



Programa Mexicano del Carbono

Una REDD
para SALVAR la SOMBRA de la
Sierra Madre de Chiapas

Manual de Procedimientos

Inventario de Biodiversidad

Coordinador del Proyecto:

DR. FERNANDO PAZ PELLAT

Colaboradores:

- M. en C. Antoine Libert Amico
- M. en C. Julio César Wong González
- M. en C. Cristóbal Daniel Sánchez-Sánchez

Versión 1.0 (Junio de 2016)

FORMA DE CITAR EL DOCUMENTO:

Programa Mexicano del Carbono, A.C. 2015. Una REDD para SALVAR la SOMBRA de la Sierra Madre de Chiapas. Manual de Procedimientos Inventario de Biodiversidad. Coordinador: Fernando Paz Pellat. Colaboradores: Antoine Libert Amico, Julio César Wong González y Cristóbal Daniel Sánchez-Sánchez. Texcoco, Estado de México. 77 p.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| Contenido y captura de carbono en la vegetación..... | 2 |
| 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..... | 3 |
| 4 Mantillo..... | 4 |
| 5 Suelo | 4 |
| 2. INVENTARIO DE CARBONO+ | 4 |
| Transparencia..... | 4 |
| Consistencia | 4 |
| Comparabilidad..... | 4 |
| Integridad | 4 |
| Precisión..... | 5 |
| Personal para trabajo de campo del Inventario Carbono+ | 5 |
| Nomenclatura de las parcelas..... | 5 |
| Forma y tamaño de las parcelas de medición Carbono+ | 9 |
| Punto central | 10 |
| Variables de medición para almacenes de Carbono..... | 13 |
| 3. VARIABLES DE MEDICIÓN DE BIODIVERSIDAD DE PLANTAS VASCULARES..... | 13 |
| 4. SOFTWARE VEGCLASS | 13 |
| 5. MÉTODOS..... | 15 |
| FORMATO 1. Información de la parcela Carbono+ referencia, vegetación menor y combustibles | 16 |
| A. INFORMACIÓN DE LA PARCELA CARBONO+ | 16 |
| B. REFERENCIA DE UBICACIÓN DEL CENTRO DE LA PARCELA..... | 16 |
| C. REGISTRO DE VEGETACIÓN MENOR Y COBERTURA DEL SUELO (CUADRO DE 1m ²)... | 17 |
| D. TRANSECTOS DE COMBUSTIBLES | 18 |
| E. COBERTURA DE DOSEL..... | 19 |
| FORMATO 2. Registro de información de mantillo y suelo..... | 21 |
| FORMATO 3. Registro de información de herbáceas (1m ²)..... | 21 |
| A. REGISTRO DE PESOS DE BIOMASA DE HERBACEAS | 21 |
| FORMATO 4. Registro de repoblado/arbustos (círculo 12.56m ²) | 22 |
| A. ARBOLES Y ARBUSTOS..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| FORMATO 5. Datos de plantas leñosas (círculo de 400m ²) | 23 |
| A. ARBUSTOS CON ALTURA TOTAL \geq 1 m | 23 |
| B. ÁRBOLES CON DN \geq 7.5 cm | 25 |
| FORMATO 6. Datos de plantas leñosas (círculo de 1000m ²) | 26 |
| A. ÁRBOLES CON DN \geq 20 cm | 26 |
| FORMATO 7. Muestras de madera para densidad y Dendrocronología (círculo de 400m ²) | 26 |
| A. EXTRACCIÓN DE VIRUTAS CON EL TALADRO DE PRESSLER | 26 |
| FORMATO 8. Tipos funcionales de plantas y Especies | 27 |
| Especies identificadas en campo | 28 |
| Especies desconocidas | 28 |
| Colectas e identificación | 28 |
| Tipos funcionales de plantas (PFT) | 30 |
| FORMATO 9. Fotografías para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+ | 53 |
| Conclusión de la parcela cuantitativa | 53 |
| Entrega de inventario de biodiversidad..... | 53 |
| 6. LITERATURA CITADA | 55 |
| 7. APÉNDICE 1. COMPENSACIÓN DE ÁNGULO POR DECLINACIÓN MAGNÉTICA | 57 |
| 8. APÉNDICE 2. COMPENSACIÓN DE DISTANCIAS POR PENDIENTES EN EL TRAZO DE LA PARCELA CARBONO+..... | 58 |
| 9. APÉNDICE 3. FORMATOS DE CAMPO | 59 |
| 10. APÉNDICE 4. FORMATO DE ETIQUETA PARA EJEMPLARES BOTÁNICOS..... | 70 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|-----------|
| CUADRO 1. EQUIPO DE CAMPO POR BRIGADA | 5 |
| CUADRO 2. ELEMENTOS DEL IDENTIFICADOR DE LA PARCELA DEL INVENTARIO | |
| CARBONO+ | 6 |
| CUADRO 3. CLAVE DEL ESTADO..... | 6 |
| CUADRO 4. CLAVE DE LAS REGIONES | 6 |
| CUADRO 5. CLAVES DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN | 7 |
| CUADRO 6. CLAVE DEL TIPO DE PARCELA | 9 |
| CUADRO 7. LA ESCALA DOMINIO DE COBERTURA-ABUNDANCIA ES UN SISTEMA DE ESCALA | |
| ARBITRARIA ÚTIL EN LA ESTUDIO RÁPIDO DE LA VEGETACIÓN..... | 20 |
| CUADRO 8. TIPOS DE DAÑOS EN ÁRBOLES Y ARBUSTOS VIVOS O CAUSA DE MUERTE. | 24 |
| CUADRO 9. EJEMPLO DE REGISTRO DE ARBUSTOS EN EL CASO 1 | 25 |
| CUADRO 10. EJEMPLO DE LLENADO DEL CASO 2 EN EL FORMATO 5..... | 25 |
| CUADRO 11. ATRIBUTOS Y ELEMENTOS FUNCIONALES DE PLANTAS..... | 31 |
| CUADRO A2. DISTANCIAS DE COMPENSACIÓN PARA DIFERENTES GRADOS DE PENDIENTE | |
| | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. CICLO DEL CARBONO (MIJANGOS, 2015)..... | 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. | 3 |
| FIGURA 3. REGIONES SOCIOECONÓMICAS DE CHIAPAS. | 8 |
| FIGURA 4. PARCELA DE MUESTREO DEL INVENTARIO CARBONO+ | 9 |
| FIGURA 5. EJEMPLO DE LA OBSTACULIZACIÓN EN EL MARCADO DE LAS PARCELAS. | 10 |
| FIGURA 6. FOTOGRAFÍA DE GPS EN EL PUNTO CENTRAL DE LA PARCELA (01)..... | 11 |
| FIGURA 7. DIRECCIONAMIENTO DE LAS CUERDAS QUE DELIMITAN LA PARCELA DESDE EL PUNTO CENTRAL | 12 |
| FIGURA 8. 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)..... | 12 |
| FIGURA 9. COLOCACIÓN DE LAS OCHO CUERDAS PARA LA DELIMITACIÓN DE LA PARCELA | 13 |
| FIGURA 10. UNIDADES DE MUESTREO DE CARBONO AL INTERIOR DE LA PARCELA CARBONO+ | 14 |
| FIGURA 11. FOTOGRAFÍA QUE CORRESPONDE AL CUADRO DE 1M ² | 17 |
| FIGURA 12. FOTOGRAFÍA DE UNA PARCELA DE REGISTRO DE COMBUSTIBLES Y A LA DERECHA EL DIAGRAMA CON LA UBICACIÓN DE LA SEÑAL Y LA CÁMARA. | 18 |
| FIGURA 13. ÍNDICE DE FURCACIÓN (GILLISON, 2006) | 20 |
| FIGURA 14. BOCETO DE PERFIL DE LA VEGETACIÓN | 21 |
| FIGURA 15. UBICACIÓN DE LOS CUADROS PARA EL MUESTRO DE HERBÁCEAS..... | 22 |
| FIGURA 16. ETIQUETADO DE LAS COLECTAS DE HERBÁCEAS. | 22 |
| FIGURA 17. REGISTRO DE REPOBLADO Y ARBUSTOS AL INTERIOR DEL CÍRCULO 12.56M ² | 23 |
| FIGURA 18. REGISTRO DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS AL INTERIOR DEL CÍRCULO DE 400M ² .. | 24 |
| FIGURA 19. REGISTRO DE ÁRBOLES ≥ 20 CM | 26 |
| FIGURA 20. TOMA DE MUESTRA DE MADERA PARA CONTEO DE ANILLOS DE CRECIMIENTO | 27 |
| FIGURA 21. FOTOGRAFÍAS ADECUADAS PARA SU POSTERIOR IDENTIFICACIÓN (EJEMPLARES DE <i>CASTILLEJA ARVENSIS</i> Y <i>BERBERIS MORANENSIS</i>). | 29 |
| FIGURA 22. GRAMÁTICA Y RUTA ESTABLECIDA PARA LA COMPILACIÓN DE LOS TIPOS FUNCIONALES DE PLANTAS | 32 |
| FIGURA 23. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR PARA CAMPO..... | 34 |
| FIGURA 24. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR PICÓFILA (PI) (< 2 MM ²). | 35 |
| FIGURA 25. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR LEPTÓFILA (LE) (2 – 25 MM ²). | 35 |
| FIGURA 26. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR NANÓFILA (NA) (25 – 225 MM ²). | 35 |
| FIGURA 27. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR MICRÓFILA (MI) 225 – 2025 MM ² | 35 |
| FIGURA 28. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR NOTÓFILA (NO) 2025 – 4500 MM ² | 36 |
| FIGURA 29. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR MESÓFILA (ME) 4500 – 18200 MM ² | 36 |
| FIGURA 30. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR PLATÍFILA (PL) 18200 – 36400 MM ² | 36 |
| FIGURA 31. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR MACRÓFILA (MA) (36400 - 18 x 10 ⁴). | 36 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 32. CLASE DE TAMAÑO FOLIAR MEGÁFILA (MG) > 18 x 104 MM. | 37 |
| FIGURA 34. EJEMPLOS DE INCLINACIÓN FOLIAR VERTICAL (VE)..... | 38 |
| FIGURA 35. EJEMPLO DE INCLINACIÓN FOLIAR LATERAL (LA)..... | 38 |
| FIGURA 36. EJEMPLO DE INCLINACIÓN FOLIAR PENDULAR (PE)..... | 39 |
| FIGURA 37. EJEMPLOS DE INCLINACIÓN FOLIAR COMPUESTA (CO)..... | 39 |
| FIGURA 38. CLASES DE CLOROTIPO FOLIAR | 40 |
| FIGURA 39. EJEMPLOS DE CLOROTIPO FOLIAR DORSOVENTRAL (DO)..... | 40 |
| FIGURA 40. EJEMPLOS DE CLOROTIPO FOLIAR ISOBILATERAL O ISOCÉNTRICO (IS)..... | 40 |
| FIGURA 41. EJEMPLOS DE CLOROTIPO FOLIAR DECIDUO O CADUCIFOLIO (DE) | 41 |
| FIGURA 42. EJEMPLOS DE CLOROTIPO FOLIAR CORTICO (CT)..... | 41 |
| FIGURA 43. EJEMPLO DE CLOROTIPO FOLIAR <u>ACLORÓFILO</u> (AC)..... | 42 |
| FIGURA 44. DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LAS CLASES DE MORFOTIPO FOLIAR..... | 42 |
| FIGURA 45. EJEMPLOS DE MORFOTIPO FOLIAR ROSETA (RO) | 43 |
| FIGURA 46. EJEMPLOS DE MORFOTIPO FOLIAR SUCULENTO TRIDIMENSIONAL (SO) | 43 |
| FIGURA 47. EJEMPLOS DE MORFOTIPO FOLIAR SUCULENTO (SU) | 44 |
| FIGURA 48. EJEMPLOS DE MORFOTIPO FOLIAR NERVADURA PARALELA (PV)..... | 44 |
| FIGURA 49. EJEMPLOS DE MORFOTIPO FOLIAR FILICOIDE (FI)..... | 45 |
| FIGURA 50. EJEMPLOS DE MORFOTIPO FOLIAR CARNÍVORO (CA) | 45 |
| FIGURA 51. CLASES DE FORMA DE VIDA..... | 47 |
| FIGURA 52. EJEMPLO DE LA FORMA DE VIDA FANERÓFITA (PH) | 48 |
| FIGURA 53. EJEMPLOS DE LA FORMA DE VIDA CAMÉFITAS (CH)..... | 48 |
| FIGURA 54. EJEMPLOS DE LA FORMA DE VIDA HEMICRIPTÓFITAS (HC) | 49 |
| FIGURA 55. EJEMPLO DE LA FORMA DE VIDA CRIPTÓFITA (CR)..... | 49 |
| FIGURA 56. EJEMPLOS DE LA FORMA DE VIDA TERÓFITA (TH) | 50 |
| FIGURA 57. EJEMPLOS DE LA FORMA DE VIDA LIANOIDE (LÍ) | 50 |
| FIGURA 58. EJEMPLOS DE RAÍCES SUPERFICIALES ADVENTICIA (AD)..... | 51 |
| FIGURA 59. EJEMPLO DE RAÍCES SUPERFICIALES AÉREAS (AE) | 51 |
| FIGURA 60. EJEMPLOS DE RAÍCES SUPERFICIALES EPIFÍTICAS (EP) | 52 |
| FIGURA 61. EJEMPLOS DE RAÍCES SUPERFICIALES HIDROFÍTICAS (HY) | 52 |
| FIGURA 62. EJEMPLOS DE RAÍCES SUPERFICIALES PARASÍTICAS (PA) | 53 |
| FIGURA A.1. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE CORRECCIÓN ENTRE LOS NORTES MAGNÉTICO Y VERDADERO..... | 57 |

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático se definió en la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMNUCC) 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 (CO₂), el metano, los óxidos de nitrógeno, clorofluorocarburos, el vapor de agua, entre otros. El CO₂ 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 hay 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.

