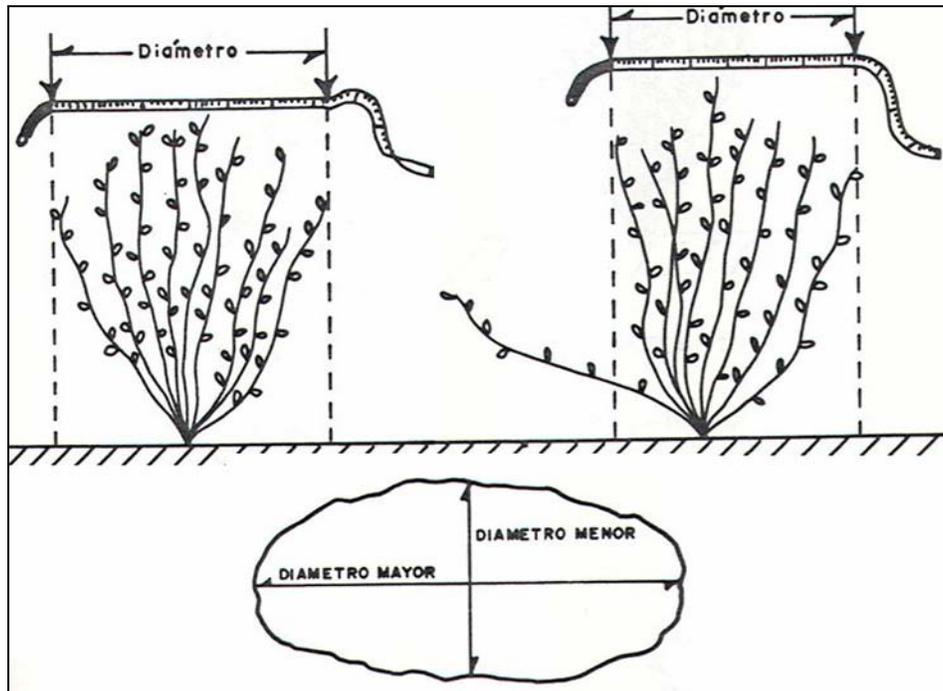


Figura 31. Forma de medir el diámetro de copa de los arbustos.



**Figura 32. Medición del diámetro menor de arbustos**



**Figura 33. Medición del diámetro mayor de arbustos**

**% Cobertura:** Registra el porcentaje de cobertura por genero muestreado en el tercio.

Los datos del combustible vivo se registrarán en el formato:

**Cuadro 16 Fragmento del formato de campo, para datos de arbustos**  
**Los datos**

<b>D. Medición de vegetación en círculo de 3.5 metros de radio.</b>					
<b>TERCIO 1</b>					
Arbustos	altura 1	altura 2	diam. copa 1	diam copa 2	%
1					
2					
3					
regeneración	altura 1	altura 2	diam copa 1	diam copa 2	%
1					
2					
3					
Pastos	altura 1	altura 2	diam copa 1	diam copa 2	%
1					
2					
3					
Hierbas	altura 1	altura 2	diam copa 1	diam copa 2	%
1					
2					
3					

**Arbustos, regeneración, Pastos, Hierbas:** Anotar el nombre común, científico o número consecutivo del espécimen muestreado. Las alturas y los diámetros se anotarán en centímetros y la cobertura de acuerdo al porcentaje observado.

#### 4. Conclusión

Para conocer el impacto de incendios forestales en áreas boscosas se requiere un muestreo dinámico (corto, mediano y largo plazo), debido a que algunos efectos requieren tiempo para ser perceptibles.

Para la ocurrencia de incendios el combustible forestal es esencial la cantidad acumulada, definirá la intensidad del incendio, lo cual a su vez definirá el impacto del fuego en los ecosistemas. Un inventario minucioso de combustibles permite además la realización de mapas temáticos que permiten visualizar una idea más amplia de la distribución de los combustibles y así poder implementar cambios en la forma operativa en que se llevan a cabo las quemas controladas además de la definición de estrategias específicas para diferentes tipos de vegetación (bosques, selvas zonas áridas).

Este manual es innovador ya que la metodología propuesta puede ser aplicada en diferentes ecosistemas en todo el país, el inventario se realiza en un tiempo relativamente corto y no representa altos costos de operación.

