



---

# Manual de muestreos cuantitativos de Biodiversidad y Cobertura Aérea

*Versión 2.0*

*Mayo de 2022*

---



# Contenido

Introducción .....	1
Contenido y captura de carbono en la vegetación .....	3
Almacenes de carbono en las comunidades vegetales.....	3
1 Biomasa viva sobre el suelo .....	3
2 Biomasa viva por debajo del suelo.....	3
3 Biomasa muerta sobre el suelo .....	4
4 Mantillo .....	4
5 Suelo .....	4
Inventario de Carbono+ .....	5
Equipo para levantamiento de campo .....	7
Nomenclatura de las parcelas .....	8
Forma y tamaño de las parcelas de medición Carbono+ .....	11
Punto Central .....	12
Delimitación de las Parcelas de Muestreo .....	14
Variables de medición de Biodiversidad de plantas vasculares.....	17
Método VegClass.....	17
Levantamiento de datos de Biodiversidad de plantas vasculares .....	19
FORMATO 1 .....	19
A. INFORMACIÓN DE LA PARCELA CARBONO+ .....	19
B. REFERENCIA DE UBICACIÓN DEL CENTRO DE LA PARCELA .....	19
C. REGISTRO DE VEGETACIÓN MENOR Y COBERTURA DEL SUELO (CUADRO DE 1m <sup>2</sup> ) .....	20
D. TRANSECTOS DE COMBUSTIBLES.....	20
E. COBERTURA DE DOSEL .....	20
Altura media del dosel (m) .....	20



Porcentaje de la cobertura del dosel .....	20
Índice furcación .....	21
Cobertura-abundancia de plantas leñosas <2 m de altura .....	22
Perfil de la vegetación .....	23
FORMATO 2 .....	23
Registro de información de mantillo y suelo.....	23
FORMATO 3. Registro de información de herbáceas con enfoque ganadero (1m <sup>2</sup> ).....	24
FORMATO 4. Registro de repoblado/arbustos (círculo 12.56m <sup>2</sup> ) .....	24
FORMATO 5. Datos de plantas leñosas (círculo de 400m <sup>2</sup> ) .....	24
FORMATO 6. Datos de plantas leñosas (círculo de 1000m <sup>2</sup> ) .....	24
FORMATO 7. Muestras de madera para densidad y Dendrocronología (círculo de 400m <sup>2</sup> ).....	25
FORMATO 8. Tipos funcionales de plantas y Especies .....	25
Especies identificadas en campo .....	25
Especies desconocidas .....	25
Fotografías.....	25
Colectas e identificación.....	27
Tipos funcionales de plantas (PFT) .....	28
Tamaño foliar .....	30
Inclinación foliar .....	35
Clorotipo foliar .....	38
Morfortipo foliar.....	41
Forma de vida .....	44
Tipos de raíces de crecimiento aéreo o superficiales .....	48
FORMATO 9 .....	51



Referencias.....	52
FORMATOS .....	55
INVENTARIO DE BIODIVERSIDAD .....	56
FORMATO 1. Información de la parcela Carbono+ referencia, cobertura vegetal y perfil de la vegetación .....	56
FORMATO 2. Registro de información de mantillo y suelo .....	57
FORMATO 3. Registro de información de herbáceas (1m <sup>2</sup> ) .....	58
FORMATO 4. Registro de repoblado/arbustos (círculo 12.56m <sup>2</sup> ) .....	59
FORMATO 5. Datos de plantas leñosas (círculo de 400m <sup>2</sup> ).....	60
FORMATO 6. Datos de plantas leñosas (círculo de 1000m <sup>2</sup> ).....	62
FORMATO 7. Muestras de madera para densidad y Dendrocronología (círculo de 400m <sup>2</sup> ).....	63
FORMATO 8. Tipos funcionales de plantas y Especies .....	64
FORMATO 8. Tipos funcionales de plantas y Especies .....	65
FORMATO 9. Fotografías para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+ .....	66
ANEXO 1 .....	67
FORMATO DE ETIQUETA PARA EJEMPARES BOTANICOS.....	67



# Índice de cuadros

Cuadro 1. Etapas del Inventario Carbono+ .....	5
Cuadro 2. Equipo y materiales de campo.....	7
Cuadro 3. Elementos del identificador de la parcela del Inventario Carbono+ .....	8
Cuadro 4. Clave del Estado para la construcción del Identificador .....	8
Cuadro 5. Clave de las Regiones para la construcción del Identificador.....	8
Cuadro 6. Claves de los tipos de vegetación para la construcción del Identificador del Inventario Carbono+.....	9
Cuadro 7. Clave del tipo de parcela para la construcción del Identificador.....	10
Cuadro 8. La escala dominio de cobertura-abundancia es un sistema de clasificación arbitraria útil en la estudio rápido de la vegetación .....	22

# Índice de figuras

Figura 1. Ciclo del carbono .....	2
Figura 2. Almacenes de carbono en las comunidades vegetales 1 Biomasa viva sobre el suelo, 2 Biomasa viva por debajo del suelo [Raíces], 3 Biomasa muerta sobre el suelo, 4 Mantillo y 5 Suelo. ....	4
Figura 3. Dinámica del carbono siguiendo un gradiente de perturbación.....	5
Figura 4. Actividades y personal del Inventario Carbono+.....	6
Figura 5. Regionalización del Estado de México .....	10
Figura 6. Parcela de muestreo del Inventario Carbono+.....	11
Figura 7. Ejemplo de la obstaculización en el marcado de las parcelas.....	13
Figura 8. Fotografía de GPS en el Punto Central de la parcela (D01).....	13
Figura 9. Estaca que delimita el Punto Central de la parcela.....	14
Figura 10. Delimitación de la parcela Carbono+ con banderines y cuerdas. ....	14
Figura 11. Cuerdas y banderines que delimitan la parcela .....	15
Figura 12. Efecto de la pendiente en la distancia horizontal. Distancia horizontal (a); distancia medida sobre un terreno con pendiente (b); diferencia entre la distancia horizontal y la distancia medida sobre el terreno (c).....	15
Figura 13. Colocación de la segunda cuerda para la delimitación de la parcela .....	16
Figura 14. Colocación de las cuerdas 3 y 4 para la delimitación de la parcela.....	16
Figura 15. Colocación de las ocho cuerdas para la delimitación de la parcela.....	16
Figura 16. Índice de furcación .....	22
Figura 17. Boceto de perfil de la vegetación.....	23
Figura 18. Fotografías adecuadas para su posterior identificación .....	26
Figura 19. Gramática y ruta establecida para la compilación de los Tipos funcionales de plantas. ....	29
Figura 20. Clase de tamaño foliar para campo.....	32
Figura 21. Clase de tamaño foliar picófila (pi) ( $< 2 \text{ mm}^2$ ) .....	33
Figura 22. Clase de tamaño foliar leptófila (le) ( $2 - 25 \text{ mm}^2$ ).....	33
Figura 23. Clase de tamaño foliar nanófila (na) ( $25 - 225 \text{ mm}^2$ ).....	33
Figura 24. Clase de tamaño foliar micrófila (mi) $225 - 2025 \text{ mm}^2$ .....	33
Figura 25. Clase de tamaño foliar notófila (no) $2025 - 4500 \text{ mm}^2$ .....	34
Figura 26. Clase de tamaño foliar mesófila (me) $4500 - 18200 \text{ mm}^2$ .....	34
Figura 27. Clase de tamaño foliar platífila (pl) $18200 - 36400 \text{ mm}^2$ .....	34
Figura 28. Clase de tamaño foliar macrófila (ma) ( $36400 - 18 \times 10^4$ ) . ....	34
Figura 29. Clase de tamaño foliar megáfila (mg) $> 18 \times 10^4 \text{ mm}$ .....	35
Figura 30. Diagrama conceptual de las clases de inclinación foliar .....	36

Figura 31. Ejemplos de inclinación foliar vertical (ve).....	36
Figura 32. Ejemplo de inclinación foliar lateral (la).....	37
Figura 33. Ejemplo de inclinación foliar pendular (pe) .....	37
Figura 34. Ejemplos de inclinación foliar compuesta (co).....	38
Figura 35. Clases de clorotipo foliar .....	38
Figura 36. Ejemplos de clorotipo foliar dorsoventral (do) .....	39
Figura 37. Ejemplos de clorotipo foliar isobilateral o isocéntrico (is) .....	39
Figura 38. Ejemplos de clorotipo foliar deciduo o caducifolio (de).....	39
Figura 39. Ejemplos de clorotipo foliar cortico (ct) .....	40
Figura 40. Ejemplo de clorotipo foliar aclorófilo (ac).....	40
Figura 41. Diagrama conceptual de las clases de morfotipo foliar .....	41
Figura 42. Ejemplos de morfotipo foliar roseta (ro).....	41
Figura 43. Ejemplos de morfotipo foliar suculento tridimensional (so).....	42
Figura 44. Ejemplos de morfotipo foliar suculento (su) .....	42
Figura 45. Ejemplos de morfotipo foliar nervadura paralela (pv) .....	43
Figura 46. Ejemplos de morfotipo foliar filicoide (fi) .....	43
Figura 47. Ejemplos de morfotipo foliar carnívoro (ca) .....	44
Figura 48. Clases de forma de vida.....	45
Figura 49. Ejemplo de la forma de vida fanerófito (ph) .....	46
Figura 50. Ejemplos de la forma de vida caméfitas (ch).....	46
Figura 51. Ejemplos de la forma de vida hemicriptófitas (hc).....	47
Figura 52. Ejemplo de la forma de vida criptófito (cr).....	47
Figura 53. Ejemplos de la forma de vida terófito (th) .....	48
Figura 54. Ejemplos de la forma de vida lianoide (li) .....	48
Figura 55. Ejemplos de raíces superficiales adventicia (ad) .....	49
Figura 56. Ejemplo de raíces superficiales aéreas (ae) .....	49
Figura 57. Ejemplos de raíces superficiales epifíticas (ep).....	50
Figura 58. Ejemplos de raíces superficiales hidrofíticas (hy) .....	50
Figura 59. Ejemplos de raíces superficiales parasíticas (pa) .....	51

## Introducción

El cambio climático se definió en la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCC) como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (IPCC, 2007).

La alteración en la composición de la atmósfera se debe al incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI). Entre los GEI se encuentra el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano, los óxidos de nitrógeno, clorofluorocarburos, el vapor de agua, entre otros. El  $\text{CO}_2$  y el vapor de agua están regulados por los ciclos globales del carbono (C) y el ciclo hidrológico respectivamente.

La dinámica de los ecosistemas terrestres depende de las interacciones entre diversos ciclos biogeoquímicos, particularmente el ciclo del C, los ciclos de nutrientes y el ciclo hidrológico, todos los cuales pueden resultar modificados por las actividades humanas. Los sistemas ecológicos de la Tierra, por medio de los cuales el C queda retenido en la biomasa viva, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo global de C (IPCC, 2007).

En el ciclo del C se establece un balance entre las fuentes de emisión y los almacenes. La circulación del C comienza en la reserva atmosférica (Figura 1). El ciclo del carbono involucra dos procesos: el biológico, en donde este elemento circula entre la materia orgánica mediante la fotosíntesis y la respiración; y el geoquímico, en donde circula en la hidrósfera, atmósfera y litósfera (Jaramillo, 2004).

Se entiende como fuente de carbono al flujo que se da de la biósfera, hidrósfera y litósfera a la atmósfera; es decir, cuando un proceso es capaz de liberar a la atmósfera más carbono del que puede almacenar (Pardos, 2010). Un sumidero es definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, como: cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o remueve un GEI, un aerosol o un precursor de un GEI. Los principales sumideros de C son el suelo, los océanos, los bosques tropicales, templados, boreales y los pastizales.



Sin embargo, la funcionalidad de los ecosistemas terrestres se ha visto rebasada en los últimos 200 años por un desbalance en el ciclo del C, reflejado en el incremento del  $\text{CO}_2$  atmosférico. Las causas principales de este incremento son las emisiones de  $\text{CO}_2$  derivadas del uso de combustibles fósiles y del impacto del cambio en el uso de suelo (IPCC, 2007).

Las actividades humanas han modificado y continúan modificando los flujos naturales del ciclo global de C. Se tiene evidencia que en la década de los noventa aumentaron las emisiones de C a la atmósfera debido al cambio de uso de suelo (Houghton, 2003).

México presenta características propicias para promover la conservación y el manejo de los bosques naturales, la reforestación y el estímulo para la creación de sistemas agroforestales, actividades que se observan como alternativas para mitigar las emisiones de GEI. De acuerdo con Trejo y Hernández (2005), el 69.7 % de la superficie del territorio nacional tiene cobertura vegetal de los cuales el 17.3 % son bosques, el 15.8 % son selvas, el 29.9 % es matorral xerófilo, el 6.3 % es pastizal y el 0.5 % es vegetación hidrófila.

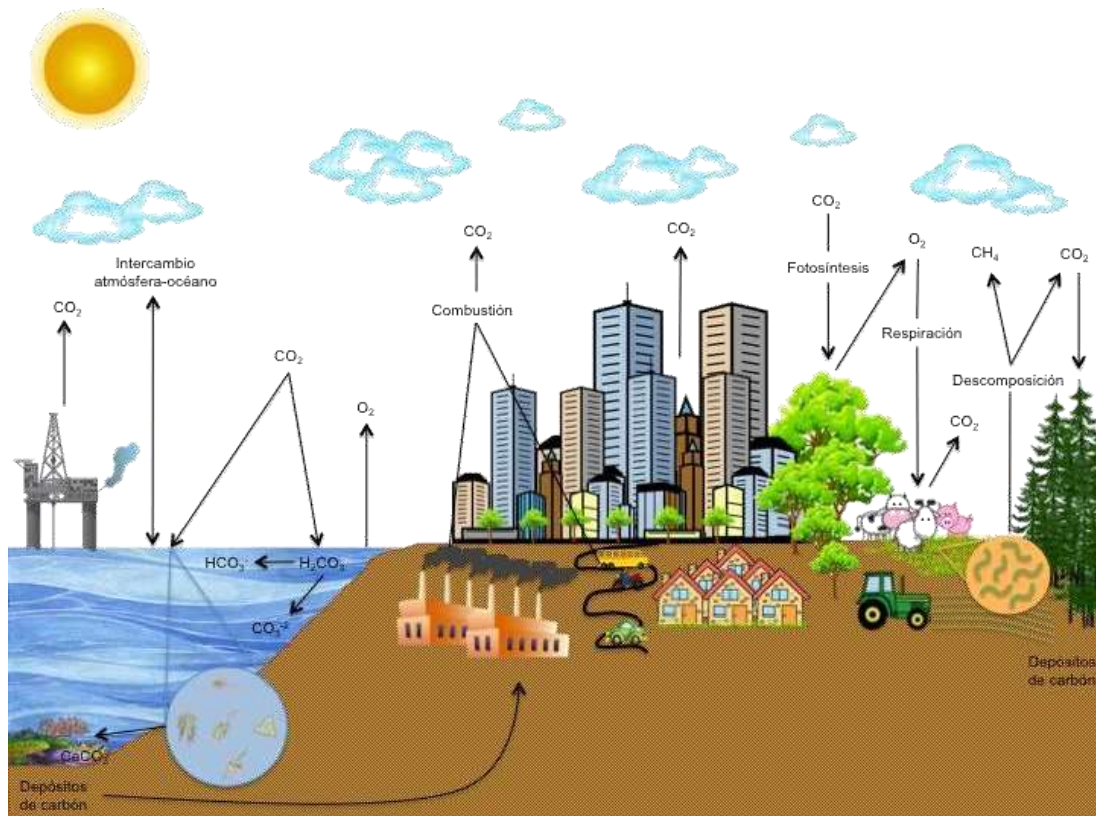


Figura 1. Ciclo del carbono (Mijangos, 2015)

## Contenido y captura de carbono en la vegetación

El CO<sub>2</sub> se almacena en la biomasa vegetal, por consiguiente, la vegetación actúa como sumidero de carbono y juega un papel importante en la regulación de este elemento, ya que contribuye a reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico (Brown, 2010). Asimismo, los bosques pueden actuar como fuentes de carbono cuando son perturbados (deforestaciones, incendios, enfermedades, etc.), ya sea de manera natural o por acción del ser humano (Rojo *et al.*, 2003; Brown, 2010).

El contenido de carbono es un término que se refiere al carbono almacenado en la biomasa por efecto de la incorporación de este elemento durante la fotosíntesis, por lo tanto, la cantidad de carbono almacenado es proporcional a la biomasa (McPherson, 1998; Aguaron y McPherson, 2012). Mientras que la captura de carbono corresponde al flujo que va de la atmósfera a la vegetación en una temporada de crecimiento; es decir, la tasa anual de carbono almacenado (McPherson, 1998; Aguaron y McPherson, 2012).