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 CO₂ atmosférico de 280 a 379 partes por millón en 2005. Las causas principales de este incremento son el uso de combustibles fósiles y el 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.

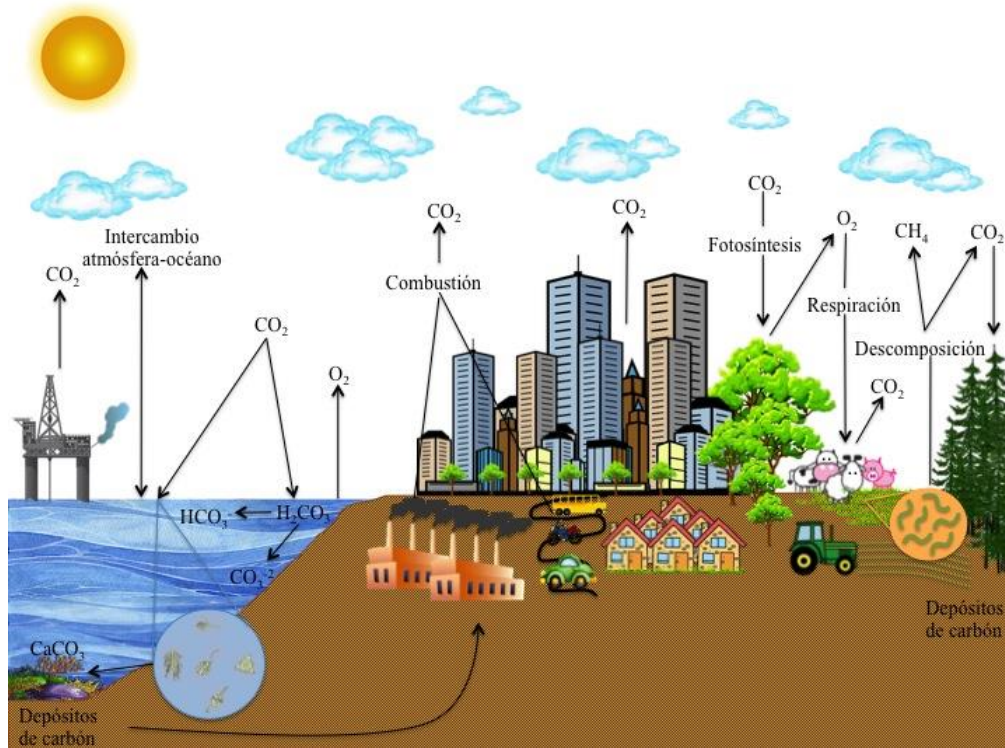


Figura 1. Ciclo del Carbono (Mijangos, 2015)

Contenido y captura de carbono en la vegetación

El CO_2 se almacena en la biomasa vegetal, por consiguiente, la vegetación actúa como sumidero de carbono y contribuye a reducir las concentraciones de CO_2 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 actividades humanas (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 (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 (IPCC, por sus siglas en inglés) define cinco almacenes de carbono presentes en las comunidades vegetales (Figura 2) (IPCC, 2003).

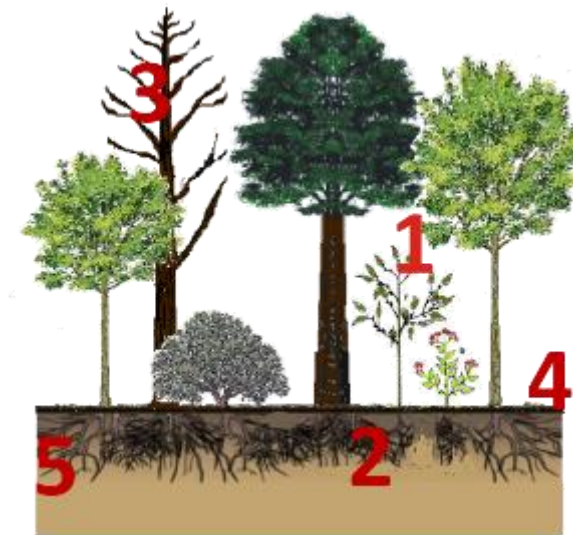


Figura 2. Almacenes de carbono en las comunidades vegetales 1 Biomasa viva sobre el suelo, 2 Biomasa viva por debajo del suelo [raíces], 3 Biomasa muerta sobre el suelo, 4 Mantillo y 5 Suelo.

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) 2 mm 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 se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella.

2. INVENTARIO DE CARBONO+

El inventario de Carbono+ (carbono plus) incluye la evaluación de servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono, hídrico y biodiversidad de plantas vasculares. El inventario de Carbono+ está orientado a evaluar la dinámica del carbono a través de cronosecuencias siguiendo un gradiente de perturbación. El inventario de Carbono+ propuesto está apegado a los criterios de la CMNUCC para la estimación y reporte de los inventarios de emisiones de GEI:

Transparencia

Todas las hipótesis y metodologías utilizadas en el inventario deben ser explicadas claramente y documentadas de forma apropiada, de tal forma que cualquiera pueda verificar que sean correctas.

Consistencia

Un inventario debe ser internamente consistente en todos sus elementos en relación a los inventarios de otros años. Un inventario es consistente si los mismos conjuntos de datos y metodologías son usados a lo largo del tiempo. Bajo ciertas circunstancias, las estimaciones usando diferente metodologías para diferentes años pueden ser consideradas consistentes si pueden ser calculadas de forma transparente.

Comparabilidad

Las estimaciones de emisiones deben ser comparables entre las partes (países participantes en la CMNUCC). Para este propósito, las partes deben seguir las metodologías y formatos estándares de IPCC (2003).

Integridad

Los estimados deben incluir todas las categorías de uso del suelo acordadas y todos los almacenes de carbono.

Precisión

Las estimaciones no deben estar arriba o abajo del valor verdadero de tal forma que puedan ser evaluadas y que las incertidumbres puedan ser reducidas cuando eso es práctico. Deben usarse las metodologías apropiadas de acuerdo con las guías de buenas prácticas del IPCC (2003, 2006), para promover que las estimaciones en los inventarios no sean sesgadas y para cuantificar las incertidumbres a fin de mejorar los inventarios futuros.

Personal para trabajo de campo del Inventario Carbono+

El inventario Carbono+ será desarrollado por una brigada de campo conformada por tres personas, un especialista en levantamientos de Carbono, un especialista en Botánica y un ayudante en general.

La brigada deberá preparar el material previo a la salida de campo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Equipo de campo por brigada

| Material | | |
|---|---|--|
| Camioneta | GPS | Brújula y Clinómetro |
| Minilaptop (160Gb en disco duro y 1Gb en RAM) | Cámara digital réflex con disparador, estuche, bastón y soporte | Disco duro externo de 1 TB con cable USB |
| Microscopio y lupas | Cámara digital fotográfica con baterías | Reloscopio para árboles y arbustos |
| Taladro de Pressler, tubo y popotes para muestras | Báscula 5000 g de precisión 1 g y baterías | Cilindro para densidad aparente de 2" de diámetro |
| Línea de 1.30 m para suelo | Barreno de gusano | Barreno de tubo |
| Cinta diamétrica de 5 m | Cinta métrica de 5 m | Cinta métrica de 30 m |
| Marro de acero y pala recta | Vernier de metal con estuche | Regla graduada de metal |
| Cuadro de PVC de 1m ² pintado de color naranja | Cuadro de PVC de 30x30 cm pintado de color naranja | Set de tubos y triángulo para fotografías |
| Prensas botánicas y piola | Tijeras para colecta de especies | Estufa de secado |
| Cuerda compensada de 25 m | Varillas permanentes | Varillas con banderas de colores y estacas de madera |
| Tablas numeradas y listones | Machete, serrucho, espátula con mango y lima de metal | Formatos cuantitativos y semicuantitativos (por juego) |
| Mochila de campo | Tabla de apoyo | Etiquetas preimpresas |
| Bolsas de plástico de 15x20 cm, 20x30 cm, 50x70 cm y 1m | Cintas masking-tape y diurex | Marcador permanente negro, lápices y sacapuntas |

Nomenclatura de las parcelas

Las parcelas serán nombradas con un identificador único, construido a partir de claves similares para todas las parcelas. El identificador está conformado por doce elementos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Elementos del identificador de la parcela del Inventario Carbono+

| | | | | | | | | | | | |
|--------|--|--------|--|--------------------|--|---------|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | | | |
| ESTADO | | REGIÓN | | 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 3).

Cuadro 3. Clave del Estado

| Clave | Estado |
|-------|---------|
| 0 7 | Chiapas |

Los siguientes dos dígitos corresponden a la región. El Estado de Chiapas considera 15 regiones socioeconómicas propuestas por el CEIEG, Gobierno del Estado (ver Cuadro 4 y Figura 3).

Cuadro 4. Clave de las Regiones

| Clave | Región |
|-------|---------------------------|
| 0 1 | Metropolitana |
| 0 2 | Valles Zoque |
| 0 3 | Mezcalapa |
| 0 4 | De Los Llanos |
| 0 5 | Altos Tsotsil Tseltal |
| 0 6 | Frailesca |
| 0 7 | De Los Bosques |
| 0 8 | Norte |
| 0 9 | Istmo Costa |
| 1 0 | Soconusco |
| 1 1 | Sierra Mariscal |
| 1 2 | Selva Lacandona |
| 1 3 | Maya |
| 1 4 | Tulijá Tseltal Chol |
| 1 5 | Meseta Comiteca Tojolabal |

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 (INFyS) de CONAFOR. Los siguientes dos corresponden a la clave de Clases de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI. Se incluyeron otros usos de suelo no considerados en la clasificación señalada (Cuadro 5).

Cuadro 5. Claves de los tipos de vegetación

| Estratificación para el INFyS 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 |
| | | 1 1 | Bosque inducido |
| 2 | Selva | 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 semiáridas y áridas | 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 sarcocaulé |
| | | 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 |

Cuadro 5 Continuación...

| Estratificación para el INFyS 2004–2009 | | Clases de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI | |
|---|--------------------------|--|--|
| Clave | Nombre | Clave | Nombre |
| 5 | Palmar | 4 8 | Palmar natural |
| | | 4 9 | Palmar inducido |
| 6 | Comunidades subacuáticas | 5 0 | Popal |
| | | 5 1 | Tular |
| 7 | Agricultura | 5 2 | Agricultura de temporal |
| | | 5 3 | Agricultura de riego |
| | | 5 4 | Agricultura de humedad |
| | | 5 5 | Agricultura nómada |
| | | 5 6 | Plantaciones de frutales |
| | | 5 7 | Pastizal natural |
| 8 | Pastizales | 5 8 | Pastizal halófilo |
| | | 5 9 | Pastizal gipsófilo |
| | | 6 0 | Pastizal de alta montaña(zacatonal alpino) |
| | | 6 1 | Pastizal inducido |
| | | 6 2 | Pastizal cultivado |
| 9 | Sin vegetación | 6 3 | Vegetación sabanoide |
| | | 6 4 | Sabana |
| | | 6 5 | Áreas sin vegetación aparente (dunas continentales, erosión) |
| | | 6 6 | Áreas desprovistas de vegetación (efecto humano) |
| | | 6 7 | Urbano |

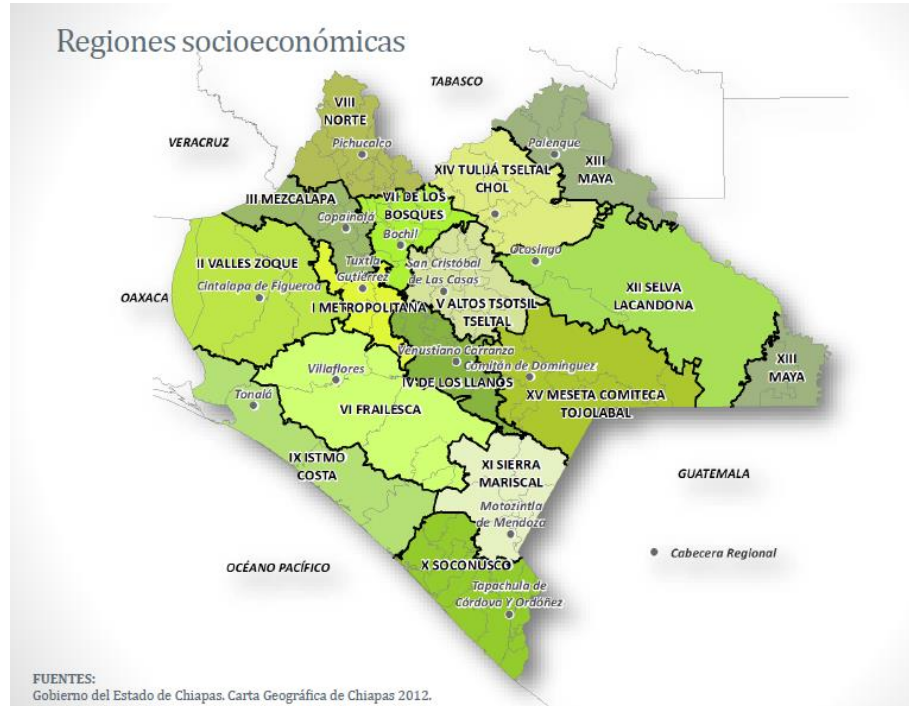


Figura 3. Regiones socioeconómicas de Chiapas.

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 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Clave del tipo de parcela

| Clave | Tipo de parcela |
|-------|------------------|
| C | Cuantitativa |
| S | Semicuantitativa |

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 1000m². Está conformada a su vez por cinco círculos concéntricos. En la Figura 4 se presenta la parcela Carbono+.