## 5. Bibliografía

- .Anderson, H.E. 1989. Moisture diffusivity and response time in fine forest fuels. *Canadian J. of Forest Research*, 20: 315-325.
- Arno, S.F. 1980. Forest fire history in the Northern Rockies. *Journal of Forestry*, 78: 460-66.
- Benavides S., J.D. 1987. Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio del *Pinus michoacana cornuta* Martínez y *Pinus oocarpa* Schiede, para el A.D.F. Tapalpa, Estado de Jalisco. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. U.A. Chapingo. Chapingo, México. 80 p.
- Brown, J.K., Oberheu, R.D.; Johnston, C.M. 1982. Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior West. USDA, Forest Service General Technical Report INT-129. 48 p.
- Campbell, J.; K. Green; D. Weinstein and M. Finney. 1996. Fire growth modeling in an integrated GIS environment. *In: Proc. of the Southern Forestry Geographic Information Systems Conference*. Athens, GA. pp. 133-142.
- Countryman, C., M. 1992. El concepto del ambiente del fuego. Estación Experimental Forestal y de Guardabosques del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura. California, Estados Unidos de América. 16 p.
- Flores J.G, 1987. Ensayo de predicción del Rendimiento de Orégano (*Limpia berlandieri* Shower), En la Zona Norte de Jalisco. Tesis licenciatura. Chapingo, México. 27-29 pp
- Flores G., J. G. and P. N. Omi. 2003 Mapping forest fuels for spatial fire behavior simulations using geomatic strategies. *Agrociencia*, 37(1):65-72.
- Flores G., J. G. y J. de D. Benavides S. 1994. Efecto de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. *Revista Terra* Vol. 12 (4): 393-400.
- Flores G., J.G. 1996. Aplicación de sensores remotos y sistemas de información geográfica para el mapeo de riesgo de incendios forestales. INIFAP, SAGAR. Campo Experimental Colomos. Folleto Informativo No.1.
- Flores G., J.G. 2001. Modeling the spatial variability of forest fuel arrays. Ph.D. Dissertation. Dept. For. Sc. Colorado State University. 184 p.

- Flores G. J., Benavides S.J. 1994 Algunas condiciones que influyen en el riesgo y peligrosidad de los incendios forestales. SARH 5-6p
- Flores G. J.G., Moreno G. D.A., Benevides S. J. D 2005 Limitaciones espaciales de los modelos de combustibles forestales al comparar dos diseños de muestreo. Revista Ciencia Forestal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Vol. 30 num. 97. 7,9p.
- González-Cabán A. and D. V. Sandberg. 1989. Fire management and research needs in México. Journal of Forestry 87(8): 20-26.
- International Fire Service Training Association. 1998. Fundamentals of wildland fire fighting. Third Ed. Fire Protection Publications. Oklahoma State University. 472 p.
- Jorgensen, S.E. 1988. Fundamentals of ecological modeling. *Developments in environmental modeling*, 9: 391 p.
- Keane, R.E.; Burgan, R.; van Wagtenok. 1999. Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling. USDA For. Ser. RMRS. Fire Sciences Laboratory, Fire Modeling Institute.
- Nájera, D. A. 2002. Riesgos potenciales para la protección contra incendios forestales en Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México. 163 p.
- Rodríguez T., D. A. 1996. Incendios forestales. Mundi-Prensa México, D. F., Universidad Autónoma Chapingo, México. 630 p
- Rodríguez T., D. A.; Rodríguez A., M.; Fernández S., F. y Pyne, S. J. 2002. Educación e incendios forestales. 2a ed. MundiPrensa. México, D. F. 201 p.
- Rodríguez T., D. A. y Sierra P., A. 1995. Evaluación de los combustibles forestales en los bosques del Distrito Federal. Ciencia Forestal en México 20(77): 193-218.
- Rodríguez T. D.A, Rodríguez A. M., Fernández S. F. 2002 Educación e Incendios Forestales. Mundi-Prensa. México D.F. 77p
- Santiago F. H; Servin M., M; Rodarte R., H; Garfias A. F.1999. UNAM. Programa Universitario de Medio Ambiente Dirección general de Publicaciones y Fomento editorial.107p.

- Smith, D.A. 1986. The practice of silviculture. Eighth Edition. John Wiley & Sons. USA. pp. 237-49.
- UCODEFO No 2. 1997. Aplicación del inventario forestal continuo (I.F.C.) en los bosques del ejido "El Largo". Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No 2. Ciudad Madera, Chihuahua. México. 34 p.
- Vélez R...2000. La defensa contra Incendios Forestales. Fundamentos y experiencias. Mc Graw Hill. España 25
- Zerecero L., G. y Sánchez C., J. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Nota Divulgativa 9. CIFONOR-INF. 16 p.