La captura de carbono depende del contenido inicial de carbono, las tasas de crecimiento, la edad y condición del rodal (los individuos jóvenes tienden a retener el carbono a tasas más altas en comparación con los árboles maduros), y la vida útil del árbol (las especies que tienen una larga vida lo almacenan por mayor tiempo, una vez que muere el carbono es liberado a la atmósfera) (Andreu *et al.*, 2009; Stoffberg *et al.*, 2010). Asimismo, la cantidad de carbono absorbido y almacenado depende de las condiciones del sitio, de la composición de especies y estructura, clima y manejo, así como entre ecosistemas y tipos de vegetación (Pardos, 2010).

## Almacenes de carbono en las comunidades vegetales

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático define cinco almacenes de carbono presentes en las comunidades vegetales (Figura 2) (IPCC, 2003).

### **1 Biomasa viva sobre el suelo**

Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, con inclusión de tallos, ramas, corteza, semillas y follaje, de árboles, arbustos y herbáceas

### **2 Biomasa viva por debajo del suelo**

Toda la biomasa viva de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de (sugerido) 2mm de diámetro porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo.

### **3 Biomasa muerta sobre el suelo**

Comprende toda la biomasa no viva, no contenida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en el suelo. La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones.

### **4 Mantillo**

Comprende toda la biomasa no viva que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de hojarasca y horizonte de fermentación.

### **5 Suelo**

Comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad especificada elegida por el país y aplicada coherentemente mediante las series cronológicas. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella.

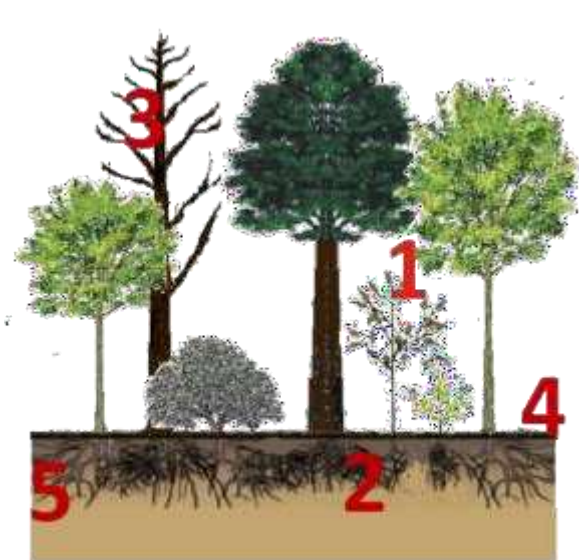


Figura 2. Almacenes de carbono en las comunidades vegetales 1 Biomasa viva sobre el suelo, 2 Biomasa viva por debajo del suelo [Raíces], 3 Biomasa muerta sobre el suelo, 4 Mantillo y 5 Suelo.

## Inventario de Carbono

El inventario de Carbono+ está orientado a evaluar la dinámica del carbono a través de cronosecuencias siguiendo un gradiente de perturbación (Figura 3).

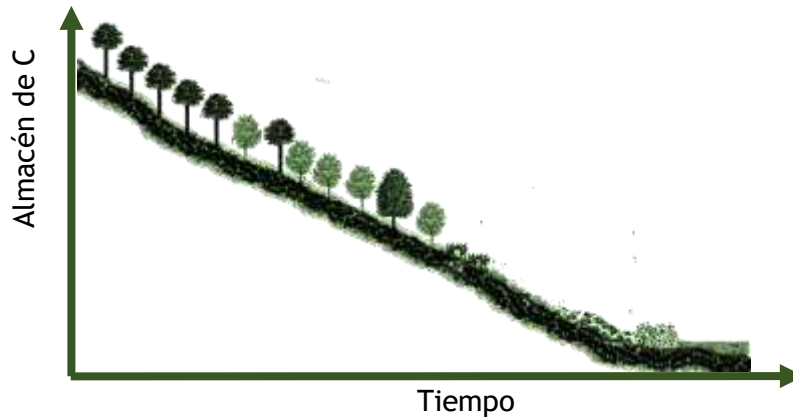


Figura 3. Dinámica del carbono siguiendo un gradiente de perturbación

Por lo anterior es necesario hacer las siguientes consideraciones:

1. Comparabilidad conceptual. Todos los muestreos deben efectuarse bajo los mismos procedimientos a fin de que los datos colectados puedan ser comparados.
2. Comparabilidad temporal. Las mediciones que se realicen para los diferentes almacenes de carbono, deben realizarse en la misma época del año desde la primera vez.
3. Variabilidad estacional. Es conveniente situar algunos sitios clave que evalúen el cambio entre los momentos de menor y mayor biomasa por efecto de la humedad disponible en las diferentes estaciones del año.

La brigada de campo estará conformada por tres personas, un Ingeniero forestal o Biólogo especialista en levantamientos de Carbono, un Especialista en Botánica especialista en Botánica y un ayudante en general.

## Equipo para levantamiento de campo

La brigada deberá preparar el material previo a la salida de campo (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Equipo y materiales de campo**

Cantidad	Equipo	Cantidad	Equipo
1	vehículo automotor	1	mazo de acero
1	laptop	1	pala recta
1	cámara digital para cobertura	1	cilindro para densidad aparente de 2" de diámetro
1	cámara digital compacta	1	cuadro de PVC de 1m <sup>2</sup> pintado de color naranja
1	cámara digital reflex	8	cuadros de PVC 30x30cm pintados de color naranja
1	GPS	1	juego de banderas
1	taladro Pressler	80	pilas de cámara digital
1	Brújula con clinómetro	4	presas botánicas
1	Altímetro	20	pinturas de spray color naranja
1	báscula 5000gr de precisión 1gr	1	juego de cintas o listones para marcaje de arbustos
1	reliscopio simple de Bitterlich	1	set de tubos y triángulo para fotos aplicables a incendios
1	cinta diamétrica de 5m	50	formatos cuantitativos
1	USB de 8 Gb	500	formatos semicuantitativos
1	juego de tijeras para para colecta de especies	1	juego de etiquetas preimpresas
1	juego de cintas	1	cartón corrugado, cintas masking-tape y cartulina para etiquetas
1	barreno de gusano	1	paquete de papel bond carta
1	barreno de tubo	1	juego de reglas graduadas y tablas de apoyo
1	navaja	20	pinturas de spray color naranja
1	cinta métrica de 2m	10	kg de bolsas 15x20cm
1	juego de cuerdas marcadas	20	kg de bolsas 20x30cm
1	lámpara de mano	5	kg de bolsas 50x70cm
1	martillo de goma	3	kg de bolsas jumbo 1m

## Nomenclatura de las parcelas

Las parcelas serán nombradas con un identificador único, construido a partir de claves similares para todas las parcelas (Cuadro 3). Este identificador estará conformado por doce elementos.

**Cuadro 3. Elementos del identificador de la parcela del Inventario Carbono+**

ESTADO		REGION		TIPO DE VEGETACIÓN		PARCELA				TIPO	

El identificador se escribe de izquierda a derecha; los dos primeros dígitos corresponden al Estado. De conformidad con el Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Clave del Estado para la construcción del Identificador**

Clave		Estado
0	7	Chiapas

Los siguientes dos dígitos corresponden a la región. La regionalización de Chiapas (ver Cuadro 5) esta mostrada en la Figura 4, a la derecha, donde se utilizaron los municipios para re-regionalizar el estado.

**Cuadro 5. Clave de las Regiones para la construcción del Identificador**

Clave		Región
0	1	Selva maya
0	2	Selva zoque
0	3	Depresión central
0	4	Llanura costera
0	5	Soconusco
0	6	Montañas del norte
0	7	Los altos
0	8	Sierra madre

Los siguientes tres dígitos corresponden al tipo de vegetación. El primer dígito es la clave de Estratificación para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INF y S) 2004- 2009 de la CONAFOR. Los siguientes dos corresponden a la clave de Clases de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, de acuerdo con el Cuadro 6. Se incluyeron otros usos de suelo no considerados en la clasificación mencionada.

**Cuadro 6. Claves de los tipos de vegetación para la construcción del Identificador del Inventario Carbono+**

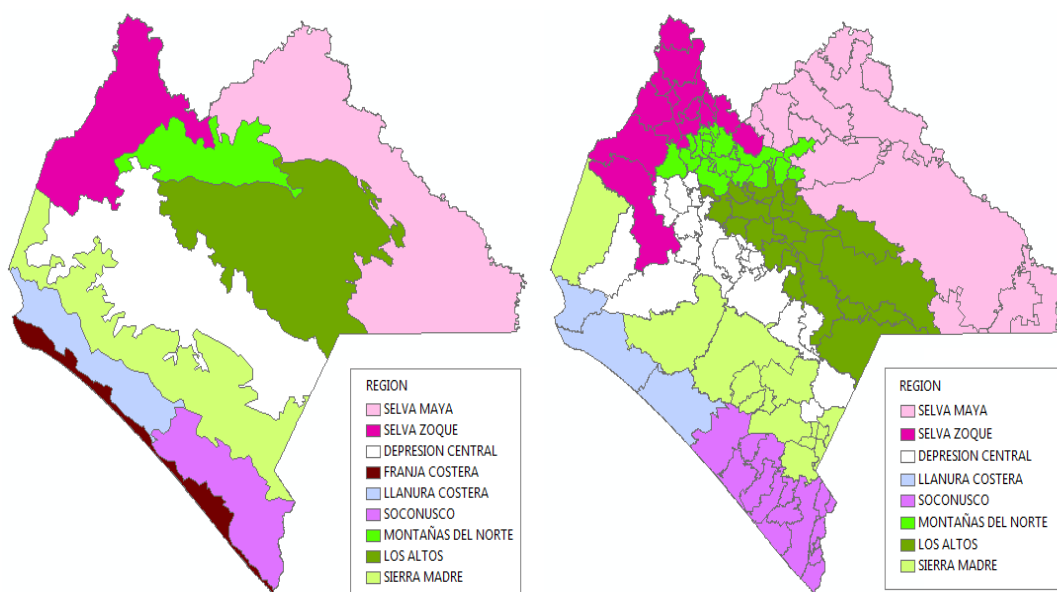
Estratificación para el INFy S 2004 - 2009		Clases de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI	
Clave	Nombre	Clave	Nombre
1	Bosque	0 1	Bosque de ayarín
		0 2	Bosque de cedro
		0 3	Bosque de oyamel
		0 4	Bosque de pino
		0 5	Bosque de pino-encino
		0 6	Bosque de encino
		0 7	Bosque de encino - pino
		0 8	Bosque mesófilo de montaña
		0 9	Bosque de galería
		1 0	Bosque cultivado
2	Selva	1 1	Bosque inducido
		1 2	Selva alta perennifolia
		1 3	Selva alta subperennifolia
		1 4	Selva mediana perennifolia
		1 5	Selva mediana subperennifolia
		1 6	Selva baja perennifolia
		1 7	Selva mediana subcaducifolia
		1 8	Selva baja subcaducifolia
		1 9	Selva mediana caducifolia
		2 0	Selva baja caducifolia
		2 1	Selva baja espinosa
		2 2	Selva baja subperennifolia
		2 3	Selva de galería
		2 4	Petén
3	Comunidades áridas y semiáridas	2 5	Matorral de coníferas
		2 6	Bosque de táscate
		2 7	Matorral subtropical
		2 8	Mezquital (MKE)
		2 9	Mezquital (MK)
		3 0	Matorral submontano
		3 1	Matorral espinosos tamaulipeco
		3 2	Matorral sarcocaulle
		3 3	Matorral sarco-crasicaule
		3 4	Matorral sarco-crasicaule de neblina
		3 5	Chaparral
		3 6	Mezquital (MKX)
		3 7	Matorral crasicaule
		3 8	Matorral desértico micrófilo
		3 9	Matorral desértico rosetófilo
		4 0	Matorral rosetófilo costero
		4 1	Vegetación de desierto arenosos
		4 2	Vegetación de dunas costeras
		4 3	Vegetación gipsófila
		4 4	Vegetación halófila
		4 5	Vegetación halófila hidrófila
		4 6	Vegetación de galería
4	Manglar	4 7	Manglar
5	Palmar	4 8	Palmar natural
		4 9	Palmar inducido
6	Comunidades subacuáticas	5 0	Popal
		5 1	Tular
7	Agrosistemas	5 2	Secano
		5 3	Riego
8	Plantaciones	5 4	Plantaciones forestales
		5 5	Plantaciones de frutales
9	Sin vegetación	5 6	Suelo desnudo
		5 7	Urbano



Los siguientes cuatro dígitos corresponden al número de la parcela, este tendrá que ser consecutivo para cada región (0001, 0002, 0003....). El último cuadro corresponde al tipo de parcela (ver Cuadro 7).

**Cuadro 7. Clave del tipo de parcela para la construcción del Identificador**

Clave	Tipo de parcela
C	Cuantitativa
S	Semicuantitativa

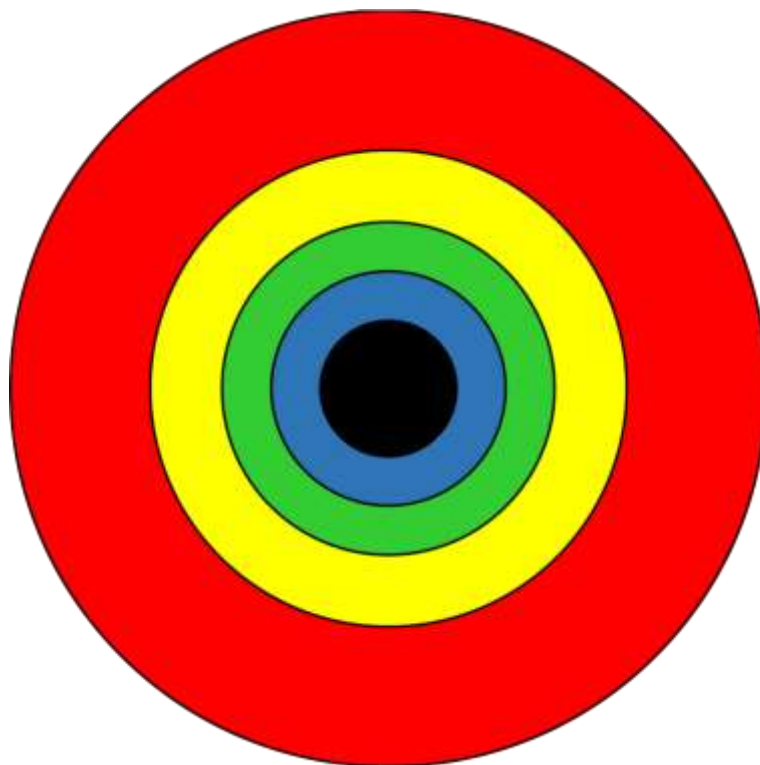


**Figura 4. Regionalización del estado de Chiapas**



## Forma y tamaño de las parcelas de medición Carbono+

La parcela de medición en el Inventario Carbono+ es de forma circular. Cubre una superficie de 1000 m<sup>2</sup>. Está conformada a su vez por cinco círculos concéntricos. En la Figura 5 se presenta la parcela de muestreo.



Parcela	Círculo					
	Radio m	17.85	11.28	7.98	5.65	2.00
	Área m <sup>2</sup>	1000	400	200	100	12.56
Inventario Carbono+	Carbono					
	Biodiversidad					

Figura 5. Parcela de muestreo del Inventario Carbono+

El círculo amarillo cubre la superficie total de la parcela (1000 m<sup>2</sup>), el radio del círculo mide 17.85 m, este círculo será utilizado en los inventarios de Carbono, Biodiversidad y Cobertura Aérea. El círculo verde cubre una superficie de 400 m<sup>2</sup>, el radio del círculo mide 11.28 m y será utilizado en los inventarios de Carbono, Biodiversidad y Cobertura Aérea. El círculo azul abarca un área de 200 m<sup>2</sup>, el radio mide 7.98 m, será utilizado para el inventario de Biodiversidad y Cobertura Aérea. El círculo morado cubre una superficie de 100 m<sup>2</sup>, su radio mide 5.6 m, será utilizado para el inventario de Biodiversidad y Cobertura Aérea. El círculo rosa abarca un área de 12.56 m<sup>2</sup>, tiene un radio de 2.0 m y será utilizado en el inventario de Carbono, Biodiversidad y Cobertura Aérea.

Las mediciones de biodiversidad son realizadas para caracterizar la función riqueza versus área, por lo que se realizan los conteos en forma progresiva, incluyendo las áreas previas de medición. así, el conteo de especies y grupos funcionales de plantas vasculares sigue el orden de medición: 12.56, 100, 200, 400 y 1000 m<sup>2</sup>.

### ***Punto Central***

Las coordenadas de las parcelas serán proporcionadas por el PMC. El GPS deberá estar configurado con tipo de coordenadas UTM y datum WGS84. La brigada deberá cargar previamente la coordenada al GPS, también es importante que se apoye en material cartográfico.

Se deberá guiar al Punto Central de cada parcela de muestreo y acercarse lo más posible, teniendo en cuenta dos requisitos básicos:

- a) localizar la perturbación mínima (o perturbación extrema del paisaje en algunos casos)
- b) que no existan construcciones o vías de comunicación a menos de 600 m de las parcelas.