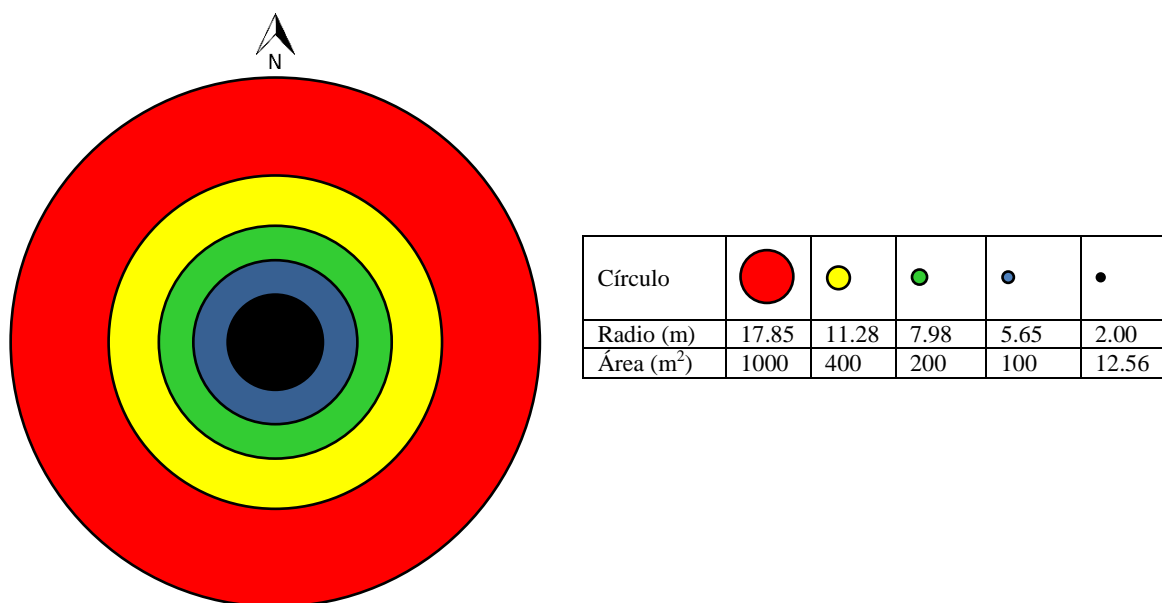


Figura 4. Parcela de muestreo del Inventario Carbono+

El círculo rojo cubre la superficie total de la parcela (1000 m²), el radio del círculo mide 17.85m, este círculo será utilizado en los inventarios de Carbono, Biodiversidad. El círculo amarillo cubre una superficie de 400m², el radio del círculo mide 11.28m y será utilizado en los inventarios de Carbono y Biodiversidad. El círculo verde abarca un área de 200m², el radio mide 7.98m, será utilizado para el inventario de Biodiversidad. El círculo azul cubre una superficie de 100m², su radio mide 5.6m, será utilizado para el inventario de Biodiversidad. El círculo negro abarca un área de 2m², tiene un radio de 1.8m y será utilizado en el inventario de Carbono y Biodiversidad.

Punto central

El GPS se configura con tipo de coordenadas UTM y datum WGS84. La brigada deberá cargar previamente la coordenada al GPS, también es necesario 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 600m 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 5).

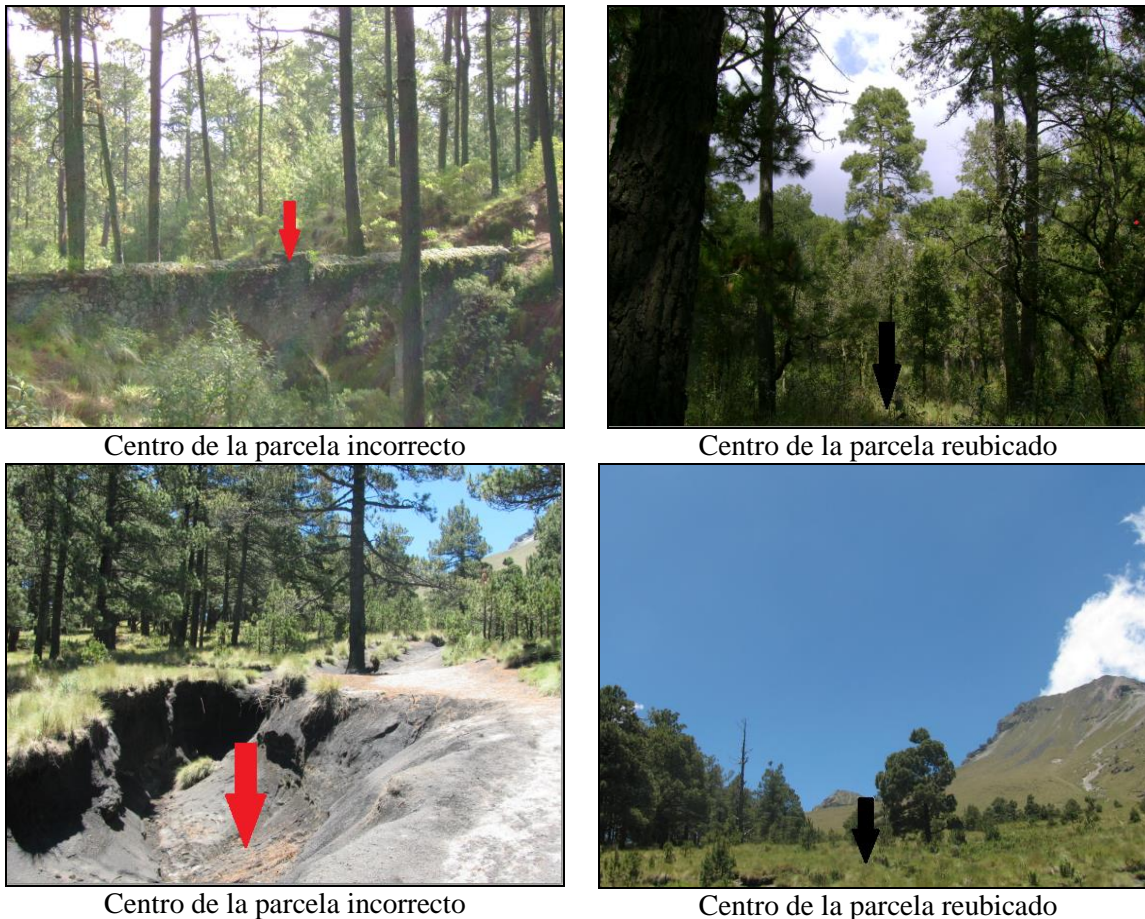


Figura 5. Ejemplo de la obstaculización en el marcado de las parcelas.

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 01 (Figura 6).



Figura 6. Fotografía de GPS en el punto central de la parcela (01)

Al mismo tiempo se coloca la varilla metálica de por lo menos 30cm de longitud por 2.5cm 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.

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 Apéndice 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 las cuerdas que delimitarán la parcela (Figura 7).



Figura 7. Direccionamiento de las cuerdas que delimitan la parcela desde el punto central

La distancia horizontal se ve afectada por la pendiente, por ello es necesario cada vez que se extiende un lazo es necesario hacer la compensación de pendiente descrita en el Apéndice 2 (Figura 8).



Figura 8. 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° , para ello se utilizará la brújula. Se extiende la segunda cuerda a 180° con respecto a la primera. La tercera y cuarta cuerdas se extienden a 90° de las cuerdas 1 y 2. Las siguientes cuatro cuerdas se extienden a 45° de las cuerdas 1 a 4 (Figura 9). Después se colocan las banderas que delimitan las parcelas y transectos.

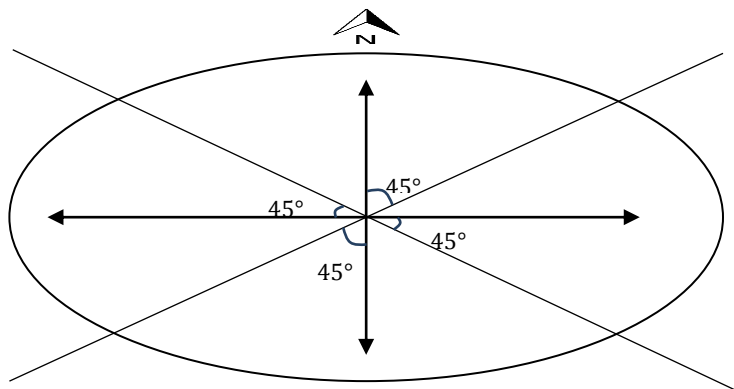


Figura 9. Colocación de las ocho cuerdas para la delimitación de la parcela

VARIABLES DE MEDICIÓN PARA ALMACENES DE CARBONO

La parcela Carbono+, incluirá otras unidades de muestreo y transectos como indica la Figura 10 con el objetivo de evaluar los almacenes de carbono descritos en la Introducción.

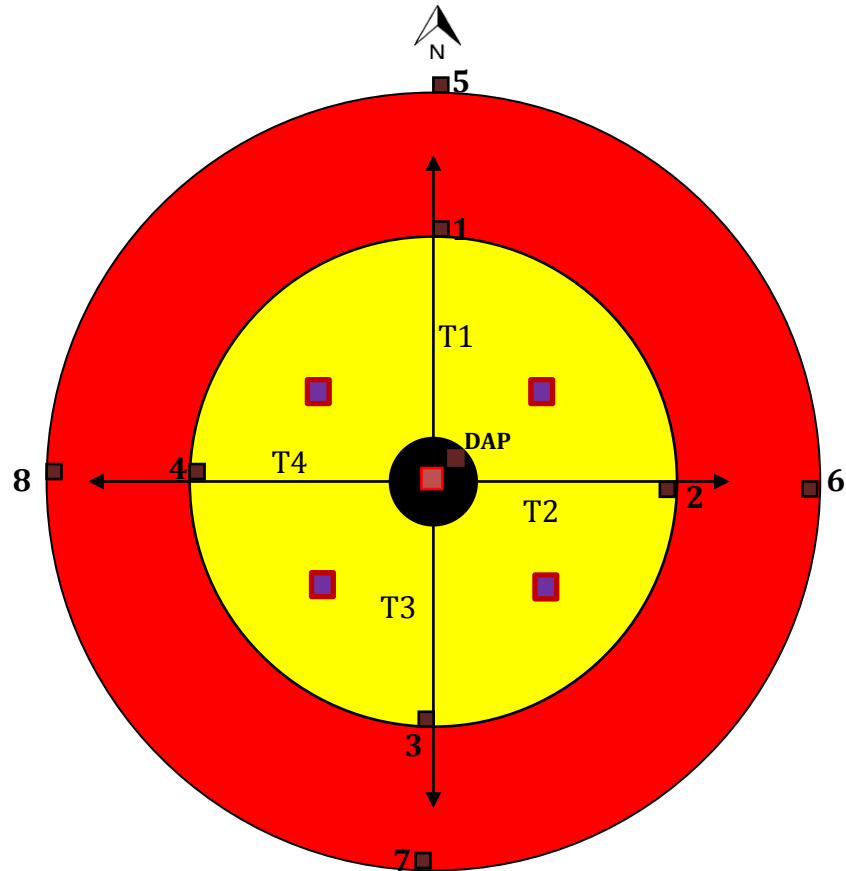
3. VARIABLES DE MEDICIÓN DE BIODIVERSIDAD DE PLANTAS VASCULARES

México cuenta con numerosos esfuerzos de clasificación de la vegetación, ya que debido a su complejidad climática, orográfica e hídrica, cuenta con casi todos los tipos de vegetación del planeta. 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 de plantas vasculares y casi 3,000 géneros estimados con distribución en el territorio nacional (Martínez-Meyer *et al.* 2014; Villaseñor y Ortiz, 2014).

4. SOFTWARE 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 “dinámicas” de la planta que pueden ser utilizadas para indicar cómo los individuos vegetales se adaptan a los cambios en el medio ambiente.



| | | | | |
|-----------|------------------------|--|--|--|
| Círculo | Color | | | |
| | Radio (m) | 17.85 | 11.28 | 2.00 |
| | Área (m ²) | 1000 | 400 | 12.56 |
| | Almacén de Carbono | Árboles con DN mayor a 20cm. Sólo en el área entre círculos. | Árboles con DN mayor a 7.5cm y arbustos. | Renuevos de árboles y arbustos con DN <7.5cm y altura >= 50cm. |
| Cuadro | Color | | | |
| | Largo m | 1 | 1 | 0.30 |
| | Área (m ²) | 1 | 1 | 0.09 |
| | Almacén de Carbono | Hierbas, helechos, musgos y líquenes | Herbáceas | Mantillo y suelo |
| Transecto | Símbolo | T1 | | |
| | Largo (m) | 15 | | |
| | Almacén de Carbono | Biomasa muerta sobre el suelo (combustibles) | | |

Figura 10. Unidades de muestreo de Carbono al interior de la parcela Carbono+

El método *VegClass* se basa en un conjunto mínimo de atributos funcionales de plantas¹ (PFEs, por sus siglas en inglés), que se pueden aplicar en cualquier tipo de vegetación terrestre. Tiene un enfoque simple, genérico, que implica un reconocimiento fácil de las características de vegetación, descriptores tales como fenología², 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).

Esta herramienta contiene variables morfológicas y atributos taxonómicos que pueden ser utilizados 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. La generalidad del método hace comparable la vegetación de dos o más localidades del mundo en una manera uniforme, ya que por ejemplo, los nombres de las especies difieren entre sitios, pero la respuesta de la vegetación al ambiente es similar.