Es probable que al tratar de ubicar el Punto Central exista algún obstáculo (cuerpo de agua, barranca, roca o árbol de gran tamaño, etc.) a un grado tal que imposibilite el ingreso para la toma de mediciones, el punto debe reubicarse (Figura 6).

La reubicación del Punto Central debe reportarse. Se recomienda que se ubique donde las condiciones topográficas no interfieran con la señal de los GPS, a efecto de tomar con la mayor exactitud las lecturas de longitud y latitud.

Una vez ubicado el Punto Central se captura una fotografía con la cámara digital del equipo GPS en la que aparezca claramente la carátula del mismo con los datos de ubicación y la condición de la vegetación de fondo. Esta fotografía será nombrada con el identificador de la parcela y el sufijo D01 (Figura 7).

En ese mismo instante se coloca la varilla metálica de por lo menos 20 cm de longitud por 2.5 cm de diámetro en el centro de la parcela, con el apoyo de una estaca de madera para una mejor visualización del centro de la parcela (Figura 8).



Centro de la parcela incorrecto



Centro de la parcela reubicado

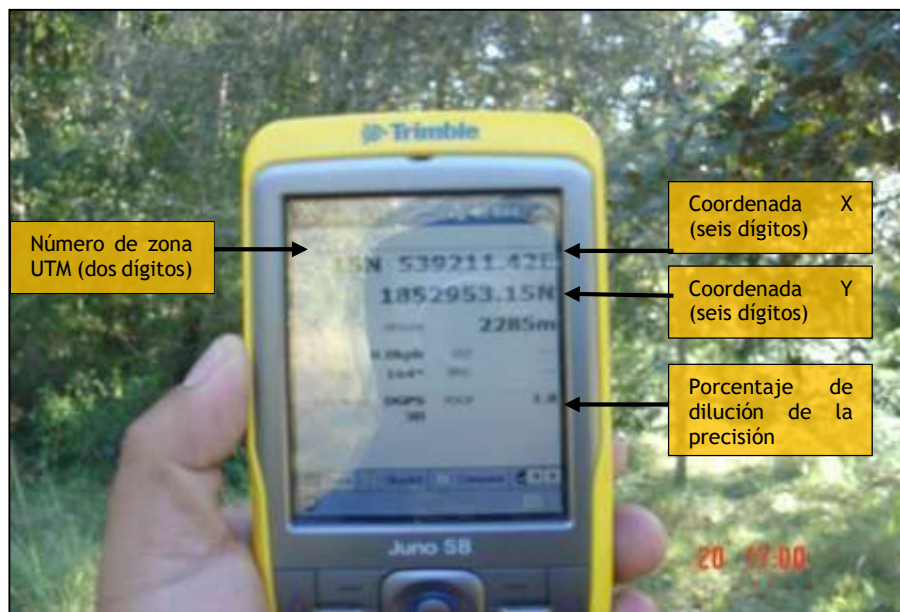


Centro de la parcela incorrecto



Centro de la parcela reubicado

**Figura 6. Ejemplo de la obstaculización en el marcado de las parcelas.**



**Figura 7. Fotografía de GPS en el Punto Central de la parcela (D01)**



Figura 8. Estaca que delimita el Punto Central de la parcela.

### ***Delimitación de las Parcelas de Muestreo***

Las parcelas se delimitan con ocho cuerdas marcadas con cintas y banderas que facilitan las mediciones (Figura 9).

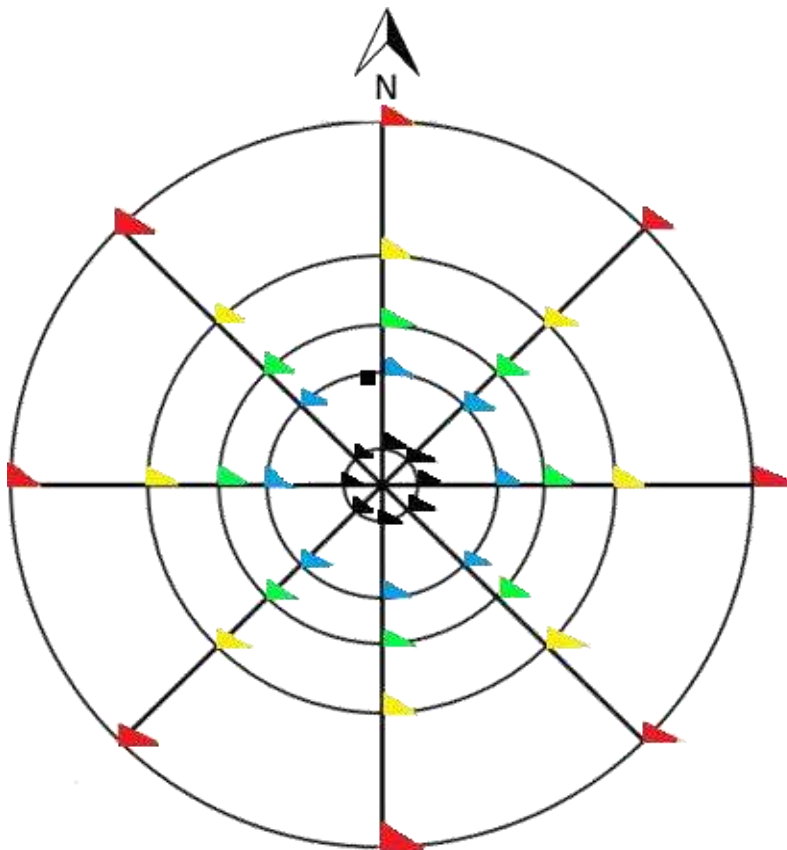


Figura 9. Delimitación de la parcela Carbono+ con banderines y cuerdas.



Las cuerdas deberán estar marcadas con las distancias de la Figura 10.

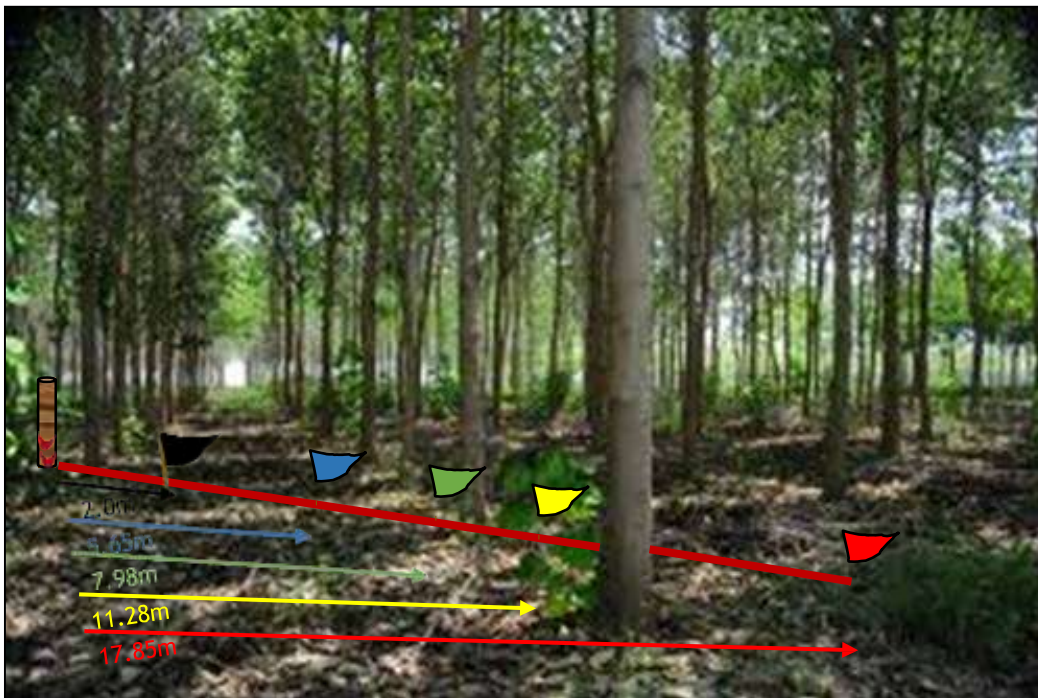


Figura 10. Cuerdas y banderines que delimitan la parcela

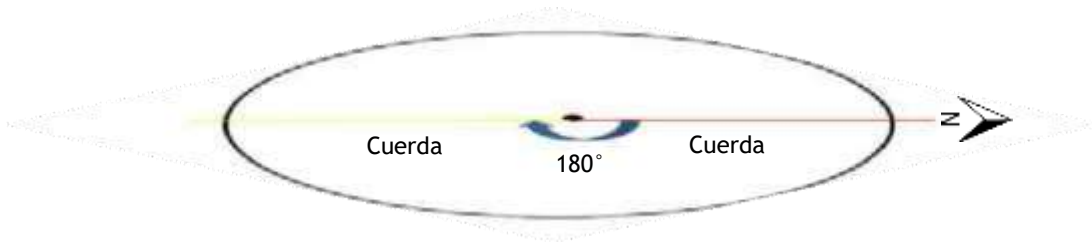
Las cuerdas tendrán un metro extra, a fin de que sirva para atar la cuerda a la estaca del Punto Central de la parcela. La primera de las cuerdas se tira hacia el Norte geográfico (de preferencia la cuerda roja). El **Anexo 1** explica el proceso de **compensación por declinación magnética**, debido a que las brújulas están orientadas al norte magnético y el norte útil en los procesos de análisis cartográfico es el norte verdadero.

Una persona se encargará de dirigir desde el centro, el tendido de los lazos que delimitarán la parcela. La distancia horizontal se ve afectada por la pendiente, por esta razón, es necesario cada vez que se extiende un lazo es necesario hacer la **compensación de pendiente** descrita en el **Anexo 2** (Figura 11).



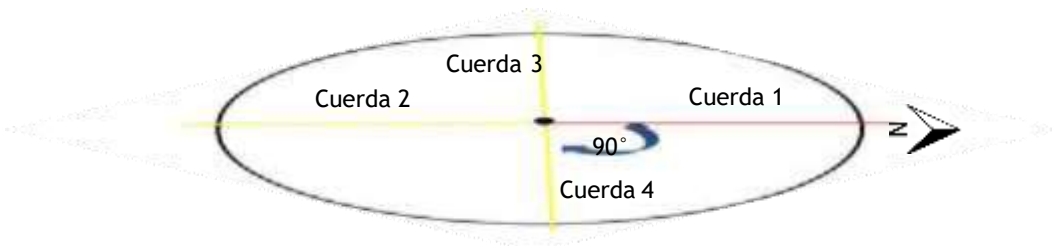
Figura 11. Efecto de la pendiente en la distancia horizontal. Distancia horizontal (a); distancia medida sobre un terreno con pendiente (b); diferencia entre la distancia horizontal y la distancia medida sobre el terreno (c).

Las cuerdas deben estar separadas por  $45^\circ$ , para ello se utilizará la brújula. Se extiende la segunda cuerda a  $180^\circ$  con respecto a la primera (Figura 12).



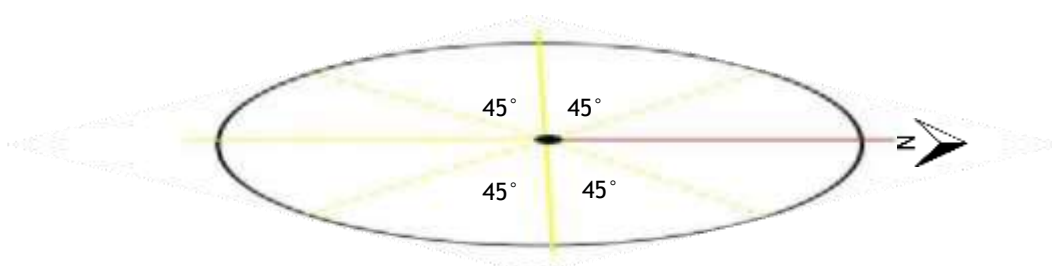
**Figura 12. Colocación de la segunda cuerda para la delimitación de la parcela**

La tercera y cuarta cuerdas se extienden a  $90^\circ$  de las cuerdas 1 y 2 (Figura 13).



**Figura 13. Colocación de las cuerdas 3 y 4 para la delimitación de la parcela**

Las siguientes cuatro cuerdas se extienden a  $45^\circ$  de las cuerdas 1 a 4 (Figura 14).



**Figura 14. Colocación de las ocho cuerdas para la delimitación de la parcela**

Es importante colocar las banderas que delimitan las parcelas y transectos.

## Variables de medición de Biodiversidad de plantas vasculares

México cuenta con números esfuerzos de clasificación de la vegetación debido a su complejidad climática, orográfica, hídrica ya que cuenta con casi todos los tipos de vegetación de la tierra. Cabe destacar los trabajos de Martens y Galeotti (1844), Miranda y Hernández-X (1963), Rzedowski (1978) y González-Medrano (2003).

Los avances científicos en herramientas como los sistemas de información geográfica y la percepción remota, evidencian la necesidad de continuar con estos esfuerzos. Afrontando el reto de más de 25 000 especies y casi 3000 géneros estimados con distribución en el territorio nacional.

### Método VegClass

Las clasificaciones de la vegetación tradicionalmente implican descripciones “estáticas” que proporcionan una “fotografía instantánea” más o menos visual de la vegetación. Los avances tecnológicos como la llegada de las computadoras portátiles, han permitido utilizar ciertas características de la planta “dinámicas” que pueden ser utilizadas para indicar cómo los individuos vegetales se adaptan a los cambios en el medio ambiente.

El método *VegClass* se basa en un conjunto mínimo de atributos funcionales de plantas<sup>1</sup> (PFEs, por sus siglas en inglés), que se pueden aplicar a cualquier tipo de vegetación terrestre.

Este método proporciona un enfoque simple, genérico, que implica un fácil reconocimiento de características de vegetación, descriptores tales como fenología<sup>2</sup>, los métodos de dispersión, germinación y establecimiento de semillas (Westoby *et al.*, 2002; Cornelissen *et al.*, 2003).

*VegClass* proporciona un conjunto básico de atributos para uso general, al que el usuario puede añadir otros atributos de conformidad con la escala de interés (e.g. características a escala micro-hábitat o datos relacionados con una fuente de alimento específico).

---

<sup>1</sup> Los atributos funcionales de las plantas (PFEs) son esencialmente características morfológicas de una planta individual que reflejan las adaptaciones al medio ambiente.

<sup>2</sup> Estudio de la periodicidad en las plantas como la floración y fructificación en un momento determinado del año.

Debido a que *VegClass* contiene adaptaciones morfológicas, así como atributos taxonómicos puede ser utilizado para discriminar más fácilmente entre, por ejemplo, etapas de sucesión en un bosque tropical lluvioso en comparación con el empleo de métodos menos sensibles “estáticos” o características no adaptativas.

*VegClass* proporciona un protocolo de fácil uso de las funciones de respuesta basada en atributos más sensibles que son de mayor utilidad para entender las adaptaciones que sufre la vegetación ante un cambio en el medio ambiente, pues está basado principalmente en estructuras no fotosintéticas. Con el objetivo de capturar la amplia gama de descriptores de vegetación y características de respuesta, el presente método incluye atributos de estructuras vegetal<sup>3</sup>, así como especies de plantas vasculares<sup>4</sup> y tipos funcionales de plantas<sup>5</sup> (PFTs por sus siglas en inglés).

El método de investigación que describe el presente manual combina las variables que se pueden aplicar a diferentes escalas espacial y ambiental. Otras variables importantes son los PFAs que incluye características a escala fina como la forma de la hoja, o a mayor escala cuenta como la forma de vida.

---

<sup>3</sup> Las principales características como la altura del dosel, área basal, la cobertura del dosel. No se consideran características fisonómicas de estructuras finas como las hojas.

<sup>4</sup> Las plantas vasculares presentan tejidos diferenciados (e.g. raíz, tallo, hoja). Incluye a helechos y plantas superiores; excluye briófitos (musgos y hepáticas).

<sup>5</sup> Grupos que pueden ser definidos como conjuntos de especies que tienen comportamientos similares a nivel del organismo, responden de manera similar a un factor determinado, y/o producen un efecto similar en el ecosistema, los cuales se caracterizan por tener atributos biológicos comunes que correlacionan su comportamiento (e.g. la clase de tamaño de la hoja, forma de vida) (ver Gillison y Carpenter, 1997; Gillison, 2002).



## Levantamiento de datos de Biodiversidad de plantas vasculares

El registro de datos se explicará a continuación de conformidad con el orden en que aparecen en el formato de campo (ver FORMATOS).

El levantamiento de Biodiversidad está diseñado para registrar la cantidad mínima de datos.

Así mismo, incluye las características físicas del sitio, la historia del sitio, estructura de la vegetación y un dibujo-boceto de del perfil vegetación a escala, el registro de todas las especies de plantas vasculares y PFAs.

### FORMATO 1

#### A. INFORMACIÓN DE LA PARCELA CARBONO+

Se registra el identificador de la parcela Carbono+, se indica que es tipo C (cuantitativo).

Identificador Carbono+	1	5	0	7	1	0	5	0	0	2	1	C
	ESTADO	REGIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN		PARCELA				TIPO			

Posteriormente se registran los datos de la brigada, indicando la región donde se está trabajando, el nombre del Especialista en Botánica y el nombre del Auxiliar

Se incluye la fecha del levantamiento con el formato DD-MM-AAAA y la hora de inicio de en el formato de 24 horas.

#### B. REFERENCIA DE UBICACIÓN DEL CENTRO DE LA PARCELA

Se registran las coordenadas del Punto Central de la parcela Carbono+: UTM, latitud, longitud, PDOP, pendiente, altitud y localidad cercana.

El identificador de la parcela debe coincidir con el del Formato Muestreo Cuantitativo Carbono

## **C. REGISTRO DE VEGETACIÓN MENOR Y COBERTURA DEL SUELO (CUADRO DE 1 m<sup>2</sup>)**

El Especialista en Botánica auxiliará al Especialista en Carbono para el llenado de este apartado

## **D. TRANSECTOS DE COMBUSTIBLES**

Especialista de Carbono

## **E. COBERTURA DE DOSEL**

### ***Altura media del dosel (m)***

Se estima con un clinómetro. Ésta puede ser una medida muy variable sobre todo en los bosques tropicales complejos mayores a 50 m de altura. El grado de error dependerá de la altura y la complejidad estructural de la vegetación y de las condiciones en el tiempo de observación. Un dosel cerrado muy alto, implica una complejidad mayor que un bosque de pino-encino que tiene una estructura más simple. El ángulo de visión del ojo de un Especialista en Botánica está sujeta a un error en particular cuando se combina con la altura del dosel muy variable, por ejemplo, en un bosque tropical lluvioso. Por esta razón, la altura media del dosel puede explicar muy poca variación dentro de un tipo de bosque homogéneo. La variable toma generalmente más un valor predictivo en comparación entre los diferentes tipos de vegetación a lo largo de un gradiente de medios ambientes.

### ***Porcentaje de la cobertura del dosel***

La cobertura del dosel se estima por lo general como la cobertura de dosel proyectado<sup>6</sup> de todas las plantas en un área de suelo. Las copas de los árboles y el dosel de otras plantas pueden confundirse para este propósito.

---

<sup>6</sup> El área proyectada en el suelo por un dosel, considerado como si el sol brilla directamente encima. El porcentaje de cobertura de dosel se calcula como el área de copa total proyectada (que no sobre traslapada) correlación a la superficie del suelo. Un bosque abierto, por ejemplo, podría tener un 65% de cobertura total de los cuales el 45% está correspondiente a copas de los árboles leñosos y 20% a gramíneas y otras herbáceas. bajo este método de cobertura completa no se puede superar el 100% (Véase también Specht, 1981). Debido a que la cobertura del dosel es muy variable, que es mejor estimado por el ojo después de un cuidadoso reconocimiento del sitio y no debe necesariamente limitarse a la parcela de 40\*5 m, porque debe representar la vegetación en las inmediaciones. Es posible utilizar fotografías hemisféricas o dispositivos reflectantes cóncavos como densitómetros de dosel esféricos u ópticos, que utilizan el patrón de intercepción del dosel. Aunque son poco eficientes para fines comparativos.

Un problema con una sola estimación es que para fines ecológicos, una cobertura de dosel del 90% en una parcela de pastizal no equivale a un 90% de la cobertura de árboles forestales. Por esta razón que se estimará:

- cobertura de dosel total %
- cobertura de copas % de las plantas leñosas y
- cobertura de copas% de las plantas no leñosas.

Esto proporciona un medio de discriminar entre el conjunto de planta leñosa y el conjunto de plantas no leñosas.

### ***Índice furcación***

Las categorías de la arquitectura de plantas leñosas pueden ser descritas de acuerdo con la forma como “árbol” y “arbusto”. Esto puede crear confusión sobre todo cuando hay diferencias de opinión entre con el Especialista en Botánica en cuanto a lo que constituye un “arbusto” y un “árbol”. Definiciones típicas son: por un arbusto “planta leñosa que se ramifica en o cerca del suelo” y un árbol “una planta leñosa mayor a 2 m de altura”. La realidad es que hay plantas leñosas menores a 2 m de altura que no se ramifican cerca del suelo, y muchas plantas leñosas mayores a 2m de altura que se ramifican desde el suelo. Para evitar este dilema y utilizar una métrica que permite una medida comparativa de arquitectura primaria de las plantas leñosas se ha ideado un índice furcación (Figura 15). El índice de furcación (IF) fue diseñado por Gillison (1988), se describe como la distancia entre el ápice y la primera bifurcación el tallo principal de un árbol y se expresa como un porcentaje de la altura total de la planta. La utilidad de este índice es el cómo la estructura principal del tronco está influenciada por el meristemo apical central. Muchas plantas que están constantemente sometidos a daños por insectos, incendios, sequías o fuertes vientos, por ejemplo, y en consecuencia exhiben recurrentes ramificaciones del tallo principal. Por lo tanto, un pino (*Pinus* spp.), con tallo sin bifurcaciones, tendría un IF cero, un mango (*Mangifera indica*) puede tener un IF de 50% y un arbusto como *Alibertia verrucosa*, una especie multicaulinar, podría tener un IF 100%. Un inventario que incluye IF puede proporcionar una medida de la historia del sitio de muestreo, resulta un útil de diagnóstico de la influencia del medio ambiente sobre todo a nivel regional.

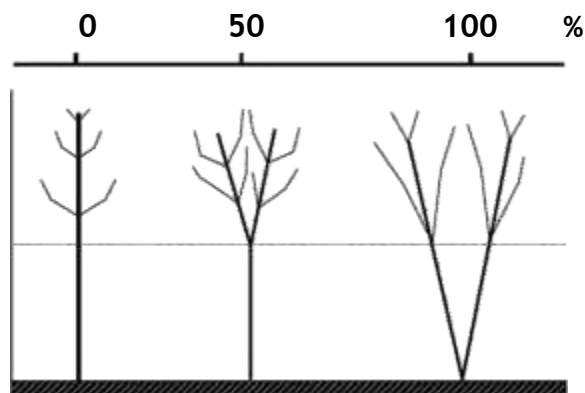


Figura 15. Índice de furcación (Gillison (2006)).

### ***Cobertura-abundancia de plantas leñosas < 2 m de altura***

La incidencia de las plantas leñosas, ya sea por debajo del dosel o en dosel abierto, formaciones leñosas bajas, definido como “cobertura-abundancia” de acuerdo a una escala de dominio de cobertura-abundancia (Cuadro 8). En la evaluación de cobertura-abundancia la estimación se efectúa de forma radial al interior de la parcela Carbono + como las estimaciones de área basal, índice de furcación etc.

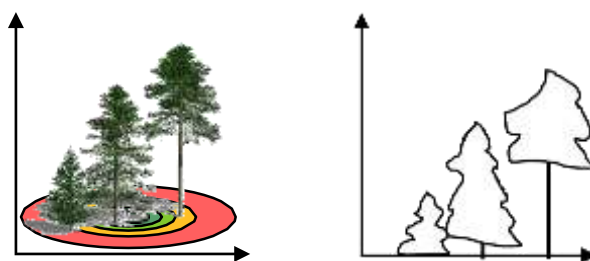
**Cuadro 8. La escala dominio de cobertura-abundancia es un sistema de clasificación arbitraria útil en la estudio rápido de la vegetación**

Cobertura-abundancia	Escala
Cobertura alrededor del 100%	10
Cobertura de > 75%	9
Cobertura 50-75%	8
Cobertura 33-50%	7
Cobertura 25-33%	6
Abundante, cobertura alrededor del 20%	5
Abundante, cobertura de alrededor del 5%	4
Dispersos, cobertura menor	3
Muy dispersa, cobertura pequeña	2
Escasa, cobertura pequeña	1
* Aislado, cobertura pequeñas	X

Nota: X es generalmente excluida para análisis numérico

### ***Perfil de la vegetación***

El Especialista en Botánica dibujará un rápido bosquejo del perfil de la vegetación desde fuera de la parcela, que será muy útil para la posterior interpretación de los resultados y para la comprobación de las características estructurales del sitio. El Especialista en Botánica no tiene que saber dibujar, sino que simplemente registra un boceto de representación de las principales características de la vegetación. El dibujo de las características estructurales de la vegetación permite destacar, por ejemplo, la forma arquitectónica de algunas especies de árboles (Figura 16).



**Figura 16. Boceto de perfil de la vegetación**

El Especialista en Botánica avanzará de la parcela mayor a la menor efectuando colectas, determinando Especies y Grupos Funcionales de las mismas (Formato 7).

El Especialista en Botánica efectuará el llenado de los siguientes formatos en conjunto con el Especialista en Carbono

## **FORMATO 2**

### **Registro de información de mantillo y suelo**

- A. MUESTREO DE DAP (DENSIDAD APARENTE) EN EL PUNTO 0**
- B. PROFUNDIDAD TOTAL DEL SUELO (SITIO DAP)**
- C. CAPAS DE HOJARASCA (HO) Y FERMENTACIÓN (F)**
- D. LEVANTAMIENTO DE MUESTRAS DE SUELO**

El especialista de Carbono medirá todo este Formato

### **FORMATO 3. Registro de información de herbáceas (cuadrado 1 m<sup>2</sup>)**

El Especialista en Botánica efectuará el llenado del formato 3 en conjunto con el Especialista en Carbono

El Especialista en Botánica registrará cuadrante, nombre científico, el número de Colecta, No. Formato y fotografía (de la cámara digital).

### **FORMATO 4. Registro de repoblado/arbustos (círculo 12.56m<sup>2</sup>)**

El Especialista en Botánica efectuará el llenado del formato 4 en conjunto con el Especialista en Carbono

El Especialista en Botánica registrará nombre científico, el número de Colecta, el No. Formato y fotografía (de la cámara digital) de árboles y arbustos.

### **FORMATO 5. Datos de plantas leñosas (círculo de 400 m<sup>2</sup>)**

El Especialista en Botánica efectuará el llenado del formato 5 en conjunto con el Especialista en Carbono

El Especialista en Botánica registrará número de planta, nombre científico, nombre común, el número de Colecta, el No. Formato y fotografía (de la cámara digital) de árboles y arbustos.

### **FORMATO 6. Datos de plantas leñosas (círculo de 1000 m<sup>2</sup>)**

El Especialista en Botánica efectuará el llenado del formato 5 en conjunto con el Especialista en Carbono

El Especialista en Botánica registrará número de árbol, nombre científico, nombre común, el número de Colecta, el No. Formato y fotografía (de la cámara digital) de árboles mayores a 40 cm de DN.

## FORMATO 7. Tipos funcionales de plantas y Especies

El Especialista en Botánica efectuará un recorrido de la parcela mayor (1000 m<sup>2</sup>) a la parcela menor (12.56 m<sup>2</sup>). En el recorrido identificará todas las especies de plantas vasculares presentes. Registrará el nombre científico de la misma.

Se incluirán árboles, arbustos y herbáceas. Se considera la excepción de los helechos que son plantas no vasculares, pero pueden ser evaluadas con el presente método. No incluyen las briófitas (musgos, hepáticas). Las plántulas no se incluyen.

### Especies identificadas en campo

Las especies identificadas con el nombre científico completo (género+ epíteto específico) deben ser registradas y contar con al menos una fotografía, cuya clave de la cámara digital será registrada en la columna 1 del Formato 6. Sólo la primera vez que la registre la coleccionará y se le asignará un clave que consiste en un número consecutivo más el identificador de la parcela.

También le asignará un número consecutivo correspondiente al Formato 6. Se describirá si es una herbácea y si es exótica con una X.

### Especies desconocidas

#### *Fotografías*

Las especies no identificadas por el Especialista en Botánica contarán con varias fotografías que muestren adecuadamente las características de hojas tallos, flores, frutos y raíces (en el caso de herbáceas). En la Figura 17 se presentan fotografías adecuadas para la identificación en gabinete. La serie de fotografías deberán indicarse en el formato 7 (por ejemplo 104 -110).





Figura 17. Fotografías adecuadas para su posterior identificación



Es importante que se considere:

- Utilizar un objeto graduado o una persona como referencia de escala.
- Contar con un fondo contrastante
- Planta completa
- Zona basal y apical de la planta
- Inflorescencia
- Flor, vista lateral, superior e inferior, de manera que puedan distinguirse los verticilos florales
- Fruto, vista lateral, superior e inferior, para conocer la posición del ovario, apreciar restos de los verticilos florales, etc.
- Corteza (espinas, púas, lenticelas, etc.).

### ***Colectas e identificación***

Se colectan los especímenes botánicos preferentemente maduros sexualmente, debe de incluir:

- flores
- frutos
- hojas
- tallo
- raíz (en el caso de herbáceas)

Las cactáceas no se colectarán, únicamente se obtendrán fotografías. Las muestras pueden ser colectadas en una bolsa de plástico, etiquetados con el número de la parcela y Numero consecutivo del Formato 6.

En muchos casos las especies pueden ser no identificable en el campo o incluso en el herbario. En esas circunstancias se les puede dar asignar una morfoespecie<sup>7</sup>, siempre que sea taxonómicamente distinguible en la parcela de Carbono. Es importante que en estos casos se determinen lo más pronto posible.

Los ejemplares serán recolectados y herborizados de acuerdo con las recomendaciones de Chiang y Lott (1986). Para la determinación taxonómica de las plantas se consultarán claves taxonómicas, floras, listados florísticos y publicaciones especializadas en la vegetación del Estado de México. Se registrarán las características vegetativas distintivas

---

<sup>7</sup> Un nombre de campo dado a un espécimen que no es posible identificar, por ejemplo, "hoja grande envés peludo 1"

de las especies para su reconocimiento en campo en caso de no encontrarse en etapa de floración o fructificación. Los ejemplares se cotejarán en el herbario MEXU y CHAPA. Cada ejemplar colectado tendrá una Ficha de Identificación (Anexo1).

## Tipos funcionales de plantas (PFT)

Los Tipos Funcionales de Plantas (PFT) son combinaciones específicas de Elementos Funcionales de Plantas (PFEs, por sus siglas en inglés). Un conjunto mínimo de 35 PFEs (Cuadro 9) se utiliza para la construcción de PFTs (Figura 18).

Cuadro 9. Atributos y Elementos Funcionales de Plantas

Atributo	Elemento	Descripción	
<b>Cubierta fotosintética</b>			
Tamaño foliar	nr	Unidad foliar no repetida	
	pi	Picófila	< .2 cm
	le	Leptófila	.2 - .8 cm
	na	Nanófila	.8 - 2.5 cm
	mi	Micrófila	2.5 - 7.5 cm
	no	Notófila	7.5 - 12.5 cm
	me	Mesófila	12.5 - 25 cm
	pl	Platífila	25 - 36 cm
	ma	Macrófila	36 - 83 cm
	mg	Megáfila	> 83 cm
Inclinación foliar	ve	Vertical	> 30° por encima de la horizontal
	la	Lateral	± 30° a la horizontal
	pe	Pendular	> 30° por debajo de la horizontal
	co	Compuesta	
Clorotipo foliar	do	Dorsoventral	
	is	Isobilateral o isocéntrico	
	de	Caducifolio	
	ct	Córtico	(Tallo fotosintético)
	ac	Aclorófilo	(Sin presencia de clorofila)
Morfotipo foliar	ro	Roseta	
	so	Sólido tridimensional	
	su	Suculento	
	pv	Nervadura paralela	
	fi	Filicoide (helecho)	(Pteridofitas)
	ca	Carnívoro	(ej. <i>Nepenthes</i> )
<b>Estructura vascular de soporte</b>			
Forma de vida	ph	Fanerofita	
	ch	Caméfito	
	hc	Hemicriptófito	
	cr	Criptófito	
	th	Terófito	
	li	Liana	
Tipo de raíz	ad	Adventicia	
	ae	Aérea	(ej. neumatóforos)
	ep	Epifítica	
	hy	Hidrofítica	
	pa	Parasítica	