VegClass proporciona un protocolo de fácil uso basado en los atributos que son de mayor utilidad para entender las adaptaciones de la vegetación ante un cambio en el medio ambiente. Con el objetivo de capturar la amplia gama de descriptores de vegetación y características de respuesta, el presente método incluye atributos de estructuras vegetales³, así como especies de plantas vasculares⁴ y tipos funcionales de plantas⁵ (PFTs por sus siglas en inglés).

El método de investigación que describe el presente manual combina las variables que se pueden medir a diferente escala, 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, como la forma de vida.

5. MÉTODOS

El registro de datos se explicará a continuación de conformidad con el orden en que aparecen en el formato de campo: Carbono+ Inventario de Biodiversidad (Apéndice 3).

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

² Estudio de la periodicidad de los fenómenos biológicos en las plantas, como la floración y fructificación.

³ 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.

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

⁵ 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).

FORMATO 1. Información de la parcela Carbono+ referencia, vegetación menor y combustibles

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 | | | | |

El análisis de transiciones entre vegetación conservada y secundaria requiere una descripción más precisa de la estructura de la vegetación. Por esta razón en las parcelas de FASE 2 y 3 se indicará el estrato dominante, que podrá ser arbóreo, arbustivo o herbáceo, de acuerdo con lo observado por el Especialista en Botánica de la brigada.

Si se evalúa una parcela con tres árboles de pino y pastizal con zonas aledañas de bosque de pino. En este caso se trata de Vegetación secundaria de Bosque de Pino con dominancia del estrato Herbáceo.

Durante el levantamiento de las FASE 1 y 2 estrato dominante se indicará encima de las casillas de tipo de vegetación del formato 1 con la palabra "arbóreo", "arbustivo" o "herbáceo" según corresponda

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|--------|--------------------|---|---------|---|---|------|---|---|---|---|
| | herbáceo | | | | | | | | | | | |
| Identificador Carbono+ | 0 | 7 | 0 | 7 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 1 | C |
| | ESTADO | REGIÓN | TIPO DE VEGETACIÓN | | PARCELA | | | TIPO | | | | |

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 general y altitud de la parcela Carbono+. En el caso de que se haya establecido una parcela en vegetación hidrófila de tipo ripario, se registra el ancho (m), largo (m) y azimut (0 a 360°) de la parcela.

Cuando la parcela no quepa en la zona de muestreo (i.e. un potrero angosto o parcela de cultivo [3a FASE]), se utilizará el tipo de muestreo para vegetación riparia, es decir, la parcela tendrá forma rectangular (100*10m) de acuerdo con el método que se describe en el Apéndice 5.

Posteriormente se registra la clave original y renombrada de la 1ª foto, correspondiente al GPS. Esta foto se renombra con los doce elementos del identificador y el sufijo 01. Por ejemplo 07071050021C01.

C. REGISTRO DE VEGETACIÓN MENOR Y COBERTURA DEL SUELO (CUADRO DE 1m²)

Esta evaluación debe efectuarse **antes de que la brigada pise el Cuadro de 1m²**

Se arma el cuadrado con los tubos de PVC. El Cuadro de 1m² se tira dejando en el centro la varilla y/o estaca de referencia del punto central. En este cuadro se registra la cobertura de vegetación menor y la cobertura del suelo.

Una vez establecido el Cuadro de 1m², se captura la 2^a fotografía con la cámara digital, a nadir elevando la cámara a 1.5m de altura, de tal manera que el cuadrado quede registrado, ver Figura 11.

Se registra el nombre original y el renombre que es por ejemplo **07071050021C02**, en el formato. Las imágenes que se obtengan serán procesadas posteriormente para obtener porcentajes de cobertura de la vegetación menor.

Posteriormente se registra la información sobre la cobertura en el Cuadro de 1m² por gramíneas, helechos, musgos, líquenes y hierbas.

Así mismo se describe la cobertura de los elementos que cubren la superficie del suelo en el Cuadro de 1m²: roca, suelo desnudo, gravas y piedras, hojarasca, vegetación menor y otros como basura o ramas caídas.

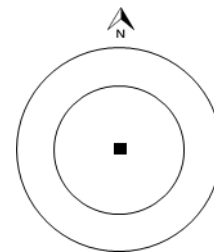


Figura 11. Fotografía que corresponde al Cuadro de 1m².

El Especialista en Botánica estimará los porcentajes de la vegetación menor.

D. TRANSECTOS DE COMBUSTIBLES

1. Medición de Combustibles

Este apartado lo realiza el Especialista mediciones de Carbono.

2. Registro de fotografías de estructura y composición de la parcela

Se deben tomar dos fotografías en los transectos de combustibles 1 y 3. La primera desde el Norte al punto central de la parcela y otra desde el sur al punto central; se recomienda alinear la cámara poniéndola a 20m del centro de la parcela de muestreo, y a 10m poner el señalizador de escala (Figura 12).

La fotografía 03 del Transecto 1 desde el Norte al centro de la parcela, se registra nombre original y el renombre que es por ejemplo 07071050021C03. La fotografía 04 del Transecto 3 desde el Sur al punto central, se registra nombre original y el renombre que es por ejemplo 07071050021C04.

La señal de escala consiste en un tubo de PVC de 1 a 2 pulgadas de diámetro con una altura de 1.5m, dicho tubo está marcado cada diez centímetros (10cm de color negro y 10cm en blanco), tiene sujeto en la parte superior del señalador una tabla de 40x40cm de color blanco con un triángulo equilátero de 30cm por lado, el grueso de la línea es de 3cm de ancho de color negro. La señal se sujeta al suelo con una varilla o estaca.

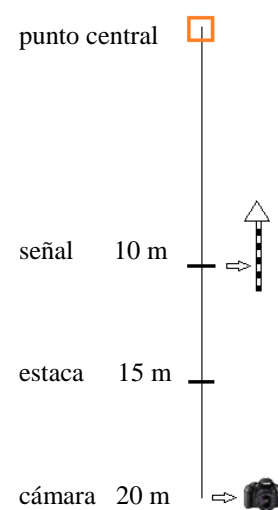


Figura 12. Fotografía de una parcela de registro de combustibles y a la derecha el diagrama con la ubicación de la señal y la cámara.

3. Registro de combustibles en el círculo de 400 m², excepto el área de transectos

Este apartado lo realiza el Especialista mediciones 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 bosques tropicales complejos mayores a 50 m de altura. El grado de error dependerá de la altura y 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 sujeto 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.

Porcentaje de la cobertura del dosel

La cobertura del dosel se estima por lo general como la cobertura de dosel proyectado 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.

Un problema con una sola estimación es que para fines ecológicos, una cobertura de dosel de 90% en una parcela de pastizal no equivale a un 90% de cobertura de árboles forestales. Por esta razón 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 cobertura de plantas leñosas y no leñosas.

Índice de furcación

La arquitectura primaria de las plantas leñosas puede evaluarse con el índice de furcación (IF) diseñado por Gillison (1988), que describe la distancia entre el ápice y la primera bifurcación del tallo principal de un árbol y se expresa como un porcentaje de la altura total de la planta. Este índice permite describir cómo la estructura principal del tronco está influenciada por el meristemo apical central (Figura 13).

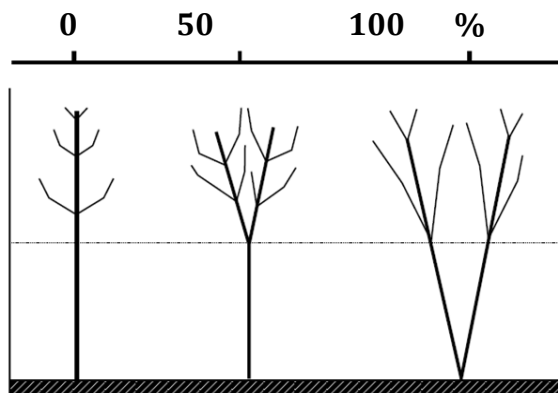


Figura 13. Índice de furcación (Gillison, 2006)

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 árbol de olivo (*Olea europaea*), una especie multicaulinar, podría tener un IF 100%.

Un inventario que incluye valores de IF puede proporcionar una medida de la historia del sitio de muestreo, resulta un indicador útil de la influencia del medio ambiente, sobre todo a nivel regional.

Cobertura-abundancia de plantas leñosas <2 m de altura

La incidencia de las plantas leñosas, por debajo del dosel o en dosel abierto, puede medirse con una escala de dominio de cobertura-abundancia (Cuadro 7). En la evaluación de cobertura-abundancia la estimación se efectúa de forma radial, al interior de la parcela Carbono +, al igual que las estimaciones de área basal, Índice de Furcación, etc.

Cuadro 7. La escala dominio de cobertura-abundancia es un sistema de escala 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, coberturas 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 necesita saber dibujar, sino que simplemente registra un boceto representativo 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 14).

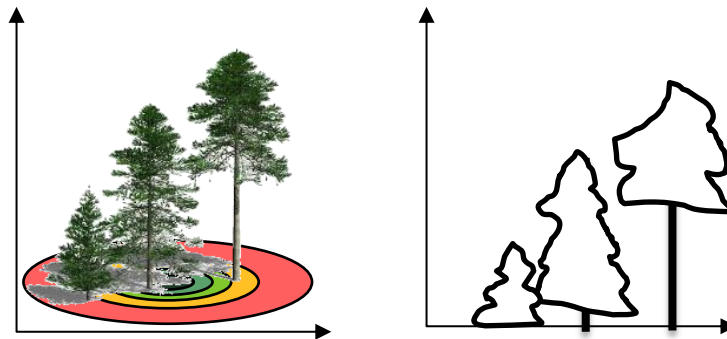


Figura 14. Boceto de perfil de la vegetación

El Especialista en Botánica avanzará de la parcela mayor (círculo rojo) a la menor (círculo negro) efectuando colectas, determinando Especies y Grupos Funcionales de las misma (Formato 8).

FORMATO 2. Registro de información de mantillo y suelo

Este formato lo realiza el Especialista en mediciones de Carbono.

FORMATO 3. Registro de información de herbáceas (1m²)

A. REGISTRO DE PESOS DE BIOMASA DE HERBACEAS

El levantamiento de las muestras del estrato herbáceo se efectúa en cada cuadrante delimitado por los transectos de combustibles. Al interior de la parcela de 400m² se coloca un cuadro de muestreo naranja de 1*1m en un lugar representativo del estrato herbáceo en cada cuadrante (NE, SE, SO y NO) (Figura 15).

Al interior del cuadro se cortarán a ras del suelo todas las plantas herbáceas y se separarán por especie, con la verificación del Especialista en Botánica. Posteriormente por especie se colocarán en una bolsa de plástico y se pesarán. Únicamente en el caso de que el peso fresco de una especie supere 500gr, se dividirá la muestra hasta que sea igual a 500gr.

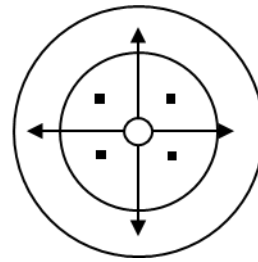


Figura 15. Ubicación de los cuadros para el muestro de herbáceas.

Las colectas de herbáceas deben de ser pesadas y etiquetadas en campo. En la etiqueta se escribe el identificador de la parcela y el sufijo -P, que hace referencia a la muestra de herbáceas. Se registra el peso en gramos (Figura 16).

El Especialista en Botánica indicará los nombres científicos de las herbáceas o en su caso el número de colecta.

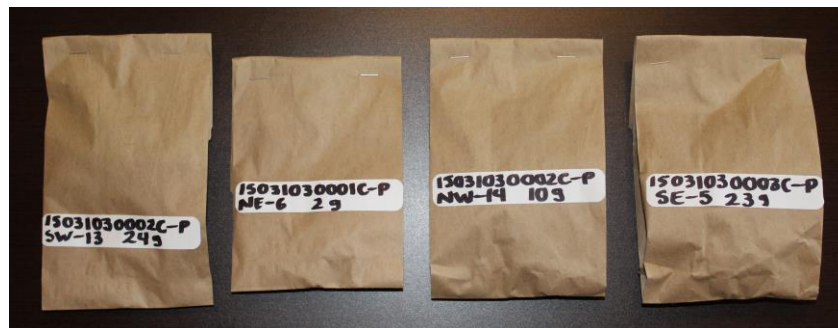


Figura 16. Etiquetado de las colectas de herbáceas.

FORMATO 4. Registro de repoblado/arbustos (círculo 12.56m²)

A. ARBOLES Y ARBUSTOS

El Especialista en Botánica indicara los nombres científicos de árboles y arbustos, o el número de colecta para que sea registrado por el Especialista de Carbono.

Al interior de la parcela circular de 12.56m² se registrará información de los árboles con un diámetro normal menor a 7.5cm y mayores a 50 cm de altura y los arbustos con alturas menores a 1m (Figura 17).

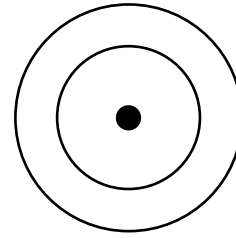


Figura 17. Registro de repoblado y arbustos al interior del círculo 12.56m²

Los datos por recabar son nombre científico, número de individuos por edad o categoría de altura (árboles y arbustos por separado) y daño. El daño se registra mediante una clave numérica de conformidad con el Cuadro 8. Estas claves se utilizan para todos los individuos con estructuras leñosas.

FORMATO 5. Datos de plantas leñosas (círculo de 400m²)

Se registrarán árboles y arbustos en el área ubicada entre el círculo de 12m² y el círculo de 400m² (Figura 18). El conteo de los individuos se realizará a partir del centro del sitio hacia afuera iniciando con orientación Norte y continuar a favor de las manecillas del reloj hasta cubrir los 360° del área.

A. ARBUSTOS CON ALTURA TOTAL \geq 1 m

Se registra el número de planta, nombre científico, nombre común, condición, el número de individuos de grupos de arbustos con altura \geq 1m y con frecuencia $>$ 30, el diámetro de copa (m) distinguiendo mayor y menor, la altura total (m) y el daño. Se describen dos casos para la medición de arbustos.