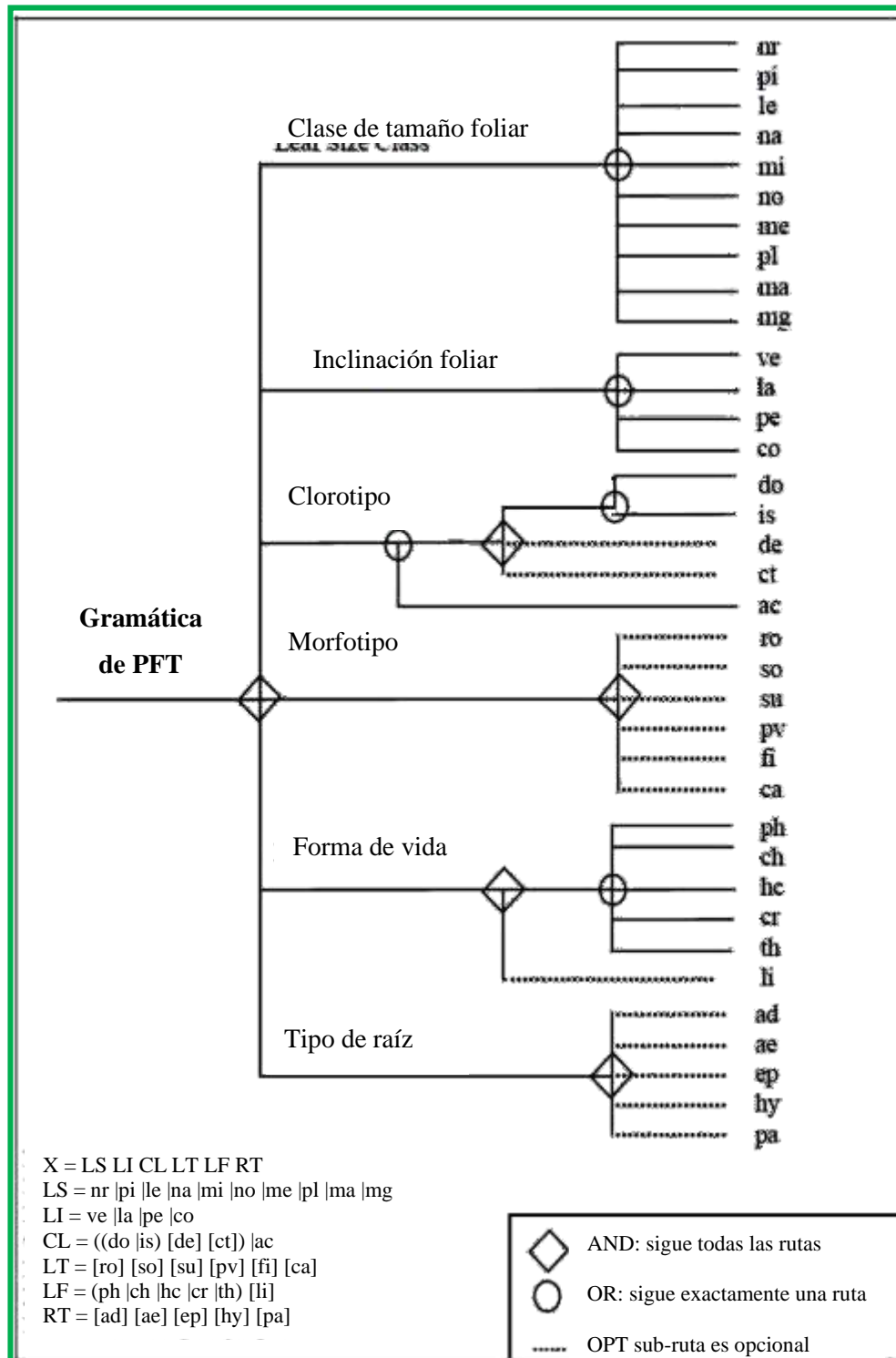


Figura 18. Gramática y ruta establecida para la compilación de los Tipos funcionales de plantas.

Usando este método, un individuo árbol de bosque subtropical estacionalmente deciduos *Dipterocarpus tuberculatus* podría ser clasificado como macrofilo-dorsiventral-composite-deciduo- phanerofito con un PFT resultante ma-do-co-de-ph.

En el presente manual una “hoja” es una “hoja funcional” (es decir, es un órgano, no necesariamente una hoja botánica, que es tiene la capacidad de fotosíntesis - tal como una corteza de color verde). Hay dos resultados de datos potencialmente útiles que surgen del uso de tanto discreto, sin vincular, o “atomizado” atribuido por a sí mismo (e.g. la clase de tamaño de hoja mi (Micrófilo) y sus combinaciones (por ejemplo, microfilo, lateral, dorsiventral, phanerofito - mi-la-do-ph). En el primer caso el número relativo de veces que un PFA ocurre en una parcela proporciona una idea de la frecuencia de esa variable específica como una respuesta adaptativa. Lo anterior no indica una función agregada de una variable. Por ejemplo, dos individuos diferentes pueden ocurrir con mi pero en diferentes combinaciones (mi-ve-do-ph y mi-la-do-ph). Así, la *VegClass* tiene la capacidad de identificar información sobre la respuesta adaptativa a dos niveles de combinación.

Los PFP se describen para cada una de las siguientes clases de atributos:

- Tamaño foliar
- Inclínación foliar
- Clorotipo foliar
- Morfotipo foliar
- Forma de vida
- Tipos de raíces de crecimiento aéreo

### ***Tamaño foliar***

El tamaño foliar está constituido por nueve clases que van desde la “nr” o unidad foliar no repetida y la hoja más pequeña (picófila) hasta la más grande (megáfila), seleccionándose la unidad que se repite con más frecuencia. Las clases aquí utilizadas se basan en la escala logarítmica de Raunkiaer (1934) modificada por Gillison en 1981-1988, donde se añadió la clase “notófila” (no) introducida para bosques tropicales y otros dos tamaños la “platífila” (pl) y “picófila” (pi). Puesto que las clases de tamaño foliar tienden a variar en una planta de hojas jóvenes a hojas viejas y con el grado de exposición a la luz, es necesario seleccionar una ubicación arbitraria en la planta para que le de uniformidad. Es decir, **sólo se puede seleccionar una clase de tamaño foliar por planta**. Se debe seleccionar una hoja de tamaño mediano en un rango medio de madurez en vez

de hojas muy viejas (sombra) o muy jóvenes (sol). Las hojas de tamaño mediano son más fotosintéticamente activas y sensibles a la luz entrante. En todos los casos, ya sean árboles, arbustos o hierbas, la hoja elegida deberá ser la unidad mayormente repetida en la planta. En algunos casos en los que no es detectable esta unidad (*i.e.*, cactus) se aplicará la clase “nr” (unidad foliar no repetida). En otros casos como por ejemplo con las lianas que poseen una alta variación en las hojas o en bosques o selvas donde el dosel es muy complejo o difícil de vislumbrar y por ende seleccionar arbitrariamente una hoja se recomienda el uso de binoculares para localizar e identificar esta hoja en el dosel. Otra opción puede ser una búsqueda en el suelo ya que generalmente revela la presencia de las especies o PFTs en cuestión. También los informantes locales pueden ser muy útiles en la identificación de las mismas.

En las especies caducifolias la caída de sus hojas es casi completa o completa, en casi todos los casos es posible localizar una hoja remanente en el suelo, en una grieta o en casos extremos, mediante la búsqueda fuera de los límites de la parcela o mediante la revisión de especímenes de herbario representativos cuando éstos están disponibles. El tamaño de la hoja puede ser estimado comparando con la platilla de tamaño foliar para la bitácora de campo (Figura 19). Con muy poca una práctica el Especialista en Botánica puede ser entrenado para reconocer una clase de tamaño de las hojas, sin referirse directamente a la plantilla. En las siguientes figuras se ejemplifican las clases de tamaño foliar picófila (Figura 20), leptófila (Figura 21), nanófila (Figura 22), micrófila (Figura 23), notófila (Figura 24), mesófila (Figura 25), platífila (Figura 26), macrófila (Figura 27) y megáfila (Figura 28).

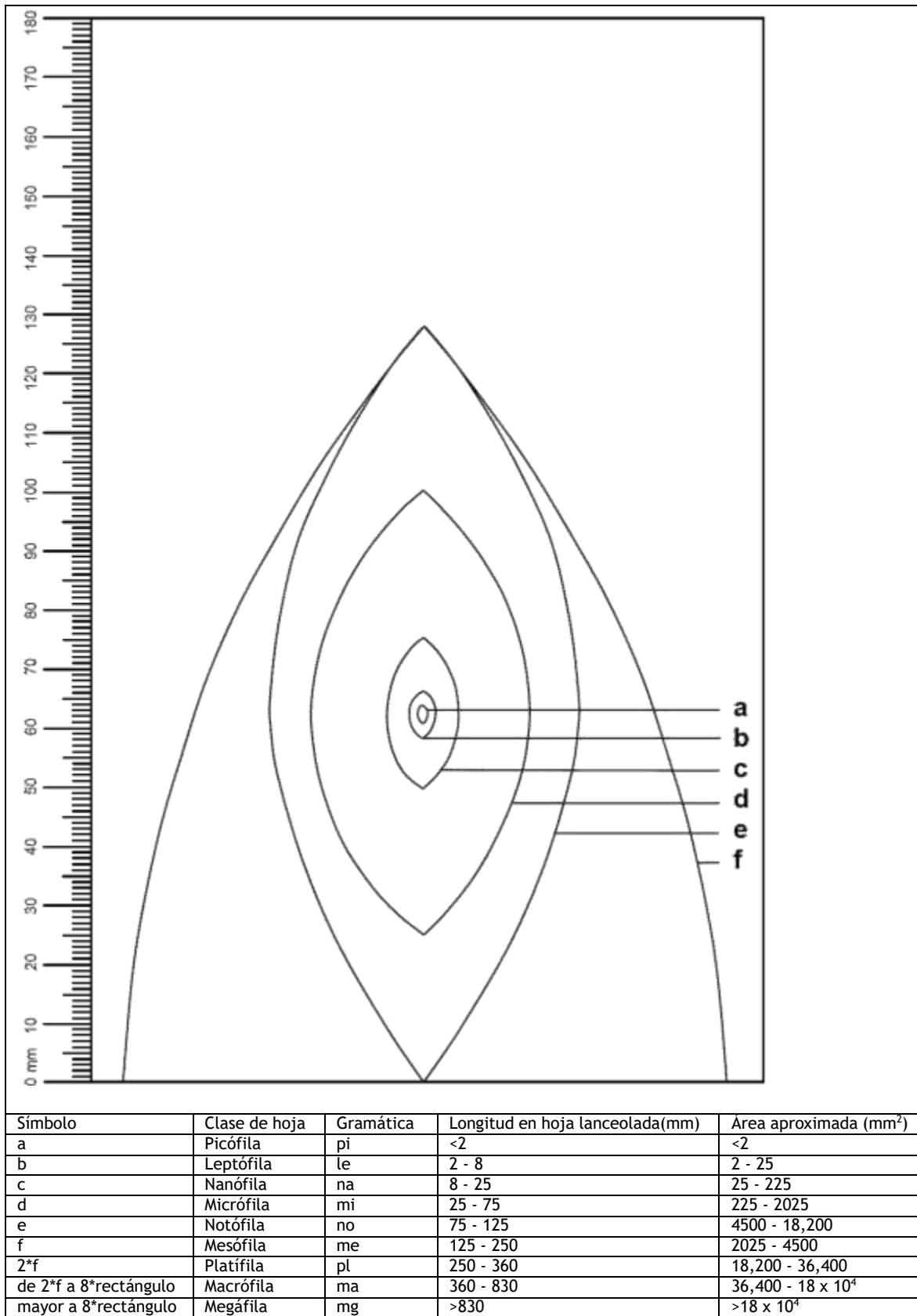


Figura 19. Clase de tamaño foliar para campo





*Selaginella* sp. (Selaginellaceae)



*Tamarix laxa* (Tamaricaceae)

**Figura 20. Clase de tamaño foliar picófila (pi) ( $< 2 \text{ mm}^2$ )**



*Saxifraga exarata* (Saxifragaceae)



*Erica cinerea* (Ericaceae)

**Figura 21. Clase de tamaño foliar leptófila (le) ( $2 - 25 \text{ mm}^2$ )**



*Alluaudia procera* (Didiereaceae)



*Dicranopteris linearis* (Gleicheniaceae)

**Figura 22. Clase de tamaño foliar nanófila (na) ( $25 - 225 \text{ mm}^2$ ).**



*Breynia cernua* (Euphorbiaceae)

**Figura 23. Clase de tamaño foliar micrófila (mi)  $225 - 2025 \text{ mm}^2$**



*Euphorbia cf. tirucalli* (Euphorbiaceae)



*Protea laurifolia* (Proteaceae)

**Figura 24. Clase de tamaño foliar notófila (no) 2025 - 4500 mm<sup>2</sup>**



*Dioscorea* sp. (Dioscoreaceae)



*Neoregelia* sp. (Bromeliaceae)

**Figura 25. Clase de tamaño foliar mesófila (me) 4500 - 18200 mm<sup>2</sup>.**



*Opuntia* sp. (Cactaceae)



*Cecropia hololeuca* (Cecropiaceae)

**Figura 26. Clase de tamaño foliar platífila (pl) 18200 - 36400 mm<sup>2</sup>.**



*Anthurium* spp. (cult). (Araceae)



*Gunnera mexicana* (Gunneraceae)

**Figura 27. Clase de tamaño foliar macrófila (ma) (36400 - 18 x 10<sup>4</sup> ).**





Petasites albus (Asteraceae)



Licuala ramsayi (Arecaceae)

**Figura 28. Clase de tamaño foliar megáfila (mg) > 18 x 104 mm.**

### ***Inclinación foliar***

La medida está destinada a indicar si una hoja está buscando o evitando la luz solar. La mayoría de las hojas adoptan posiciones relativamente fijas, pero otras pueden tener células especializadas que permiten a la hoja de responder a la posición solar (helionastia<sup>8</sup>).

Hay cuatro clases de inclinación foliar: vertical (ve), lateral (la), pendular (pe) y compuesta (co); de las cuales **se selecciona solo una**. La variación en la inclinación foliar de una planta puede ser confusa y esto puede empeorar cuanto más se parece a otra planta. Por esta razón, se recomienda al Especialista en Botánica seleccionar la clase de inclinación foliar sobre la base de la primera impresión, es decir, “el Especialista en Botánica debe confiar en sus ojos” (Figura 29).

Aunque la identificación de una clase de inclinación foliar puede ser frustrante, el verdadero valor de esta variable rara vez llega a ser evidente hasta que las parcelas han sido comparadas a lo largo de un gradiente ambiental evidente, como la disponibilidad de nutrientes del suelo, estacionalidad de las lluvias, etc. A continuación se describen las clases de inclinación foliar.

---

<sup>8</sup> La capacidad de una hoja de la planta para mantener la máxima exposición al sol mediante el seguimiento de la marcha solar.

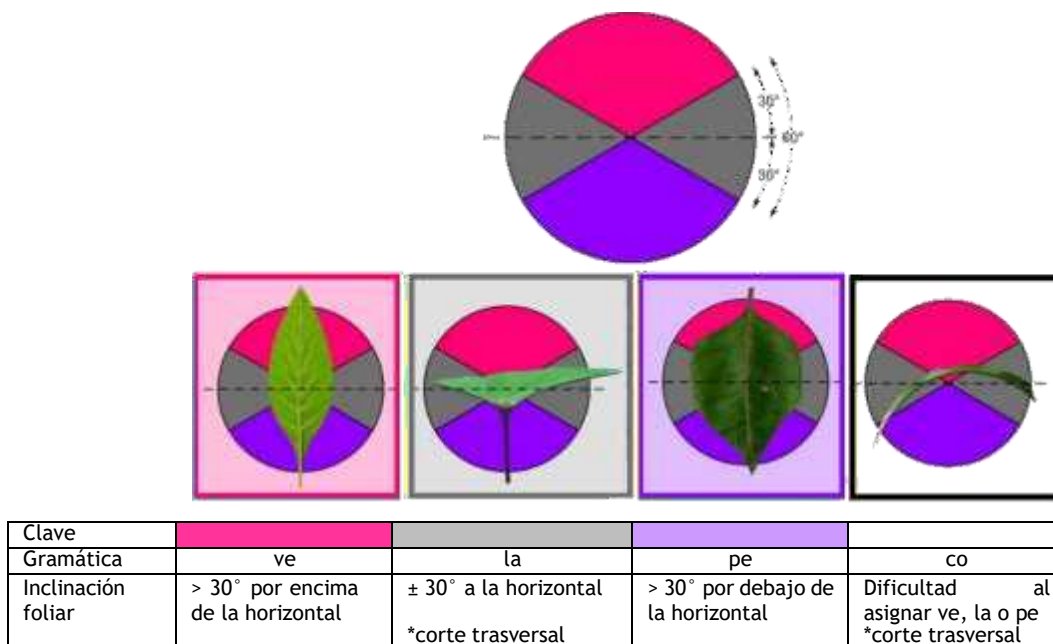


Figura 29. Diagrama conceptual de las clases de inclinación foliar

### Vertical (ve)

La inclinación de la hoja es >30° por encima de la horizontal. El Especialista en Botánica notará que aun cuando en apariencia el limbo está inclinado lateralmente, los lados de la hoja tienen un ángulo en forma de “V” ascendente (>30°) por lo que el resultado neto es una inclinación vertical (Figura 30). Las hojas muy pequeñas, como las compuestas de los árboles de leguminosas (*i.e.*, *Albizia*, *Delonix*, *Parkia*, *Prosopis*) requieren de una minuciosa atención para ver si las hojitas que se encuentran en el lomo de la copa son >30° ya que la inspección de las hojas de la sombra baja comúnmente tienen una inclinación lateral.



*Rhizophora apiculata* (Rhizophoraceae)



*Cornus suecica* (Cornaceae)

Figura 30. Ejemplos de inclinación foliar vertical (ve)

**Lateral (la)**

La inclinación de la hoja es más o menos  $>30^\circ$  tomando en cuenta los ángulos del limbo de la hoja en cualquier lado de la costilla media (Figura 31).