La condición se refiere a si el individuo vegetal está vivo (1) o muerto (2)

Cuadro 8. Tipos de daños en árboles y arbustos vivos o causa de muerte.

| Clave | Daño | Descripción |
|-------|---------------------|--|
| 1 | Ausencia de daño | El árbol o arbusto no presenta evidencia de daño físico o causado por plagas o enfermedades. |
| 2 | Daño humano directo | El individuo manifiesta heridas causadas por el hombre, tales como: “calas”, ocoteo y cinchado. Todos ellos con el fin de obtener un producto o eliminación del árbol o arbusto. |
| 3 | Plantas parásitas | La presencia de estas plantas es notoria por las deformaciones que causan en el tronco o por las coloraciones del follaje. Generalmente producidas por “matapalos” y muérdagos. No deberán confundirse con plantas epifitas. |
| 4 | Incendios | Presencia de carbonización en troncos y ramas o desecación y pérdida del follaje (chamuscado). |
| 5 | Insectos | Se manifiesta por escurrimientos de resina o látex en fustes y ramas; presencia de aserrín o caída de hojas o ramas defoliadas porque se las comen los insectos defoliadores. |
| 6 | Viento | Se observan árboles descopados o con ramas desgajadas, a consecuencia del embate del aire. El individuo puede estar doblado por acción de huracanes. |
| 7 | Enfermo | Se observan manchas causados principalmente por hongos. Los daños se presentan como deformaciones o protuberancias de los troncos, ramas o frutos. |
| 8 | Roedores | Daños en la corteza, conos o frutos, semillas y otras partes, causados por ardillas y ratones principalmente. |
| 9 | Pastoreo | Se observa ramoneo en hojas y ramas |
| 10 | Aprovechamientos | Registro de manejo, presencia alta de tocones y marcas de manejo (sello, pintura verde) |
| 11 | Rayos | El individuo esta partido hasta el suelo y queda registro de fuego sobre el mismo. |
| 12 | Otros | Evidencia de rasguños de mamíferos... |

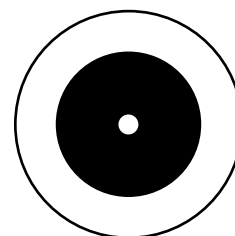


Figura 18. Registro de árboles y arbustos al interior del círculo de 400m²

Caso 1 para la medición de arbustos de baja frecuencia

Cuando **no** existen especies arbustivas $\geq 1m$ que superen los 30 individuos dentro de los límites de la parcela de muestreo. Se registra una por una cada planta leñosa (número consecutivo de planta, nombre científico, nombre común, condición, diámetro mayor y menor de la copa (m), altura total ($\geq 1m$) y daño. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Ejemplo de registro de arbustos en el Caso 1

| No. de planta | Nombre científico | Nombre común | Condición | Número de individuos | Diámetro de copa (m) | | Altura total (m) | Daño |
|---------------|-------------------------|-----------------|-----------|----------------------|----------------------|------------|------------------|----------|
| | | | | | Mayor | Menor | | |
| A | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |
| 1 | Acacia cornigera | Huizache | 1 | - | 3.0 | 1.1 | 1.5 | 1 |
| 2 | Acacia cornigera | Huizache | 1 | - | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1 |
| 3 | Acacia cornigera | Huizache | 1 | - | 1.7 | 0.9 | 1.2 | 1 |

El nombre común se registrará únicamente cuándo haya sido proporcionado por una persona de la localidad.

Caso 2 para la medición de arbustos con alta frecuencia

Cuando **sí** existen especies arbustivas $\geq 1m$ que superan los 30 individuos dentro de los límites de la parcela de muestreo. El registro se efectúa en las tres filas especiales con fondo gris (A, B, C) (Cuadro 10). Se registra una sola vez la especie, nombre científico, nombre común, condición, y el diámetro mayor y menor de la copa (m), altura total ($\geq 1m$) y daño de un individuo promedio.

Cuadro 10. Ejemplo de llenado del caso 2 en el formato 5

| No. de planta | Nombre científico | Nombre común | Condición | Número de individuos | Diámetro de copa (m) | | Altura total (m) | Daño |
|---------------|------------------------------------|---------------|-----------|----------------------|----------------------|------------|------------------|----------|
| | | | | | Mayor | Menor | | |
| A | <i>Mimosa aculeaticarpa</i> | Gatuño | 1 | 36 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1 |
| B | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

B. ÁRBOLES CON DN ≥ 7.5 cm

Se registrarán todos los árboles con diámetro normal mayor o igual a 7.5 cm. La información que se obtiene es número de árbol, nombre científico, nombre común, condición, diámetro normal, altura de los tocones (del suelo al corte), distancia del individuo al punto central de la parcela (m), azimut en grados de la ubicación del árbol con respecto al norte geográfico (T1).

El Especialista en Botánica indicará los nombres científicos de árboles y arbustos, o el número de

colecta para que sea registrado por el Especialista de Carbono.

FORMATO 6. Datos de plantas leñosas (círculo de 1000m²)

Se registrarán árboles en el área ubicada entre el círculo de 400m² y el círculo de 1000m² (Figura 19). El conteo de los individuos se realizará a partir del centro del sitio hacia afuera iniciando con orientación Norte y continuar a favor de las manecillas del reloj hasta cubrir los 360° del área.

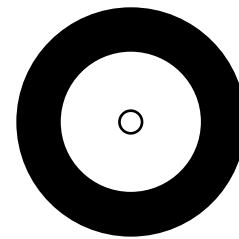


Figura 19. Registro de árboles ≥ 20 cm

A. ÁRBOLES CON DN ≥ 20 cm

Se registrarán todos los árboles con diámetro normal mayor o igual a 20cm. La información que se obtiene es número de árbol (consecutivo del Formato 5), nombre científico, nombre común, condición, diámetro normal, distancia del individuo al punto central de la parcela (m), azimut en grados de la ubicación del árbol con respecto al norte geográfico (T1) y daño.

El Especialista en Botánica indicará los nombres científicos de árboles o el número de colecta para que sea registrado por el Especialista de Carbono.

FORMATO 7. Muestras de madera para densidad y Dendrocronología (círculo de 400m²)

A. EXTRACCIÓN DE VIRUTAS CON EL TALADRO DE PRESSLER

Se extraerán tres virutas de madera con el uso del taladro de Pressler, de tres árboles de coníferas. Las muestras permitirán efectuar el conteo de anillos y estimar la densidad de madera en laboratorio.

Se identifican tres árboles vivos, sanos y que no tengan un daño visible, no pueden estar bifurcados por debajo de 1.30m. Los árboles pueden pertenecer a los géneros *Abies*, *Calocedrus*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Picea*, *Pinus*, *Podocarpus*, *Pseudotsuga*, *Taxodium* y *Taxus*.

Los árboles deben tener un diámetro normal mayor a 30cm y no menor a 20 cm. La toma de muestras se efectúa al 1.30m de la base del árbol de forma perpendicular a la pendiente (Figura 20).



Figura 20. Toma de muestra de madera para conteo de anillos de crecimiento

Se registra el número de la muestra, el número de árbol de conformidad con el Formato 5 o 6, grosor de corteza (cm), peso fresco de la muestra extraída (gr) y longitud de la muestra extraída (cm).

La muestra de madera se guarda en un popote de plástico sellado con cinta adhesiva, y se etiqueta con el identificador de la parcela, para su correcta trasportación en el tubo portavirutas.

FORMATO 8. Tipos funcionales de plantas y Especies

El Especialista en Botánica efectuará un recorrido de la parcela mayor (1000m²) a la parcela menor (12.56 m²). En el recorrido identificará todas las especies de plantas vasculares presentes y registrará sus nombres científicos.

Se incluirán árboles, arbustos y herbáceas. Se considerará excepcionalmente a los helechos, por tratarse de plantas vasculares y que pueden ser evaluadas con el presente método. No se incluyen las briófitas (musgos, hepáticas) ni plántulas.

Especies identificadas en campo

Las especies identificadas con el nombre científico completo (*Género + epíteto específico*) deben ser registradas y numeradas de manera consecutiva. Cada especie deberá contar con al menos una fotografía, cuyo nombre de archivo será registrado.

Sólo la primera vez que la registre la coleccionará y se le asignará un número consecutivo. Finalmente se indicará si se trata de una especie herbácea (h), si es exótica⁶ (e) y si fue encontrada con flor o fruto (f).

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 21 se presentan fotografías adecuadas para la identificación en gabinete. La serie de fotografías deberán indicarse en el formato 8 (por ejemplo 104 -110).

Las fotografías de una especie para su posterior identificación botánica deberán:

- utilizar un objeto graduado o una persona como referencia de escala
- contar con un fondo contrastante
-
- incluir varias tomas de las estructuras:
 - zona basal y apical de la planta
 - inflorescencia
 - vista lateral superior e inferior de la flor, de manera que puedan distinguirse los verticilos florales
 - vista lateral superior e inferior del fruto, para conocer la posición del ovario, apreciar restos de los verticilos florales, etc.
 - corteza (espinas, púas, lenticelas, etc)
- registrar la presencia de resinas, látex y aromas.

Colectas e identificación

Los ejemplares serán colectados y herborizados de acuerdo con las recomendaciones de Chiang y Lott (1986). Se coleccionarán los especímenes botánicos preferentemente maduros

⁶ El término “exótico” en este contexto no se refiere al origen biogeográfico de la especie, sino a su carácter silvestre/cultivado o escapado de cultivo, es decir, una planta bajo manejo que no forma parte de la vegetación original.

sexualmente, por lo tanto un ejemplar para registro deberá incluir flores y/o frutos: Las cactáceas no serán colectadas, únicamente se obtendrán fotografías.

Los ejemplares botánicos pueden ser colectados en una prensa botánica o en bolsas de plástico, pero de ser así, deberán ser herborizadas en la prensa lo antes posible. Las colectas serán etiquetadas con el identificador de la parcela y el número consecutivo del Formato 8.



Figura 21. Fotografías adecuadas para su posterior identificación (ejemplares de *Castilleja arvensis* y *Berberis moranensis*).

La determinación taxonómica de las plantas se realizará mediante claves taxonómicas, floras, listados florísticos y publicaciones especializadas en la vegetación de Chiapas. Se registrarán las características vegetativas distintivas 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 (Apéndice 4).

En muchos casos la especie puede no ser identificable en el campo o incluso en el herbario. En esas circunstancias se podrá asignar una morfoespecie⁷, que sea taxonómicamente distinguible, en la parcela Carbono+.

Tipos funcionales de plantas (PFT)

Los Tipos Funcionales de Plantas (PFT, por sus siglas en inglés) son combinaciones específicas de Elementos Funcionales de Plantas (PFEs, por sus siglas en inglés). Un conjunto mínimo de 35 PFEs (Cuadro 11) se utiliza para la construcción de los PFTs (Gillison, 2006) (Figura 22).

Existen dos resultados potencialmente útiles que surgen del uso discreto, desvinculado o “atomizado” de los atributos en sí (*e.g.* la clase de tamaño de hoja “mi”: micrófilo) y sus combinaciones (por ejemplo, microfilo, lateral, dorsiventral, fanerofito - mi-la-do-ph). En el primer caso el número de veces que un PFA ocurre en una parcela, aporta 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, *VegClass* tiene la capacidad de identificar información sobre la respuesta adaptativa en dos niveles de concordancia.

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

- Tamaño foliar
- Inclinación foliar
- Clorotipo foliar
- Morfotipo foliar
- Forma de vida
- Tipos de raz

El presente manual considera a una “hoja” es una “hoja funcional”(es decir, es un órgano, no necesariamente la hoja botánica, que tiene la capacidad de fotosíntetizar - tal como una corteza de color verde).