*Merremia peltata* (Convolvulaceae)

**Figura 31. Ejemplo de inclinación foliar lateral (la)**

**Pendular (pe)**

La inclinación de la hoja es  $>30^\circ$  por debajo de la horizontal. En ciertos casos el limbo de la hoja puede tener una “V” que parece vertical, pero toda la hoja puede estar inclinada hacia abajo. En tales casos cuando la hoja es  $>30^\circ$  a partir del peciolo es considerada pendular (Figura 32).



*Eucalyptus populnea* (Myrtaceae)

**Figura 32. Ejemplo de inclinación foliar pendular (pe)**

**Compuesta (co)**

Cuando hay una variación clara y evidente a través de más de una clase de inclinación foliar en la planta, la opción “compuesta (co)” es la que debe elegirse. Bajo condiciones en las que haya dificultades para decidir cualquier clase de inclinación (ve, la, pe), la clase será compuesta (Figura 33).



*Persoonia falcata* (Proteaceae)



*Pandanus* sp. (Pandanaceae)

Figura 33. Ejemplos de inclinación foliar compuesta (co)

### Clorotipo foliar

La distribución de la clorofila a través de los tejidos puede variar dramáticamente en espacio y tiempo. Las características que describen esta variación son potencialmente útiles para describir la respuesta de adaptación a los cambios locales como a una fina escala de luz, agua y nutrientes. A continuación se describen las cinco clases de clorotipo foliar (Figura 34). **No son excluyentes**, puede registrarse hasta tres clorotipos.

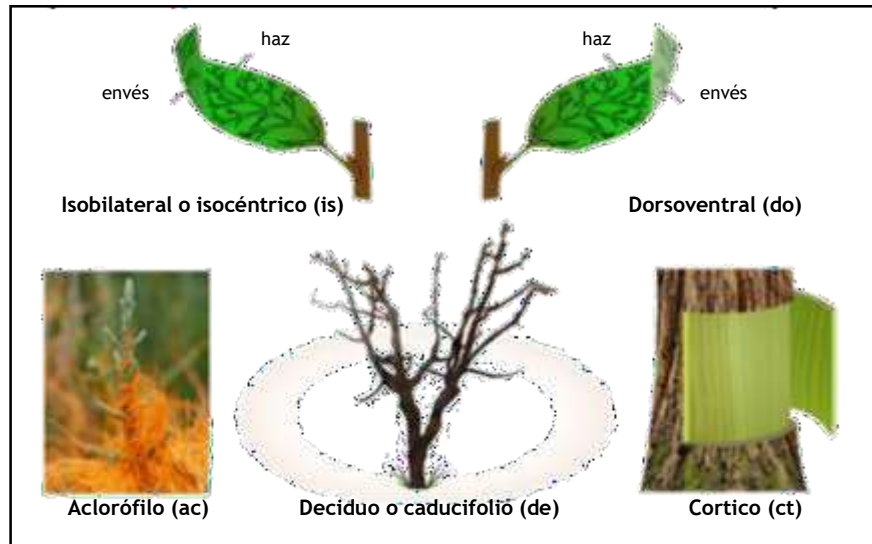


Figura 34. Clases de clorotipo foliar

### Dorsoventral (do)

Presenta de clorofila principalmente en la parte superior de una hoja plana. Si existen dudas acerca de si una hoja es dorsoventral o no, un buen indicador es pasar los dedos por ambos lados de la hoja, así se detecta si hay una ranura en la parte dorsal o superficie superior y si hay una cresta que sobresale en la superficie inferior o ventral (a veces el término utilizado para la superficies superior e inferior de las hojas son 'adaxial' y 'Abaxial', respectivamente) (Figura 35).





*Dillenia* sp. (Dilleniaceae)



*Picea orientalis* Pinaceae

**Figura 35. Ejemplos de clorotipo foliar dorsoventral (do)**

### Isobilateral o isocéntrico (is)

La distribución de clorofila ocurre en ambos lados de la hoja (por ejemplo, muchas especies de *Eucalyptus*), o bien, alrededor de la superficie de una hoja sólida que puede ser circular en sección transversal (isocéntrico) (por ejemplo, muchos cactus) (Figura 36).



*Echinocactus grusonii* (Cactaceae)



*Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae)

**Figura 36. Ejemplos de clorotipo foliar isobilateral o isocéntrico (is)**

### Deciduo o caducifolio (de)

Este término se aplica a las plantas que pierden completamente o casi completamente sus hojas durante una o más veces en un año. Otra forma fácil de determinar si se trata de especies caducifolias es si la planta pertenece a familias muy conocidas como: Fagaceae, Moraceae, Sterculiaceae, Burseraceae etc. El conocimiento local puede ser útil en la determinación de si un individuo presenta hojas completas en el momento del estudio y es caducifolio (Figura 37).



*Quercus* sp. (Fagaceae)



*Bursera simaruba* (Burseraceae)

**Figura 37. Ejemplos de clorotipo foliar deciduo o caducifolio (de)**

### Cortico (ct)

Describe a las plantas que presentan clorofila en la corteza del tronco principal, ya sea en el exterior o justo por debajo de la corteza externa, si esto se cumple, se registra un valor positivo para “ct”. Para poder aseverar esto es necesario hacer un corte/raspado en ángulo recto a la superficie de la corteza del tronco. Distintos tonos de verde o amarillo podrán apreciarse después del corte/raspado. La condición cortico se registra sólo si la clorofila es visible ya sea como una capa completa o como discontinua en rayas (i.e. familias Bombacaceae, Malvaceae o Sterculiaceae) (Figura 38). La parte más alta de los árboles y las ramas son ignoradas en la estimación de esta variable. Esta variable se registra exclusivamente para las plantas >2m de altura.



*Euphorbia candelabrum* (Euphorbiaceae)



*Nothofagus pumilio* (Fagaceae)

**Figura 38. Ejemplos de clorotipo foliar cortico (ct)**

### Aclorófilo (ac)

Son las plantas que carecen de clorofila como las saprófitas que obtienen la materia orgánica a partir de la descomposición de los tejidos muertos y la descomposición de plantas y animales. Se les identifica por sus tallos finos con hojas minúsculas. Al carecer de clorofila, son incapaces de fotosintetizar efectivamente, por lo que son completamente dependientes de otras plantas para su nutrición. Estas plantas pueden no requerir la fotosíntesis. Ciertas plantas parásitos como la *Cuscuta* puede poseer de manera parcial clorofila, sus tonalidades van del amarillo al rojo (Figura 39).



*Cuscuta europea* (Convolvulaceae)

**Figura 39. Ejemplo de clorotipo foliar aclorófilo (ac)**

## Morfotipo foliar

El Morfotipo foliar incluye una mezcla de atributos que describen características como fijación e inserción de las hojas y otras características morfológicas especializadas (Figura 40). Las clases de morfotipo foliar no son excluyentes.

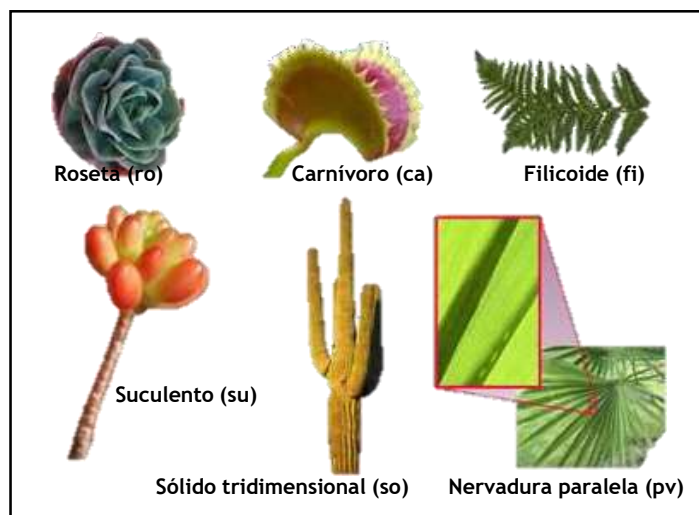


Figura 40. Diagrama conceptual de las clases de morfotipo foliar

### Roseta (ro)

Sus hojas o accesorios de inserción son similares a la manera en que los pétalos están dispuestos en una rosa. Esta condición es el resultado de una reducción en la distancia internodal entre las hojas de modo que las mismas aparecen en un grupo compacto hacia el extremo de la rama o tronco. Ejemplos de esto son el *Agave*, *Cyathea*, muchas palmeras y herbáceas criptófitas (Figura 41).



*Cycas media* (Cycadaceae)



*Greenovia aurea* (Crassulaceae)

Figura 41. Ejemplos de morfotipo foliar roseta (ro)

### Sólido tridimensional (so)

En algunas plantas de las familias Cactaceae, Casuarinaceae, Chenopodiaceae y en muchas suculentas como Euphorbiaceae y Orchidaceae la hoja botánica puede ser vestigial o reducirse a un tallo verde que a menudo es circular en la sección transversal o muy gruesa.



En tal circunstancia toda la planta puede fungir como una "hoja" funcional" (por ejemplo, el cactus Saguaro) (Figura 42).



*Euphorbia tirucalli* (Euphorbiaceae)



*Carnegiea gigantea* (Cactaceae)

**Figura 42. Ejemplos de morfotipo foliar suculento tridimensional (so)**

### Suculento (su)

La suculencia es un indicador útil de respuesta a condiciones extremas como disponibilidad de humedad, ya sea en un ambiente acuático o desértico. Las plantas en este entorno comúnmente exhiben metabolismo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) que es una ruta especializada de carboxilación en la fotosíntesis. Una forma sencilla de distinguir a las suculentas es apretar una hoja o tallo entre los dedos pulgar e índice y ver que la savia emerge fácilmente. Algunas de las familias representantes son: Araceae, Cactaceae, Agavaceae, Crassulaceae y Euphorbiaceae (Figura 43).



*Agave angustifolia* (Agavaceae)



*Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae)

**Figura 43. Ejemplos de morfotipo foliar suculento (su)**

### Nervadura paralela (pv)

La nervadura es la distribución de los nervios que componen el tejido vascular de la hoja de una planta. La nervadura de la hoja puede indicar una respuesta adaptativa al medio ambiente. La venación más útil encontrada es la condición paralela encontrada en muchas monocotiledóneas y algunas dicotiledóneas gramíneas (tipo pasto) (Figura 44). Para la mayoría de los propósitos esta característica se limitará a las hojas de gramíneas donde las venas de las hojas primarias corren en paralelo con el eje principal de la hoja.

Ciertas dicotiledóneas tales como la familia Melastomataceae que exhiben venación pseudo-paralela están excluidas.



*Festuca* (Poaceae)



*Muhlenbergia macrooura* (Poaceae)

**Figura 44. Ejemplos de morfotipo foliar nervadura paralela (pv)**

### Filicoide (fi)

Este término se utiliza para describir el tipo de hoja característica en la familia de los helechos o pteridofitas (Figura 45). Se incluyen todos los helechos, con la excepción de los helechos membranosos (Hymenophyllaceae) que pueden ser sólo estacionalmente abundantes y difíciles de detectar debido a su hábitat críptico.



*Asplenium monanthes* (Aspleniaceae)



*Pteridium caudatum* (Pteridaceae)

**Figura 45. Ejemplos de morfotipo foliar filicoide (fi)**

### Carnívoro (ca)

En ambientes extremos donde los nutrientes son limitantes (suelos ácidos de pantanos de turba), algunas plantas han desarrollado una manera de capturar y digerir pequeños animales (sobre todo insectos). Esta característica muestra una notable evolución de las estructuras foliares que se encuentran en géneros como: *Darlingia*, *Drosera*, *Sarracenia* y *Nepenthes* (Figura 46). En ciertos casos, la aparición de la hoja llamada cántaro (hoja modificada que se asemeja a un cántaro) en la planta *Nepenthes* puede ser facultativa, es decir, la planta puede activar o desactivar esta especialización foliar dependiendo de la disponibilidad de nutrientes. Por esta razón, el Especialista en Botánica debe asegurarse de que la hoja modificada (jarra) se ve realmente cuando se registra esta característica.

Desde un punto de vista funcional tales plantas pueden acceder a los nutrientes del suelo y a fuentes animales.



*Sarracenia alata* (Sarraceniaceae)



*Nepenthes alata* (Nepenthaceae)

**Figura 46. Ejemplos de morfotipo foliar carnívoro (ca)**

### ***Forma de vida***

La "forma de vida" se refiere al aspecto funcional de una planta y no se debe confundirse con "forma de crecimiento" que se refiere a las estructuras de crecimiento específicas, como "palma" o "arbusto", etc. El sistema de clasificación de Raunkiaer: define a la forma de vida, esencialmente, como el desarrollo de mecanismos que permiten la supervivencia de un año a otro (su naturaleza y la situación de los órganos productores de los nuevos brotes: botones, órganos subterráneos, granos, etc.). Es decir, la clasificación está basada en la posición de las estructuras de renuevo o meristemas con respecto a la superficie del suelo, que permitirán a la planta retoñar en la estación de crecimiento. Por lo tanto, una forma de vida se identifica con base a la altura en que se encuentran las yemas de renuevo. El enfoque *VegClass* utiliza una modificación de Raunkiaer (cf. Gillison, 1988) para dar cabida a la medida de lo posible, variación en plantas tropicales (así como templadas) (Figura 47).

Entre las diferencias se dividen algunas de sus formas arbitrariamente en leñosa en contraposición de la no leñosa; y si hay una tendencia a formas gramínoideas a predominar en ciertos casos. Esto se ha hecho para mejorar la utilidad del método. Es posible argumentar que esto degrada la clasificación Raunkiaer formal, la experiencia de campo en muchos países (Gillison, 1999) ha demostrado que el uso de la forma de vida de Raunkiaer como base para añadir estructuras fotosintética (PFE) complementa el sistema de forma de vida.



Clave	Forma de vida	Gramática	Descripción
	Fanerófitas	(ph)	Árboles y arbustos cuyas yemas de renuevo se elevan sobre el suelo $\pm$ 25 cm
	Caméfita	(ch)	Plantas leñosas o herbáceas cuyas yemas de renuevo se localizan en vástagos por encima del suelo hasta los 50cm
	Hemicriptófitas	(hc)	Plantas cuyas yemas de renuevo subsisten a ras del suelo
	Lianoide	(li)	Plantas que crecen sobre o dentro de otra planta (i.e. liana)
	Terófitas	(th)	Plantas cuyas semillas perduran sólo en época desfavorable
	Criptófitas	(cr)	Plantas que se retraen durante la época desfavorable. Las yemas de renuevo se localizan a cierta profundidad del suelo (geófitas) o en el agua (hidrófitas)


 Yemas de renuevo

Figura 47. Clases de forma de vida



### Fanerófita (ph)

Plantas leñosas (árboles y arbustos) cuyas yemas de renuevo se encuentran 25 cm sobre el suelo (Figura 48). La mayoría plantas son perennes mayores a 2m de altura. En la presente clasificación, también se clasifican como fanerófitas las lianas leñosas.



*Pinus oocarpa* (Pinaceae)

**Figura 48. Ejemplo de la forma de vida fanerófita (ph)**

### Caméfita (ch)

Plantas con la parte inferior leñosa y persistente, las yemas de renuevo se encuentran a menos de 30cm por encima del suelo, sobre brotes aéreos cortos, rastreros o rectos. Usualmente plantas <2m de altura (Figura 49). La mayoría de las caméfitas tienden a ser de tallos múltiples, en esta clasificación se pueden incluir plantas de un solo tallo (monopodiales).



*Bromelia serra* (Bromeliaceae)



*Arctostaphylos pungens* (Ericaceae)

**Figura 49. Ejemplos de la forma de vida caméfita (ch)**

### Hemicriptófita (hc)

Plantas cuyas yemas de renuevo se encuentran al ras del suelo, el aparato aéreo es herbáceo y desaparece en gran parte al inicio de la estación desfavorable (Figura 50). Presenta gran variedad de formas, entre las que destacan las estructuras en roseta o las que poseen rizomas rampantes. En las plantas donde puede haber dificultad para decidir entre caméfita y hemicriptófita, se da preferencia a la hemicriptófita donde el individuo es graminoide (tipo pasto) o no leñoso.



*Lobelia irazuensis* (Campanulaceae)



*Eryngium carnilae* (Asteraceae)

**Figura 50. Ejemplos de la forma de vida hemicriptófitas (hc)**

### **Criptófito (cr)**

Plantas con órganos vegetativos subterráneos (Figura 51). Algunos ejemplos son: *Alocasia longiloba*, *Cochlospermum tinctorium*, *Dioscorea alata*, *Stephania japonica*, *Curcuma doméstica*. Muchas criptófitas como por ejemplo *Dioscorea* son lianoides, mientras que otras, tales como *Stephania* japónica pueden ser leñosas, acercándose a las fanerófitas.



*Dioscorea alata* (Dioscorea)

**Figura 51. Ejemplo de la forma de vida criptófito (cr)**

### **Terófito (th)**

Plantas anuales que sólo viven en la época más favorable, en la cual florece, fructifican y después mueren, dejando como subsistema durante la época desfavorable semillas que germinarán el siguiente año (Figura 52). En muchos casos, el conocimiento local puede servir como base para determinar si una especie es anual, bianual o trianual, como en el caso de algunas especies de gramíneas. Algunos ejemplos son: *Ageratum conyzoides*, *Crassocephalum crepidioides*, *Erigeron sumatrensis*, *Isachne globosa*, *Campanula lusitánica*, etc.



*Campanula lusitánica* (Campanulaceae)



*Erigeron sumatrensis*

**Figura 52. Ejemplos de la forma de vida terófito (th)**

### Lianoide (li)

Es una forma de vida modificada a liana, debido a que las especies de plantas tropicales pueden ocurrir en gran variedad de formas, algunas como lianas y otros tipos de enredaderas. El presente sistema *Vegclass* permite que cualquiera de las formas de vida de Raunkiaer pueda ser modificadas por “lianoide” (li), cuando ello sea aplicable (Figura 53). Algunas especies tropicales caméfitas como *Mussaenda scratchleyi* presentes en la sabana se expresan en forma leñosa de tallos múltiples, pero se transforman en lianas si el bosque las invade cubriéndolas.



Liana leñosa



*Canavalia maritima* (Fabaceae)

**Figura 53. Ejemplos de la forma de vida lianoide (li)**

### ***Tipos de raíces de crecimiento aéreo o superficiales***

Una modificación clave del sistema Raunkiaer es la adición de raíces superficiales de cualquiera de las formas de vida perenne. Por ejemplo, una raíz parásita (pa), como la de *Santalum macgregorii* puede ocurrir como fanerófito o caméfita facultativa en cuyo caso el PFT podría ser: mi-co-do-ph-pa. Otro ejemplo podría ser el muérdago (por ej. *Amyema sp*) que podría ser: mi-pe-do-ch-ep-pa.



### Adventicia (ad)

Se trata típicamente de raíces que crecen de un tallo superficial como sucede con *Ficus virens* (higo Curtain) o en muchas especies *Garcinia*, *Myristica*, *Pandanus* o *Rhizophora*. A menudo son indicadoras de humedad y algunas veces medios anaeróbicos (Figura 54).



*Cecropia* sp. (Cecropiaceae)



*Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae)

**Figura 54. Ejemplos de raíces superficiales adventicia (ad)**

### Aéreas (ae)

Raíces que subsisten en superficie, principalmente en medios siempre húmedos o húmedos estacionales, algunas veces conocidas como neumatóforas. Estas son comunes especialmente en manglares como sucede con la *Avicennia marina* y muchas Rizoforáceas (Figura 55). Otros ejemplos, también en condiciones pantanosas son la *Sonneratia alba* y la *Terminalia brassil* (agua salina y fresca, respectivamente).



*Avicennia marina* (Acanthaceae)

**Figura 55. Ejemplo de raíces superficiales aéreas (ae)**

### Epifíticas (ep)

Las plantas sustentadas en otras plantas tienen sistemas de raíces epifíticas. Típicamente entre ellas se encuentran las orquidáceas y bromeliáceas. En los trópicos, muchas especies que generalmente son consideradas terrestres también pueden ocurrir como epifitas (por ejemplo, *Alocasia*, *Alpinia*, *Nepenthes*, *Rhododendron*, *Ficus*, *Pinus*) (Figura 56). La presente clasificación incluye epifitas que también pueden estar enraizadas temporal o permanentemente en el suelo como sucede con *Epipremnum pinnatum*.

Los tipos de raíces litofíticas (plantas que crecen en superficies rocosas desnudas o cuasi-desnudas) no son clasificadas aquí como epifitas y el sustrato de roca es tratado como si estuviera asentado en “suelo”.



*Epipremnum pinnatum*



*Myrmecodia tuberosa* (Rubiaceae)

**Figura 56. Ejemplos de raíces superficiales epifíticas (ep)**

### Hidrofíticas (hy)

Aunque Raunkiaer restringió esta condición a una forma de vida, *Vegclass* la utiliza como una categoría para explicar los tipos funcionales que ocurren en ambientes acuáticos (Figura 57). El término “hidrofítico” se aplica a todas las circunstancias cuando existe una modificación obvia de la raíz por el sustrato referido a un ambiente acuático. Son ejemplos: *Azolla*, *Ipomoea aquatica*, *Helumbium*, *Nymphaea*, *Pistia*, *Victoria*.



*Nelumbium nelumbo* (Nelumbonaceae)



*Azolla* sp. (Azollaceae)

**Figura 57. Ejemplos de raíces superficiales hidrofíticas (hy)**

### Parasíticas (pa)

Ciertas plantas pueden ocurrir con sistemas de raíces parasíticas en superficie cuando regularmente son sustentadas en partes aéreas del huésped, en cuyo caso también califican como epifitas para los fines de esta clasificación. Los ejemplos los constituyen en su mayoría miembros de las Lorantáceas y Viscáceas y algunas veces las Cuscutáceas (*Cuscuta* sp.) y las Lauráceas (*Cassytha* sp.) (Figura 58). La excepción a esta regla de raíces “superficiales” la constituye la inclusión del descriptor (pa) donde el individuo es un

parásito confirmado o presunto como *Balanophora*, *Exocarpos*, *Rafflesia* y *Santalum* aunque con un sistema de raíces subterráneas.



*Cuscuta europea* (Cuscutaceae)



*Cassytha filiformis* (Lauraceae)

**Figura 58. Ejemplos de raíces superficiales parasíticas (pa)**

En las últimas tres columnas se registra si se trata de una herbácea, si es una especie exótica (entendiéndola como ajena al paisaje) y si al momento de colectarla tenía flores o frutos.

## FORMATO 8. Fotografías para medir cobertura aérea vegetal

Se capturarán las fotografías digitales para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+.

La cobertura del dosel es la proporción del suelo forestal cubierto por la proyección vertical de las copas de los árboles.

Se utilizará una cámara digital réflex en modo manual. Es necesario efectuar los siguientes ajustes:

- idioma, *español*
- calidad de imagen, *18 megapíxeles en formato jpg*
- flash, *desactivado*
- visualización en pantalla, *mostrar retícula 1*
- control, *rápido*
- modo de captura, *disparo único*
- balance de blanco, *awb*
- luminosidad automática, *estándar*
- velocidad de obturación, *1/200*
- apertura de diafragma, *8*
- sensibilidad ISO, *200*
- apertura del lente de la cámara, *18 mm*

Captura de la fotografía al interior de la parcela Carbono+

La toma de las fotografías se desarrollará a nadir y a zenit, de conformidad con el cálculo de la altura del dosel

efectuado por el Especialista en Botánica. Al inicio del Formato 7 se registran ISO (sensibilidad), velocidad de obturación (VO) y F (apertura del diafragma).

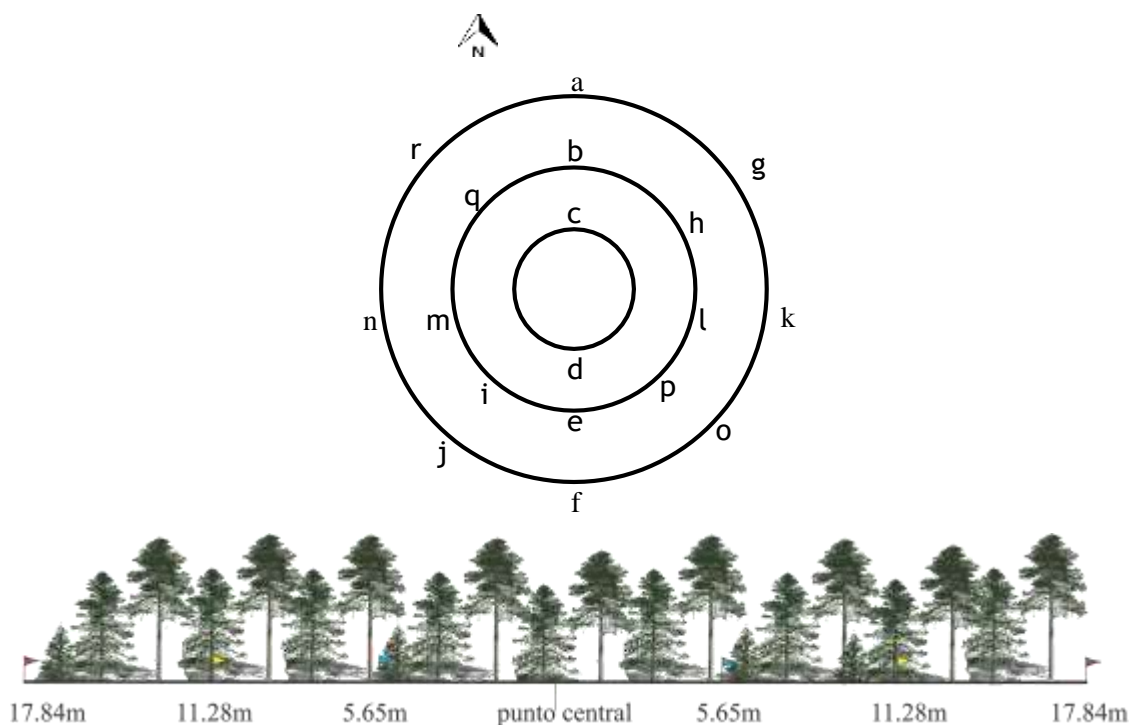
Durante el muestreo del proyecto se capturarán las 18 fotografías a zenit y 18 fotografías a nadir. En la Figura 57 se presenta el esquema general de captura. Se tomarán fotos en las banderillas de color rojo, amarillo y azul con radios de 17.84, 11.28 y 5.65 metros respectivamente.

La captura de las fotografías se adecuará en el sentido de las manecillas del reloj: de norte asur, de noreste a suroeste, de este a oeste y de sureste a noroeste. Se registra la clave de la foto original y la renombrada (identificador de parcela y número de foto). Durante los muestreos de cronosecuencias el número de fotografías dependerá de la altura media del dosel, pues permiten una mayor o menor captura de área de la fotografía.

Las comunidades vegetales y usos de suelo cuya altura de dosel sea menor de 10 m requerirán la captura de 18 fotos (Figura 58).

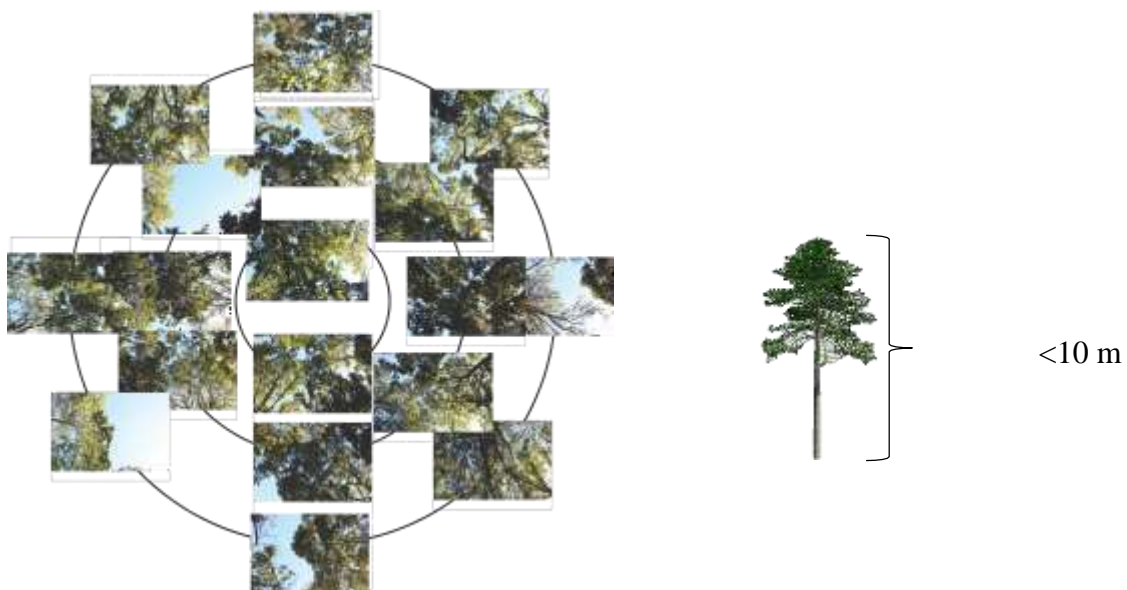
Las comunidades vegetales y usos de suelo cuya altura de dosel sea mayor de 10 m y menor de 20 m requerirán la captura de 14 fotos (Figura 59).

Las comunidades vegetales y usos de suelo cuya altura de dosel sea mayor de 20 m requerirán la captura de 8 fotos (Figura 60).

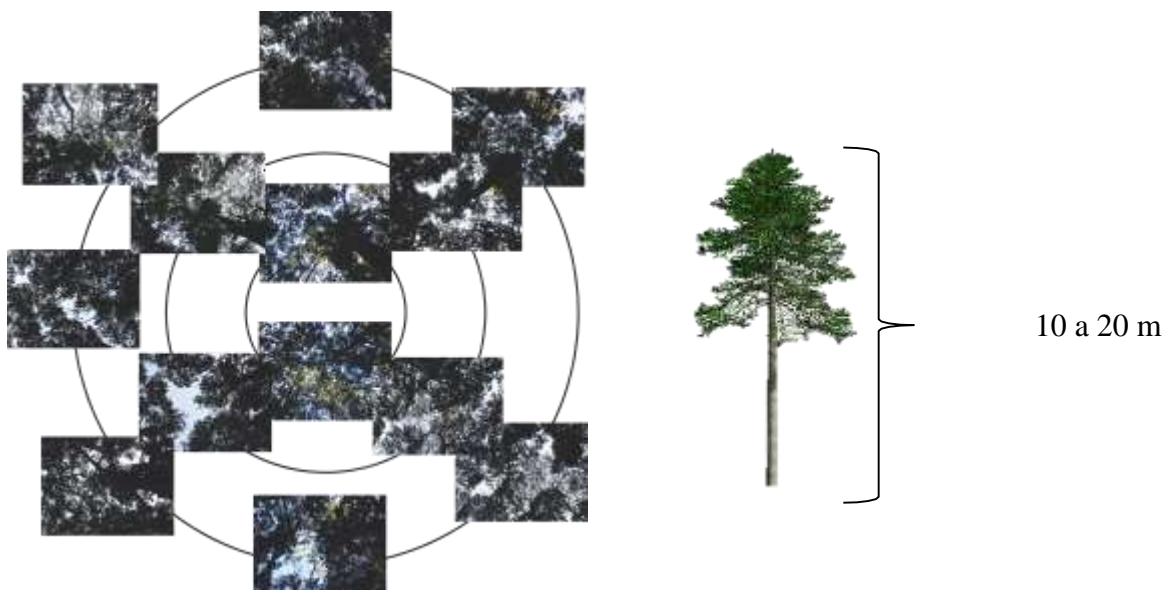


**Figura 57. Sitios de captura de fotografías digitales**





**Figura 58. Captura de fotografías para comunidades vegetales y usos de suelo con dosel menor a 10 m**



**Figura 59. Captura de fotografías para comunidades vegetales y usos de suelo con dosel mayor a 10 m y menor de 20 m**

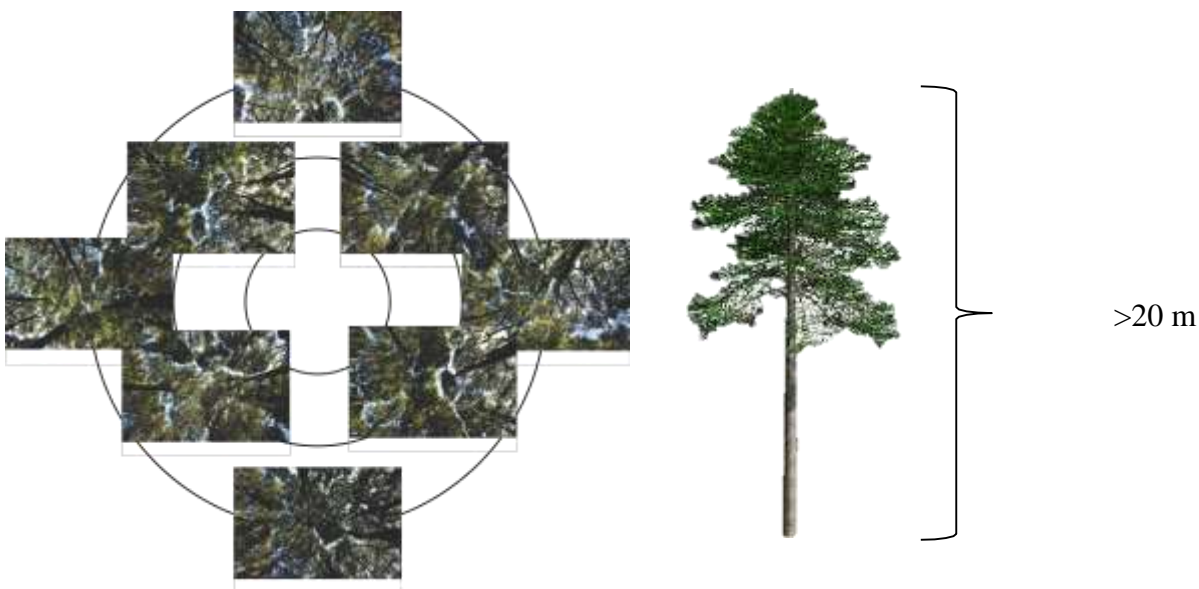


Figura 60. Captura de fotografías para comunidades vegetales y usos de suelo con dosel mayor a 20 m

Se recomienda revisar el histograma de cada fotografía que debe tender a una distribución normal y puede estar cargado a la derecha.