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

Cuadro 11. Atributos y Elementos Funcionales de Plantas.

| Atributo | Elemento | Descripción | |
|--------------------------------|---------------|--|----------------|
| Cubierta fotosintética | | | |
| 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) | |
| Morfotipo foliar | ac | Aclorófilo (Sin presencia de clorofila) | |
| | ro | Roseta | |
| | so | Sólido tridimensional | |
| | su | Suculento | |
| | pv | Nervadura paralela | |
| | fi | Filicoide (helecho) (Pteridofitas) | |
| Estructura vascular de soporte | ca | Carnívoro (ej. <i>Nepenthes</i>) | |
| | Forma de vida | ph | Fanerofita |
| | | ch | Caméfito |
| | | hc | Hemicriptófita |
| | | cr | Criptófita |
| th | | Terófita | |
| Tipo de raíz | li | Liana | |
| | ad | Adventicia | |
| | ae | Aérea (ej. neumatóforos) | |
| | ep | Epifítica | |
| | hy | Hidrofítica | |
| | pa | Parasítica | |

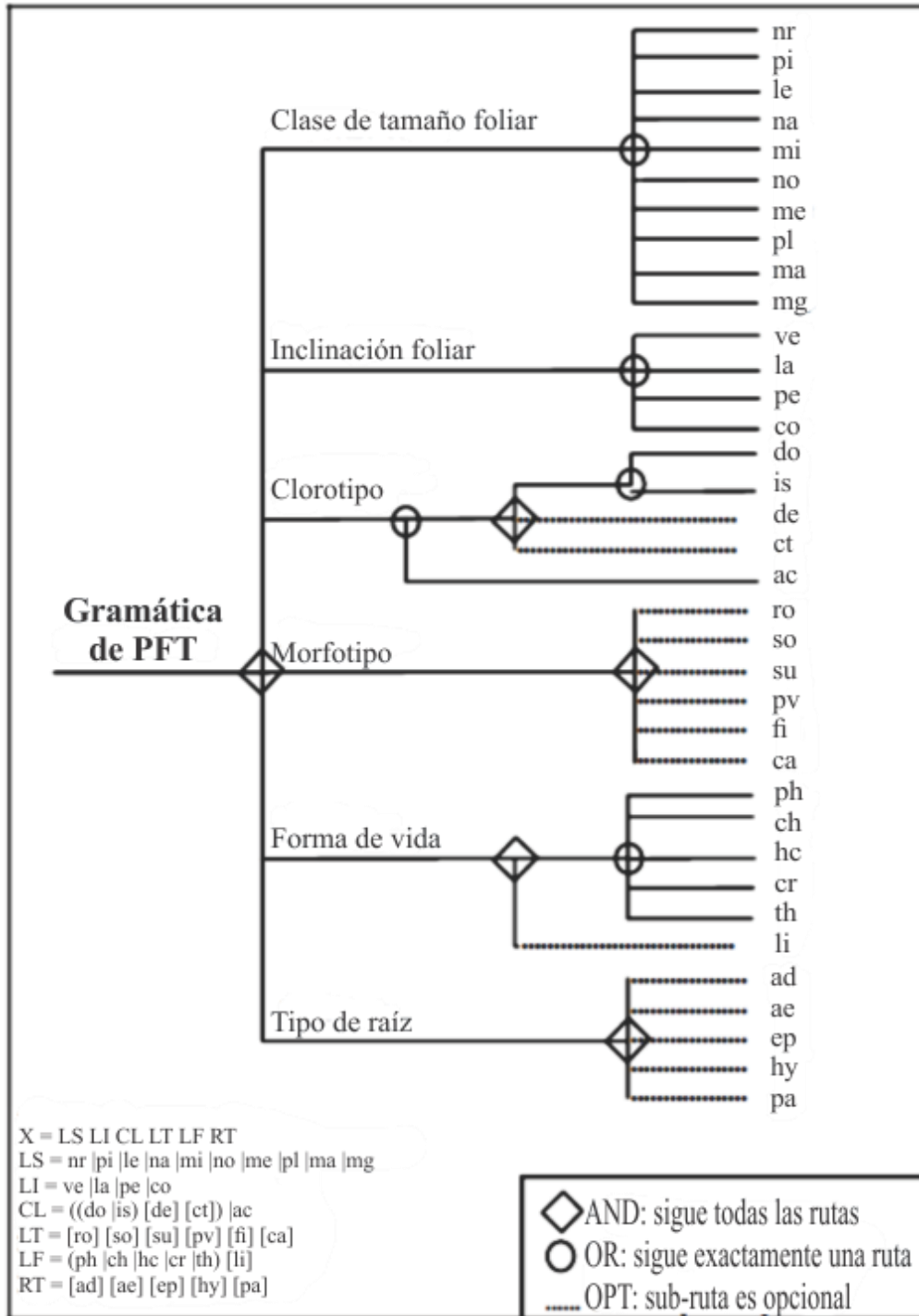


Figura 22. Gramática y ruta establecida para la compilación de los Tipos funcionales de plantas

Un árbol de bosque subtropical estacionalmente decíduo *Dipterocarpus tuberculatus* podría ser clasificado como macrófilo-dorsiventral-compuesto-decíduo-fanerofito con un PFT resultante ma-do-co-de-ph.

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 utilizadas en este proyecto 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).

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.

Solo es posible 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 fotosintéticamente activas y sensibles a la luz entrante. 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).

Las lianas poseen alta variación en las hojas, en bosques o selvas, donde el dosel es muy complejo o difícil de vislumbrar, 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.

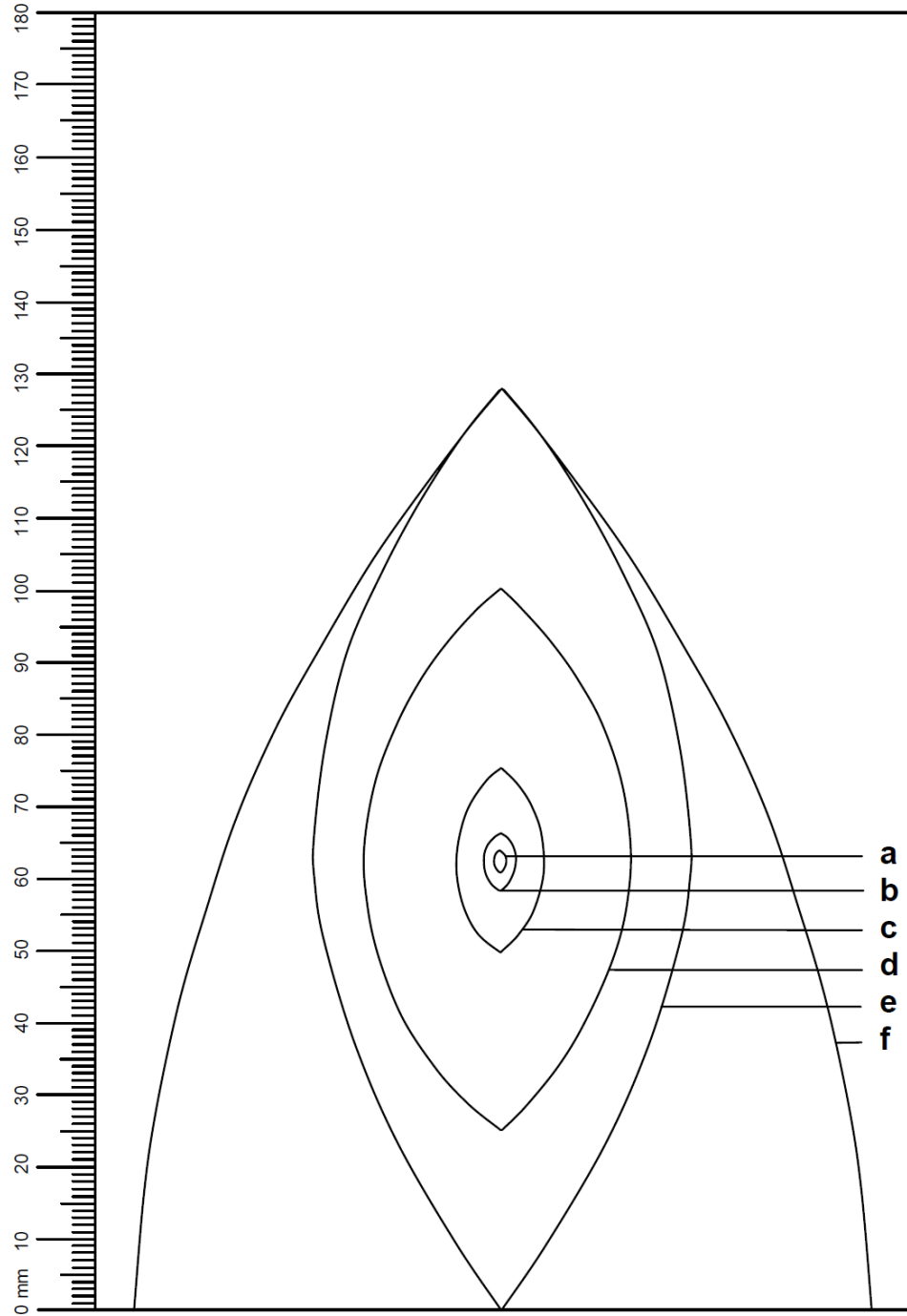
El tamaño de la hoja puede ser estimado comparando con la platilla de tamaño foliar para la tabla de campo (Figura 23). En las siguientes figuras se ejemplifican las clases de tamaño foliar picófila (Figura 24), leptófila (Figura 25), nanófila (Figura 26), micrófila (Figura 27), notófila (Figura 28), mesófila (Figura 29), platífila (Figura 30), macrófila (Figura 31) y megáfila (Figura 32).

Inclinación foliar

Esta medida indica si una hoja busca o evita la luz solar directa. 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 (helionastia⁸).

Solo es posible seleccionar una clase de inclinación foliar por planta.

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



| Símbolo | Clase de hoja | Gramática | Longitud en hoja lanceolada(mm) | Área aproximada (mm ²) |
|-----------------------|---------------|-----------|---------------------------------|------------------------------------|
| a | Picófila | pi | <2 | <2 |
| b | Leptófila | le | 2 - 8 | 2 - 25 |
| c | Nanófila | na | 8 - 25 | 25 - 225 |
| d | Micrófila | mi | 25 - 75 | 225 - 2025 |
| e | Notófila | no | 75 - 125 | 4500 - 18,200 |
| f | Mesófila | me | 125 - 250 | 2025 - 4500 |
| 2*f | Platífila | pl | 250 - 360 | 18,200 - 36,400 |
| de 2*f a 8*rectángulo | Macrófila | ma | 360 - 830 | 36,400 - 18 x 10 ⁴ |
| mayor a 8*rectángulo | Megáfila | mg | >830 | >18 x 10 ⁴ |

Figura 23. Clase de tamaño foliar para campo.



Selaginella sp. (Selaginellaceae)



Tamarix laxa (Tamaricaceae)

Figura 24. Clase de tamaño foliar picófila (pi) (< 2 mm²).



Saxifraga exarata (Saxifragaceae)



Erica cinérea (Ericaceae)

Figura 25. Clase de tamaño foliar leptófila (le) (2 – 25 mm²).



Alluaudia procera (Didiereaceae)



Dicranopteris linearis (Gleicheniaceae)

Figura 26. Clase de tamaño foliar nanófila (na) (25 – 225 mm²).



Sibthorpia repens (Plantaginaceae)



Bryonia cernua (Euphorbiaceae)

Figura 27. Clase de tamaño foliar micrófila (mi) 225 – 2025 mm².



Euphorbia cf. tirucalli (Euphorbiaceae)



Protea laurifolia (Proteaceae)

Figura 28. Clase de tamaño foliar notófila (no) 2025 – 4500 mm².



Dioscorea sp. (Dioscoreaceae)



Neoregelia sp. (Bromeliaceae)

Figura 29. Clase de tamaño foliar mesófila (me) 4500 – 18200 mm².



Opuntia sp. (Cactaceae)



Cecropia hololeuca (Cecropiaceae)

Figura 30. Clase de tamaño foliar platífila (pl) 18200 – 36400 mm².



Anthurium spp. (cult). (Araceae)



Gunnera mexicana (Gunneraceae)

Figura 31. Clase de tamaño foliar macrófila (ma) (36400 - 18 x 10⁴).



Xanthosoma sp. (Araceae)



Licuala ramsayi (Arecaceae)

Figura 32. Clase de tamaño foliar megáfila (mg) > 18 x 104 mm.

Hay cuatro clases de inclinación foliar: vertical (ve), lateral (la), pendular (pe) y compuesta (co). La variación en la inclinación foliar de una planta puede ser confusa, se recomienda al Especialista en Botánica seleccionar la clase de inclinación foliar sobre la base de la primera impresión (Figura 33).

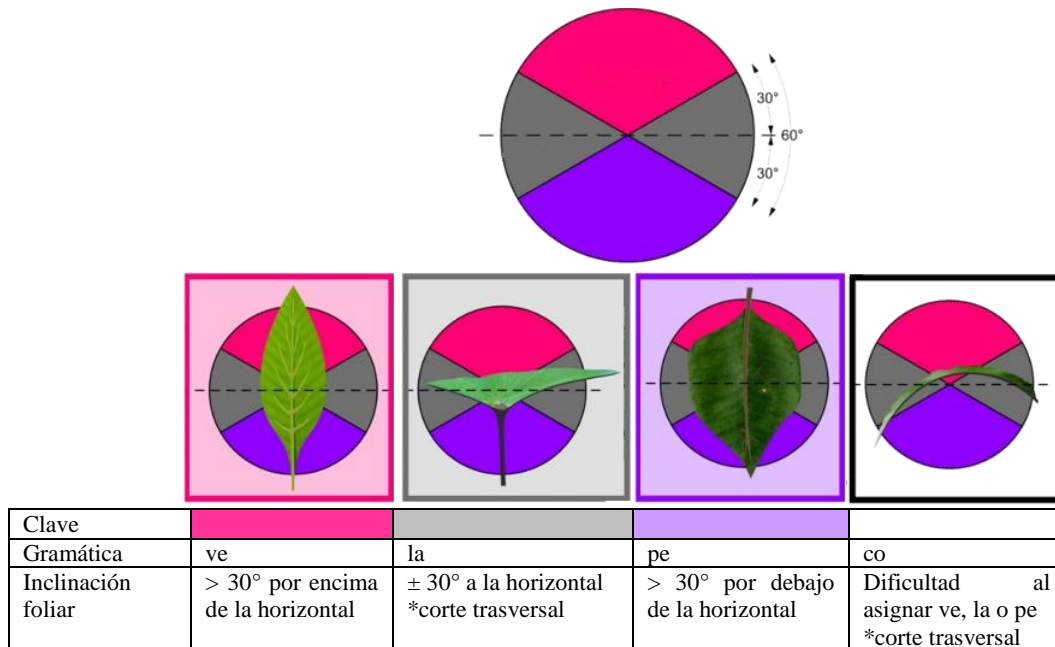


Figura 33. Diagrama conceptual de las clases de inclinación foliar

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 34).

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 $>30^\circ$ ya que las hojas de la sombra baja comúnmente tienen una inclinación lateral.



Rhizophora apiculata (Rhizophoraceae)



Cornus suecica (Cornaceae)

Figura 34. Ejemplos de inclinación foliar vertical (ve)

Lateral (la)

La inclinación de la hoja lateral es más o menos $>30^\circ$ tomando en cuenta los ángulos del limbo de la hoja en cualquier lado de la costilla media (Figura 35).



Baccharis conferta (Asteraceae)

Figura 35. Ejemplo de inclinación foliar lateral (la)

Pendular (pe)

La inclinación de la hoja pendular 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 36).

Compuesta (co)

Cuando existe una variación clara 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 37).



Eucalyptus populnea (Myrtaceae)

Figura 36. Ejemplo de inclinación foliar pendular (pe)



Persoonia falcata (Proteaceae)



Pandanus sp. (Pandanaceae)

Figura 37. 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 38).

El clorotipo foliar no es excluyente, pueden registrarse hasta tres clorotipos.

Dorsoventral (do)

La clorofila se distribuye 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 (Figura 39).

Isobilateral o isocéntrico (is)

La distribución de clorofila es homogénea 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 40).

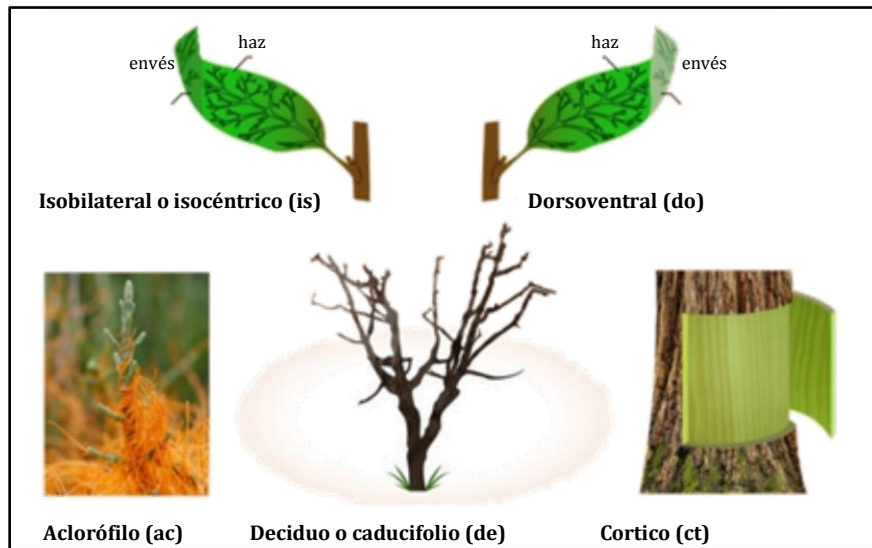


Figura 38. Clases de clorotipo foliar



Dillenia sp. (Dilleniaceae)



Picea orientalis Pinaceae

Figura 39. Ejemplos de clorotipo foliar dorsoventral (do).



Echinocactus grusonii (Cactaceae)



Casuarina equisetifolia (Casuarinaceae)

Figura 40. Ejemplos de clorotipo foliar isobilateral o isocéntrico (is).

Deciduo o caducifolio (de)

Las plantas que pierden completamente o casi completamente sus hojas durante una o más veces en un año (familias Fagaceae, Betulaceae, Aceraceae, Burseraceae, etc.). El conocimiento local puede ser útil para determinar si un individuo presenta hojas completas en el momento del estudio y es caducifolio (Figura 41).



Quercus sp. (Fagaceae)



Bursera simaruba (Burseraceae)

Figura 41. 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 (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 de forma completa o discontinua (*i.e.* familias Bombacaceae, Malvaceae o Sterculiaceae). La parte más alta de los árboles y las ramas son ignoradas en la estimación de esta variable. Esta variable es registrada exclusivamente para las plantas >2m de altura (Figura 42).



Euphorbia candelabrum
(Euphorbiaceae)



Nothofagus pumilio (Fagaceae)

Figura 42. 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 plantas y animales. Se les identifica por sus tallos finos con hojas minúsculas. Debido a que estas plantas carecen 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 parásitas como la *Cuscuta* puede poseer de manera parcial clorofila, sus tonalidades van del amarillo al rojo (Figura 43).



Cuscuta tinctoria (Convolvulaceae)

Figura 43. Ejemplo de clorotipo foliar aclorófilo (ac)

Morfotipo foliar

El morfotipo foliar incluye una mezcla de atributos que describen características de fijación e inserción de las hojas y otros caracteres morfológicos especializados (Figura 44).

Las clases de morfotipo foliar no son excluyentes.

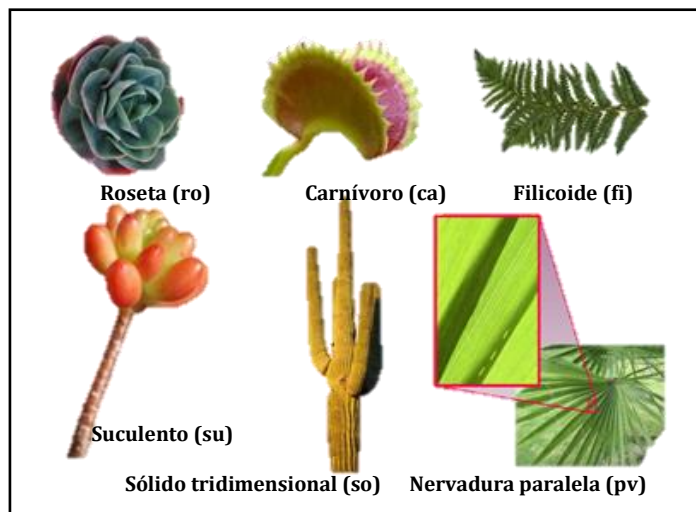


Figura 44. Diagrama conceptual de las clases de morfotipo foliar

Roseta (ro)

Las 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 roseta son el *Agave*, *Cyathea*, muchas palmeras y herbáceas criptofitas (Figura 45).



Eryngium monocephalum (Apiaceae)



Echeveria secunda (Crassulaceae)

Figura 45. Ejemplos de morfotipo foliar roseta (ro)

Sólido tridimensional (so)

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 sahuaro *Carnegiea gigantea*) (Figura 46).



Euphorbia tirucalli (Euphorbiaceae)



Carnegiea gigantea (Cactaceae)

Figura 46. 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 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 representativas son: Araceae, Cactaceae, Agavaceae, Crassulaceae y Euphorbiaceae (Figura 47).



Agave angustifolia (Agavaceae)



Echeveria gibbiflora (Crassulaceae)

Figura 47. 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 graminoideas (tipo pasto). 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. (Figura 48).



Festuca (Poaceae)



Muhlenbergia macroura (Poaceae)

Figura 48. Ejemplos de morfotipo foliar nervadura paralela (pv)

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

Filicoide (fi)

Este término se utiliza para describir el tipo de hoja característica en la familia de los helechos o pteridofitas (Figura 49). 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)



Polypodium sp. (Polypodiaceae)

Figura 49. Ejemplos de morfotipo foliar filicoide (fi)

Carnívoro (ca)

Algunas plantas han desarrollado una manera de capturar y digerir pequeños animales (sobre todo insectos) como adaptación a ambientes extremos, para suplir la deficiencia de nutrientes. Esta característica muestra una notable evolución de las estructuras foliares que se encuentran en géneros como: *Darlingia*, *Drosera*, *Sarracenia* y *Nepenthes* (Figura 50).

En ciertos casos, la aparición de la hoja llamada 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.

Es por esta razón, el Especialista en Botánica debe asegurarse de que la hoja especializada se ve realmente cuando se registra esta característica.



Sarracenia alata (Sarraceniaceae)



Nepenthes alata (Nepenthaceae)

Figura 50. Ejemplos de morfotipo foliar carnívoro (ca)

Forma de vida

La "forma de vida" hace referencia al aspecto funcional de una planta y no se debe confundirse con "forma de crecimiento" que se refiere al diseño, figura y construcción de los individuos a lo largo de su vida, como "erectas", "rastreras", "trepadoras", etc.

La clasificación de forma de vida 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 luego de la época desfavorable. Por lo tanto una forma de vida se identifica con base en 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 variación en plantas tropicales (así como templadas) (Figura 51).



| Clave | Forma de vida | Gramática | Descripción |
|-------|-----------------|-----------|--|
| | Fanerófita | (ph) | Árboles y arbustos cuyas yemas de renovación se elevan sobre el suelo \pm 25 cm |
| | Caméfitas | (ch) | Plantas leñosas o herbáceas cuyas yemas de renovación se localizan en vástagos por encima del suelo hasta los 50cm |
| | Hemicriptófitas | (hc) | Plantas cuyas yemas de renovación 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 renovación se localizan a cierta profundidad del suelo (geófitas) o en el agua (hidrófitas) |


 Yemas de renovación

Figura 51. Clases de forma de vida

Fanerófita (ph)

Plantas leñosas (árboles y arbustos) cuyas yemas de renuevo se encuentran 25 cm sobre el suelo. La mayoría plantas son perennes mayores a 2m de altura (Figura 52).



Pinus oocarpa (Pinaceae)

Figura 52. 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 53). 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 53. Ejemplos de la forma de vida caméfitas (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 54). 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 caméfito y hemicriptófito, se da preferencia a la hemicriptófito donde el individuo es graminoide (tipo pasto) o no leñoso.



Lobelia irazuensis (Campanulaceae)



Eryngium carnifera (Asteraceae)

Figura 54. Ejemplos de la forma de vida hemicriptófitas (hc)

Criptófito (cr)

Plantas con órganos vegetativos subterráneos (Figura 55). 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 55. 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 semillas que germinarán cuando pase la época desfavorable, el siguiente año generalmente (Figura 56). 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 lusitanica*, etc.



Campanula lusitánica (Campanulaceae)



Erigeron sumatrensis

Figura 56. Ejemplos de la forma de vida terófito (th)

Lianoide (li)

Es una forma de vida voluble, debido a que las especies de plantas tropicales pueden ocurrir en gran variedad de formas, algunas como lianas y otras como 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 57). Algunas especies tropicales caméfitas como *Mussaenda scratchleyi* presentes en la sabana se expresan en forma leñosa de tallos múltiples, pero adquieren cualidades de liana si el bosque las invade cubriéndolas.



Liana leñosa



Canavalia marítima (Fabaceae)

Figura 57. Ejemplos de la forma de vida lianoide (li)

Tipos de raíces de crecimiento aéreo o superficiales

Son consideradas las 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 caméfito 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 se originan a partir 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 58).



Cecropia sp. (Cecropiaceae)



Rhizophora mangle (Rhizophoraceae)

Figura 58. 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 59). Otros ejemplos, también en condiciones pantanosas son la *Sonneratia alba* y la *Terminalia brassil* (agua salina y fresca, respectivamente).



Avicennia marina (Acanthaceae)

Figura 59. Ejemplo de raíces superficiales aéreas (ae)

Epifíticas (ep)

Las plantas sustentadas en otras plantas tienen sistemas de raíces epifíticas. Típicamente 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 60).

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 (Arecaceae)



Myrmecodia tuberosa (Rubiaceae)

Figura 60. Ejemplos de raíces superficiales epifíticas (ep)

Hidrofíticas (hy)

Vegclass utiliza una categoría para explicar los tipos funcionales que ocurren en ambientes acuáticos (Figura 61). 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 61. Ejemplos de raíces superficiales hidrofíticas (hy)

Parasíticas (pa)

Ciertas plantas pueden presentar sistemas de raíces parasíticas en superficie cuando regularmente son sustentadas en partes aéreas del huésped, en cuyo caso también califican como epifitas. Ejemplos de ellas son las lorantáceas y viscáceas y algunas veces las Cuscutáceas (*Cuscuta* sp.) y las Lauráceas (*Cassytha* sp.) (Figura 62).

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 62. Ejemplos de raíces superficiales parasíticas (pa)

FORMATO 9. Fotografías para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+

Se capturarán las fotografías digitales para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+. Este formato se describe en el Inventario de Carbono.

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

Conclusión de la parcela cuantitativa

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 (49)

Se inicia la réplica Semicuantitativa.

Entrega de inventario de biodiversidad

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. Se generará una carpeta nombrada con el número de la región, seguida de un guion bajo, seguido de BIODIVERSIDAD.

Los archivos fotográficos serán renombrados con el siguiente formato: el nombre original del archivo, seguido de la familia en mayúsculas y luego el género y la especie. Si no se conoce familia ni género, entonces se agrega la frase SIN IDENTIFICAR y el morfotipo correspondiente.

Ejemplos:

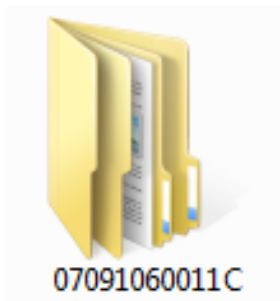
IMG_0001 CUPRESSACEAE Cupressus lusitanica

IMG_0002 PINACEAE Pinus hartwegii

IMG_0003 ERICACEA Arbutus tessellata

IMG_0034 SIN IDENTIFICAR herbácea delicada flores azules

Todas las fotos de cada parcela deben ir en una carpeta cuyo nombre será el Identificador de la parcela.



Se entregaran también las colectas para herbario referidas en los formatos y ejemplares no identificados, con sus respectivas fotografías y etiquetas. Estos ejemplares serán identificados en gabinete por el botánico en jefe. Deberán ser ejemplares con flores o frutos. En casos excepcionales (Cactaceae, Agavaceae, Quercus) pueden registrarse sin estructuras reproductivas.

El paquete de plantas para entrega debe llevar nombre del botánico, región, brigada y fecha de entrega. Las colectas deben estar separadas por parcelas, correctamente herborizadas con su etiqueta llena a lápiz con letra de molde (Apéndice 4).