## A. FOTOGRAFÍAS A ZENIT

### Captura de fotografías del estrato superior.

La cámara debe estar nivelada, colocada hacia arriba y orientada al norte magnético, la altura a la que se tomara la foto es a 1.5 m. Se recomienda enfocar el lente previo a tomar la fotografía. Para ello se puede tomar un objeto de referencia (un árbol) en forma horizontal. La distancia del objeto debe ser la misma a la distancia vertical de la copa de los árboles. Posteriormente se toma la escena con el lente ya enfocado.

## B. FOTOGRAFÍAS A NADIR

### Captura de fotografías del estrato inferior.

La cámara **se adecua al soporte**. Se capturan fotos a nadir elevando a la cámara a 3 m. Es importante revisar el nivel de la cámara de forma perpendicular y paralela a la persona que está sosteniendo el soporte.

## Conclusión del muestreo cuantitativo

Se registra la fecha y la hora de término de la parcela. Es conveniente que se revise y cuente:

- -el material de campo
- -las muestras colectadas
- -las fotografías capturadas.

Se inicia la réplica Semicuantitativa.

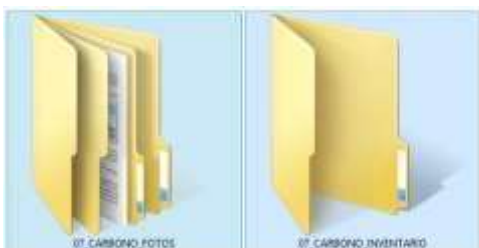
## Entrega de inventario de almacenes de Carbono

La brigada entregará los formatos de campo originales, así como una versión en digital (archivo Excel). Así mismo hará entrega del material fotográfico y renombrado, con las especificaciones necesarias y el total de muestras.

Los formatos impresos deberán estar completos y en su caso corregidos con la información proporcionada por el Especialista en Botánica. Se generará una carpeta nombrada con el número de la región, seguida de un guion bajo, seguido de CARBONO.



Al interior de esa carpeta se ubicarán dos carpetas, la primera nombrada por el número de la región, guion bajo, CARBONO, guion bajo, FOTOS. La segunda carpeta será nombrada por el número de la región, guion bajo, CARBONO, guion bajo, INVENTARIO.



Al interior de cada carpeta se integrará la información indicada en carpetas nombradas por el identificador de la parcela





## Referencias

- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G. and Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335-380.
- Chiang, F. y A. Lot (Comp.). 1986. Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de Flora de México. D.F., México.
- Gillison, A.N. and Brewer, K.R.W. (1985). The use of gradient directed transects or gradsects in natural resource surveys. *Journal of Environmental Management* 20: 103-127
- Gillison, A.N. (1981). Towards a functional vegetation classification. In: A.N. Gillison and D.J. Anderson (eds.) *Vegetation Classification in Australia*, pp.30-41. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization & Australian National University Press, Canberra.
- Gillison, A.N. (1988) A Plant Functional Proforma for Dynamic Vegetation Studies and Natural Resource Surveys. Tech. Mem. 88/3, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Div. Water Resources, Canberra.
- Gillison, A.N. (2000). Rapid vegetation survey. In: A.N. Gillison (Coord.) *Above-ground Biodiversity assessment Working Group Summary Report 1996-99 Impact of different land uses on biodiversity*. pp. 25-38. Alternatives to Slash and Burn project. ICRAF, Nairobi.
- Gillison, A.N. (2001a). *Vegetation Survey and Habitat Assessment of the Tesso Nilo Forest Complex; Pekanbaru, Riau Province, Sumatra, Indonesia*. Report prepared for WWF-US. (October-November, 2001).  
[http://www.worldwildlife.org/species/attachments/tesso\\_nilo.pdf](http://www.worldwildlife.org/species/attachments/tesso_nilo.pdf)
- Gillison, A.N. (2001b) *Promoting biodiversity conservation and sustainable use in the frontier forests of Northwestern Mato Grosso: Bioregional assessment, land use and zoning for biodiversity conservation*. Report prepared for UNDP/GEF and PróNatura (August, 2001).

- Gillison, A.N. (2002). A generic, computer-assisted method for rapid vegetation classification and survey: tropical and temperate case studies. *Conservation Ecology* 6: 3. (<http://www.ecologyandsociety.org/vol6/iss2/art3/print.pdf>).
- Gillison, A.N. (2004). Biodiversity assessment in the North Bank Landscape, N.E. India: a preliminary survey. Report submitted to WWF-India and Smithsonian Institution National Zoological Park and Conservation Research Center, Va. USA. Center for Biodiversity Management Report No. 02.04 10 January 2004.
- Gillison, A.N. and Carpenter, G. (1997). A generic plant functional attribute set and grammar for dynamic vegetation description and analysis. *Functional Ecology* 11: 775-783.
- Gillison, A.N. and Liswanti, N. (2004). Assessing biodiversity at landscape level: the importance of environmental context. In: T.P. Tomich, M. van Noordwijk, and D.E. Thomas (Eds.) *Environmental Services and Land Use Change: Bridging the Gap between Policy and Research in Southeast Asia. Agriculture Ecosystems and Environment* 104: 75-86.
- González Medrano, F. 2003. Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 77p.
- Martens, M. y H. Galeotti 1842. Mémoire sur les fougères du Mexique et considerations sur la géographie de cette countrée. (*Mém. Acad. Sci. Bruxelles* 15:1-99).
- Miranda F. G. y Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 29-179.
- McDonald, R.C. and Isbell, R.F. (1984) Soil Profile. In: R.C. McDonald, R.F. Isbell, J.G. Speight, J. Walker, J. and M.S. Hopkins (eds.) *Australian Soil and Land Survey. Field Handbook*. pp. 83-126. Inkata press, Melbourne.
- Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Clarendon Press, Oxford.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 p.

- Specht, R.L. (1981). Foliage projective cover and standing biomass. In: A.N. Gillison and D.J. Anderson (eds.) 'Vegetation Classification in Australia', pp. 10-21. (CSIRO Aust. and Aust. Natl Univ. Press: Canberra).
- Webb, L.J., Tracey, G.J. and Williams, W.T. (1976). The value of structural features in tropical forest typology. *Australian Journal of Ecology* 1: 3-28.
- Westoby, M., Falster, D., Moles, A.T., Vesk, P.A. and Wright, I. (2002). Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:125-5

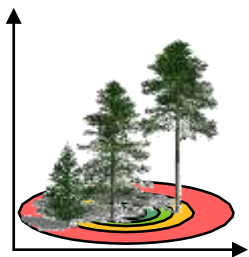
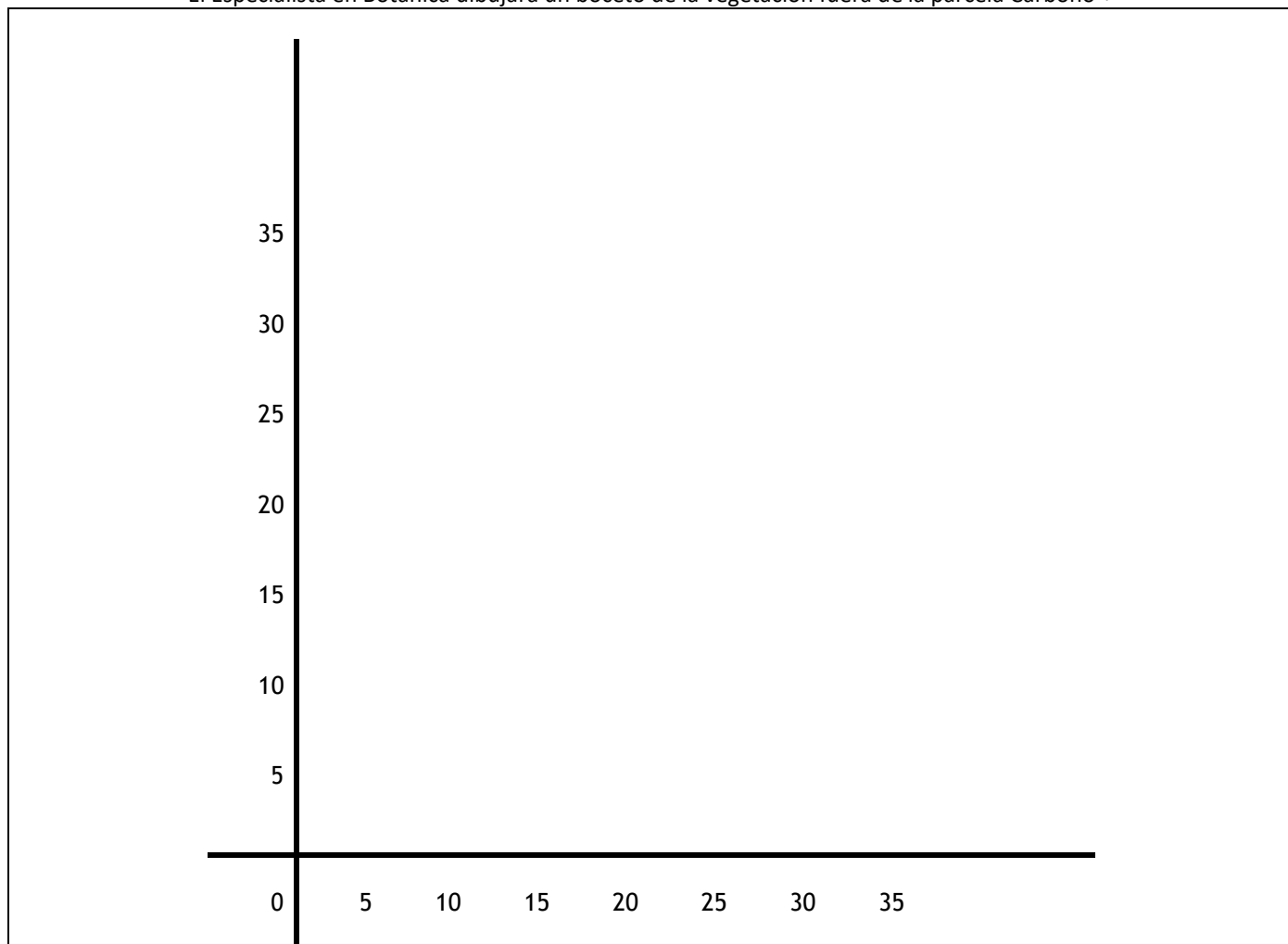


Carbono+											
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## F. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LA PARCELA

Perfil de la vegetación (m)

El Especialista en Botánica dibujará un boceto de la vegetación fuera de la parcela Carbono +



El Especialista en Botánica avanzará de la parcela mayor a la menor efectuando colectas, determinando Especies y Grupos Funcionales de las misma (Formato 6).

Así mismo, efectuará el llenado de los siguientes formatos en conjunto con el Especialista en Carbono

## FORMATO 2. Registro de información de mantillo y suelo

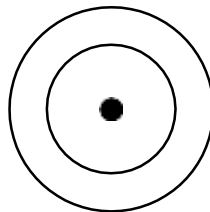




[illegible]

### FORMATO 4. Registro de repoblado/arbustos (círculo 12.56m<sup>2</sup>)

## ARBOLES Y ARBUSTOS

[illegible]

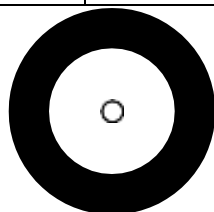




[illegible]

### FORMATO 6. Datos de plantas leñosas (círculo de 1000 m<sup>2</sup>)

### A. ÁRBOLES CON DN $\geq$ 40 cm

[illegible]

## FORMATO 7. Tipos funcionales de plantas y Especies

[illegible][illegible]




## FORMATO 7. Tipos funcionales de plantas y Especies

[illegible][illegible]

H= Herbácea E= Exótica F= Se colecto la muestra con flor o frut



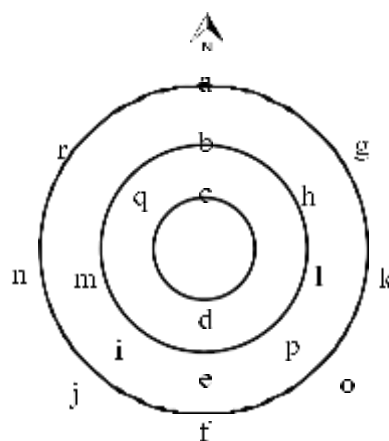
## FORMATO 8. Fotografías para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+

	ISO	VO	F
	SENSIBILIDAD	VELOCIDAD DE OBTURACIÓN	APERTURA DEL DIAFRAGMA

### DOSEL DE 2 A 10 m (18 FOTOS)

#### A. FOTOGRAFÍAS A ZENIT

UBICACIÓN EN LA PARCELA	CLAVE ORIGINAL	CLAVE RENOMBRADA
a N→S		14
b N→S		15
c N→S		16
d N→S		17
e N→S		18
f N→S		19
g NE→SO		20
h NE→SO		21
i NE→SO		22
j NE→SO		23
k E→O		24
l E→O		25
m E→O		26
n E→O		27
o SE→NO		28
p SE→NO		29
q SE→NO		30
r SE→NO		31



#### B. FOTOGRAFÍAS A NADIR

UBICACIÓN EN LA PARCELA	CLAVE ORIGINAL	CLAVE RENOMBRADA
a N→S		32
b N→S		33
c N→S		34
d N→S		35
e N→S		36
f N→S		37
g NE→SO		38
h NE→SO		39
i NE→SO		40
j NE→SO		41
k E→O		42
l E→O		43
m E→O		44
n E→O		45
o SE→NO		46
p SE→NO		47
q SE→NO		48
r SE→NO		49

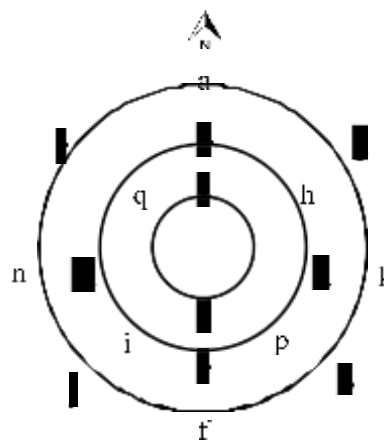




DOSEL MAYOR A 20 m (8 FOTOS)

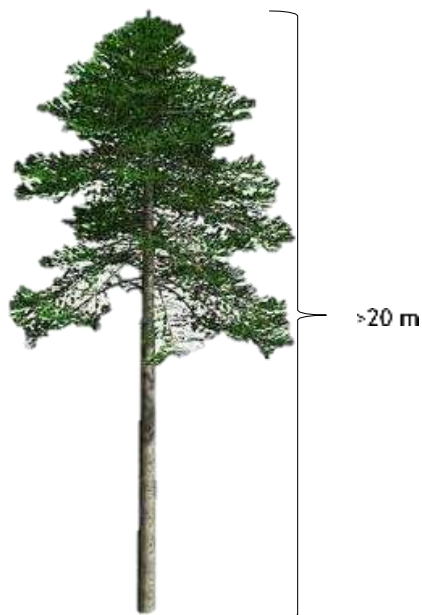
A. FOTOGRAFIAS A ZENIT

UBICACIÓN EN LA PARCELA	CLAVE ORIGINAL	CLAVE RENOMBRADA
a N→S		14
f N→S		19
h NE→SO		21
i NE→SO		22
k E→O		24
n E→O		27
p SE→NO		29
q SE→NO		30



B. FOTOGRAFIAS A NADIR

UBICACIÓN EN LA PARCELA	CLAVE ORIGINAL	CLAVE RENOMBRADA
a N→S		32
f N→S		37
h NE→SO		39
i NE→SO		40
k E→O		42
n E→O		45
p SE→NO		47
q SE→NO		48



Fecha


DIA		MES		AÑO			

Hora de termino

		:		
24 HORA				

## ANEXO 1.

### FORMATO DE ETIQUETA PARA EJEMPLARES BOTANICOS

	<b>PROGRAMA MEXICANO DEL CARBONO</b> <b>PLANTAS DEL ESTADO DE MÉXICO</b>
<i>Especie:</i>	_____
Familia:	_____
Determinó:	_____
Localidad:	_____
Vegetación:	_____
Descripción:	_____
Tipo funcional:	_____
Abundancia:	_____
Colector:	_____
ID Parcela C+	_____