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

6. LITERATURA CITADA

- Aguaron, E. y E.G. McPherson. 2012. Comparison of methods of estimating carbon dioxide storage by Sacramento's Urban Forest. In: Carbon sequestration in urban ecosystems. Editores Rattan Lal y Bruce Agustin. Springer. USA. 43-69 pp.
- Andreu M. G., M.H. Friedman y R.J. Northrop. 2009. Environmental Services Provided by Tampa's Urban Forest. University of Florida. Florida, U.S.A. 1-5.
- Brown, S. 1974. Handbook for inventoring downed woody material. USDA Forest Service. General technical report, U.S., pp.1-24.
- Brown, S. 2010. Bosques y cambio climático y la función de los bosques como sumideros de carbono. Disponible en: http://www.chacaltaya.edu.bo/index.php?option=com_content&view=article&id=86:bosques-y-cambio-climatico-y-la-funcion-de-los-bosques-como-sumideros-de-carbono&catid=49:articulos-cc&Itemid=67 [Acceso: Julio 2012].
- 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.
- 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.
- 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. y G. Carpenter 1997. A generic plant functional attribute set and grammar for dynamic vegetation description and analysis. *Functional Ecology* 11: 775-783.
- 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. 2006. A field manual for rapid vegetation classification and survey for general purposes. Center for International Forestry Research. Jakarta, Indonesia.
- 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.
- Houghton, R. A. 2003. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus* 55B: 378-390.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS). Organización Meteorológica Mundial. Génova, Suiza. 633 p.

- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (Eds). Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Hayama, Japan.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Resumen para Responsables de Políticas. En: Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 116 p.
- Jaramillo, V.J. 2004. El ciclo global del carbono. In: Cambio climático: una visión desde México. Compiladores Julia Martínez y Adrián Fernández. SEMARNAT-INE. México. 77-86 pp.
- Martens, M. y H. Galeotti. 1842. Mémoire sur les fougères du Mexique et considerations sur la géographie de cette contrée. (Mém. Acad. Sci. Bruxelles 15:1-99).
- Martínez-Meyer E., J. E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 1-9.
- McPherson, G. 1998. Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. Journal of Arboriculture 24(4):215-223.
- Mijangos, A.I. 2015. Estimación del contenido y captura de carbono en la biomasa arbórea del Bosque de San Juan de Aragón, Distrito Federal. Tesis Profesional. Universidad nacional Autónoma de México. México. 77 p.
- Miranda F.G. y Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 29-179.
- Pardos, J.A. 2010. Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. INIA Madrid. 253 p.
- Raunkiaer, C. 1934. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. Clarendon Press, Oxford.
- Rojo, M.G.E.; J.J. Mata y M.A. Velásquez. 2003. Las masas forestales como sumideros de CO₂ ante un cambio climático global. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente 9(001):57-67.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- Stoffberg, G.H.; van Rooyen, M.W.; van der Linde, M.J. y Groeneveld, H.T. 2010. Carbon sequestration estimates of indigenous street trees in the City of Tshwane, South Africa. Urban forest and urban greening. Elsevier 9: 9-14.
- Trejo, I. y J. Hernández. 2005. Vegetación y uso del suelo. Informe técnico del proyecto Diagnóstico funcional del territorio nacional. SEDESOL- Instituto de Geografía, UNAM. Pp. 100-109.
- Villaseñor J.L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 134-142.
- 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 33:125-59.

7. APÉNDICE 1. COMPENSACIÓN DE ÁNGULO POR DECLINACIÓN MAGNÉTICA

Las brújulas no señalan el polo norte geográfico sino al polo norte magnético, definido como el lugar donde el campo magnético es perpendicular a la superficie, por lo que en latitudes altas la orientación es imprecisa. Por lo anterior, es necesario hacer una compensación por declinación magnética mediante la ayuda de un GPS.

Al ubicarse en el centro de la parcela Carbono+, se registra la lectura de la coordenada en el GPS y posteriormente se gira al norte magnético mediante la ayuda de la brújula manual (Figura A.1).

El GPS debe tener un tiempo de estabilidad mínimo de 3 minutos y si en este periodo de tiempo no es estable por mala señal (PDOP mayor de 4) debida a cobertura densa o topografía accidentada, anotar en observaciones que se empleará como referencia única el norte magnético.

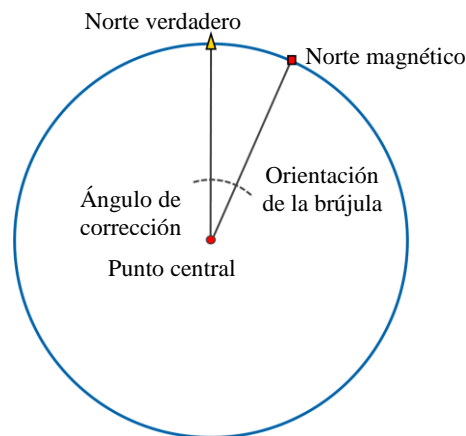


Figura A.1. Cálculo del ángulo de corrección entre los nortes magnético y verdadero.

Al trasladarse el punto en donde la coordenada X del GPS tiene una diferencia de 1 metro o menos respecto a la coordenada del centro de la parcela. Se registra la distancia (en metros) entre el punto norte verdadero y el punto norte magnético y se registra el número de grados de desviación que la brújula tuvo respecto a la medición con el GPS.

Este valor en grados es la referencia de corrección para la orientación del resto de los transectos. Por ejemplo, si el ángulo de corrección es de 8 grados, al apuntar con la brújula al Este en lugar de ser a los 90 grados será a los 82 grados.

8. APÉNDICE 2. COMPENSACIÓN DE DISTANCIAS POR PENDIENTES EN EL TRAZO DE LA PARCELA CARBONO+

Las parcelas Carbono+ ubicadas en terrenos con pendientes superiores al 10% se compensarán las distancias en el trazo de los sitios secundarios, así como en el trazo del radio de los círculos de 400m² y 1000m².

Se promediará la pendiente en cada punto cardinal y se compensará la distancia de conformidad con el Cuadro A2.

Cuadro A2. Distancias de compensación para diferentes grados de pendiente

| % Pendiente | Grados de pendiente | Coseno | Distancia horizontal del radio en los círculos de 400m ² | Distancia del compensada | Distancia horizontal del radio en sitios circulares de 1000m ² | Distancia compensada |
|-------------|---------------------|--------|---|--------------------------|---|----------------------|
| 10 | 5.72 | 0.9950 | 11.28 | 11.34 | 17.84 | 17.93 |
| 20 | 11.32 | 0.9805 | 11.28 | 11.50 | 17.84 | 18.19 |
| 30 | 16.7 | 0.9578 | 11.28 | 11.78 | 17.84 | 18.63 |
| 40 | 21.8 | 0.9285 | 11.28 | 12.15 | 17.84 | 19.21 |
| 50 | 26.57 | 0.8944 | 11.28 | 12.61 | 17.84 | 19.95 |
| 60 | 30.96 | 0.8575 | 11.28 | 13.15 | 17.84 | 20.80 |
| 70 | 34.99 | 0.8192 | 11.28 | 13.77 | 17.84 | 21.78 |
| 80 | 38.67 | 0.7807 | 11.28 | 14.45 | 17.84 | 22.85 |
| 90 | 41.99 | 0.7433 | 11.28 | 15.18 | 17.84 | 24.00 |
| 100 | 45.00 | 0.7071 | 11.28 | 15.95 | 17.84 | 25.23 |

Se utilizan cuerdas compensadas, con marcas visibles (nudos de plástico de color diferente) que identifican la longitud de la distancia inclinada requerida, para cada 10% de pendiente.

9. APÉNDICE 3. FORMATOS DE CAMPO

INVENTARIO DE BIODIVERSIDAD

FORMATO 1. Información de la parcela Carbono+ referencia, vegetación menor y combustibles



| |
|------|
| |
| FASE |

A. INFORMACIÓN DE LA PARCELA CARBONO+

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------------------|--|---------|------|--|--|--|--|--|
| Identificador Carbono+ | | | | | | | | | | | |
| | ESTADO | REGION | TIPO DE VEGETACIÓN | | PARCELA | TIPO | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|--------------------------|--|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|
| Brigada | | | | | | | | | | | | |
| | BRIGADA | ESPECIALISTA EN BOTANICA | | | | | | AUXILIAR | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|--|----------------|--|---|----------|--|--|--|--|
| Fecha | | | | | | | | | | | | |
| | DIA | MES | AÑO | | Hora de inicio | | : | 24 HORAS | | | | |

B. REFERENCIA DE UBICACIÓN DEL CENTRO DE LA PARCELA

1.1. Coordenadas GPS del punto central

| | | | | |
|-------------------------|----------------|------------------------|------|-------|
| UTM (Norte) | Latitud | Longitud | PDOP | DATUM |
| | | | | WGS84 |
| COORDENADA EN Y (NORTE) | | COORDENADA EN X (ESTE) | | |
| Pendiente general % | Altitud (msnm) | Localidad próxima | | |
| | | | | |

1.2. Dimensiones y Azimut de la parcela en los casos de vegetación hidrófila de tipo ripario

| | | |
|-----------|-----------|-------------------|
| Ancho (m) | Largo (m) | Azimut (0 a 360°) |
| | | |

C. REGISTRO DE VEGETACIÓN MENOR Y COBERTURA DEL SUELO (CUADRO DE 1m²)

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 promedio del dosel (m) | |
|-------------------------------|--|

| |
|---|
| Indice de furcación (FI) 20 tallos más cercanos al dosel |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

| | | |
|----------------------|--------------------|--|
| Cobertura de dosel % | Total | |
| | Plantas leñosas | |
| | Plantas no leñosas | |

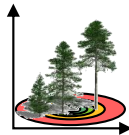
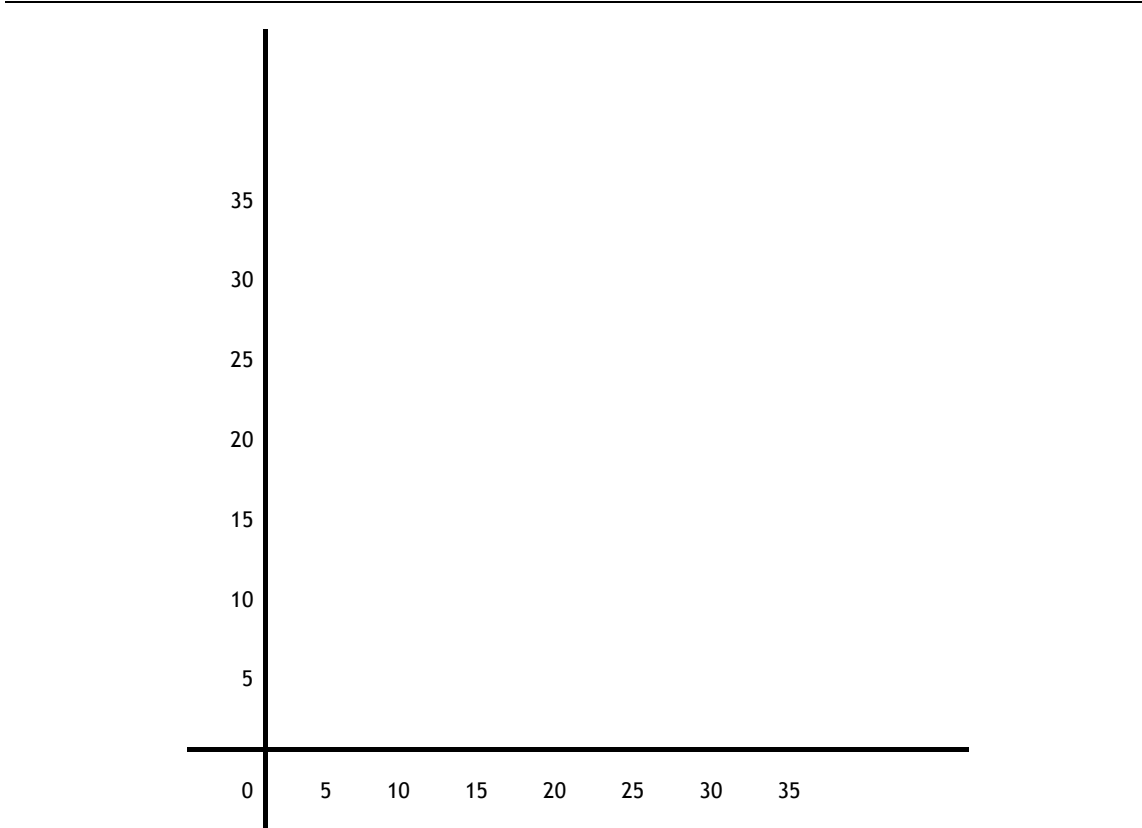
| | |
|--------------------------|--|
| Cobertura/ Abundancia | |
|--------------------------|--|

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

| | |
|-----------------------------------|---|
| Altura del dosel | m |
| Distancia del observador al árbol | m |
| Ángulo a la base | ° |
| Ángulo a la rama más alta | ° |

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

Especialista de Carbono

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Carbono+ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

FORMATO 7. Muestras de madera para densidad y Dendrocronología (círculo de 400m²)

A. INFORMACIÓN SOBRE DENSIDAD DE MADERA Y CONTEO DE ANILLOS EN PLANTAS DE CONÍFERAS

| No. de muestra | No. de árbol | Nombre científico | Nombre común | Colecta | No. Formato 8 |
|----------------|--------------|-------------------|--------------|---------|---------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | |
|---|-------------------------|
| FORMATO 9. Fotografías para medir cobertura vegetal total de la parcela Carbono+ | Especialista en Carbono |
|---|-------------------------|

Fecha

| | | | | | | | |
|-----|--|-----|--|-----|--|--|--|
| | | | | | | | |
| DIA | | MES | | AÑO | | | |

 Hora de termino


| | | | | |
|----------|--|---|--|--|
| | | : | | |
| 24 HORAS | | | | |

INICIO REPLICA SEMICUANTITATIVA

Es conveniente que se revise y cuente:

- el material de campo
- las muestras colectadas
- las fotografías capturadas (49)

10. APÉNDICE 4. FORMATO DE ETIQUETA PARA EJEMPLARES BOTÁNICOS

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