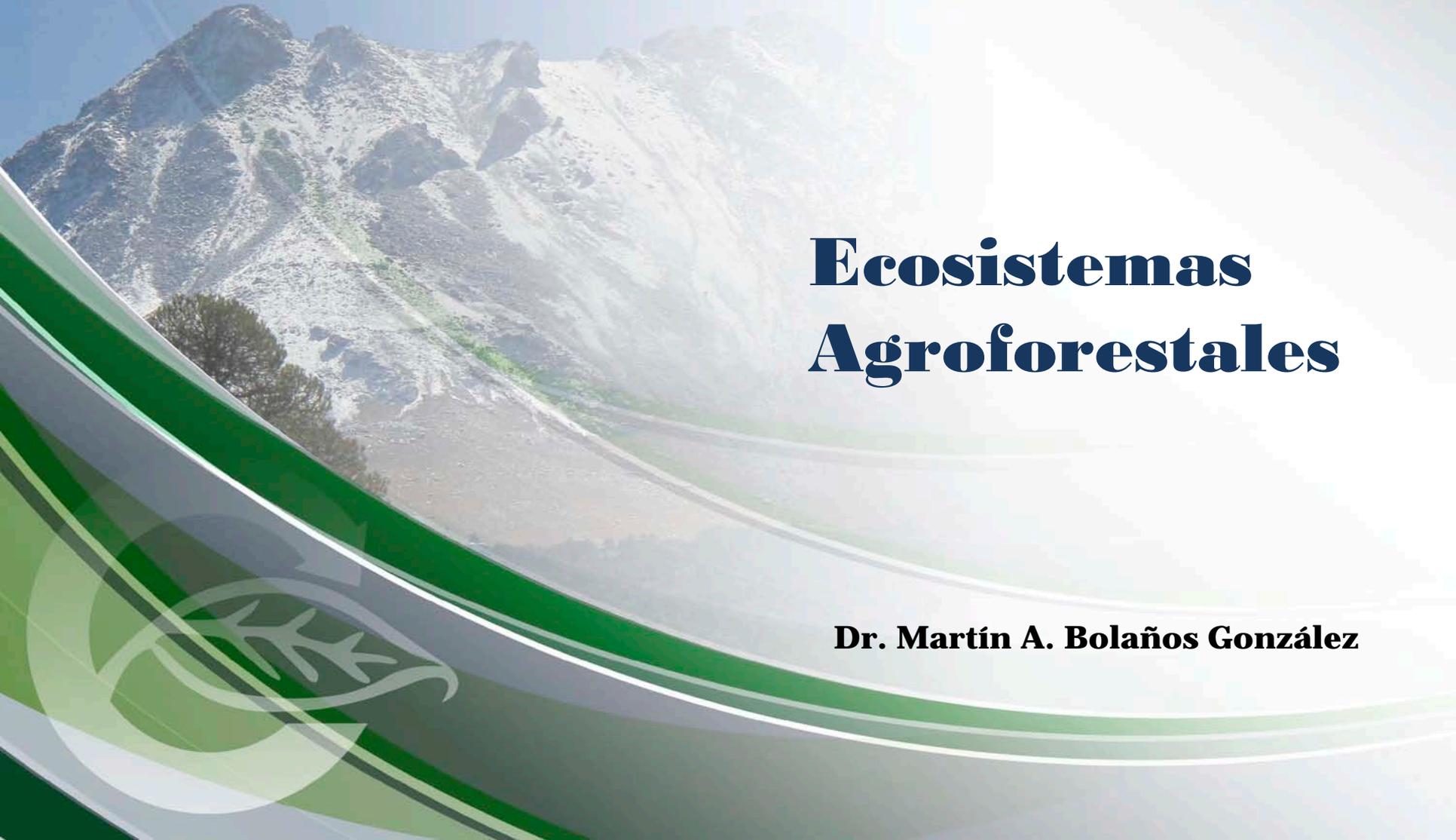


ALMACENES DE CARBONO

Ecosistemas Agroforestales

Dr. Martín A. Bolaños González





Programa Mexicano del Carbono



El Programa Mexicano del Carbono (PMC) nace ante la necesidad de establecer un mecanismo para coordinar a nivel nacional los esfuerzos de investigación relacionados con los aspectos físicos, geoquímicos, biológicos y sociales del ciclo del carbono.

Objetivos principales

1. Coordinar las actividades científicas relacionadas con el ciclo del carbono en México.
2. Orientar la investigación relacionada con el ciclo del carbono y promover la capacitación académica en áreas prioritarias.
3. Promover el desarrollo comunitario por medio de la investigación aplicada y transferir dicho conocimiento a la sociedad.
4. Promover la participación en el PMC de todas las instituciones gubernamentales (a diferentes niveles de gobierno) en donde incidan los temas relacionados con el cambio climático.
5. Coadyuvar en la creación de políticas públicas relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático.





Programa Mexicano del Carbono



Programa Mexicano del Carbono

CONSEJO CONSULTIVO

**INSTITUCIONES
GUBERNAMENTALES**

**ORGANIZACIONES
SOCIEDAD CIVIL**

**INSTITUCIONES
ACADÉMICAS**

APOYO ADMINISTRATIVO

Martin Bolaños

COORDINACIÓN GENERAL

Fernando Paz
COLPOS

CABEMAS

Consortio Estudiantes

**COORDINACIÓN COMITÉ
CIENTÍFICO**

Martín Hernández
UABC

**COORDINACIONES
APOYO**

RELACIONES GUBERNAMENTALES

Jorge Etchevers (COLPOS)
Margaret Skutsch (UNAM)

RELACIONES INTERNACIONALES

Ben de Jong (ECOSUR)
Rodrigo Vargas (U. Delaware)

POLÍTICAS PÚBLICAS

Ivonne Vizcarra (UAEM)
Verónica Vázquez (COLPOS)

REDES INSTITUCIONALES

Mario Manzano (ITESM)
Gilberto Gaxiola (CICESE)

COORDINACIONES COMITÉ CIENTÍFICO

ECOSISTEMAS TERRESTRES

Oscar Briones (INECOL)
Mariela Fuentes (UAM-X)

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Ramón Sosa (UCol)
Jorge Herrera (IPN)

ATMÓSFERA

Jaime Garatuzza (ITSON)
Tulio Arredondo (IPICYT)

BIOENERGÍA

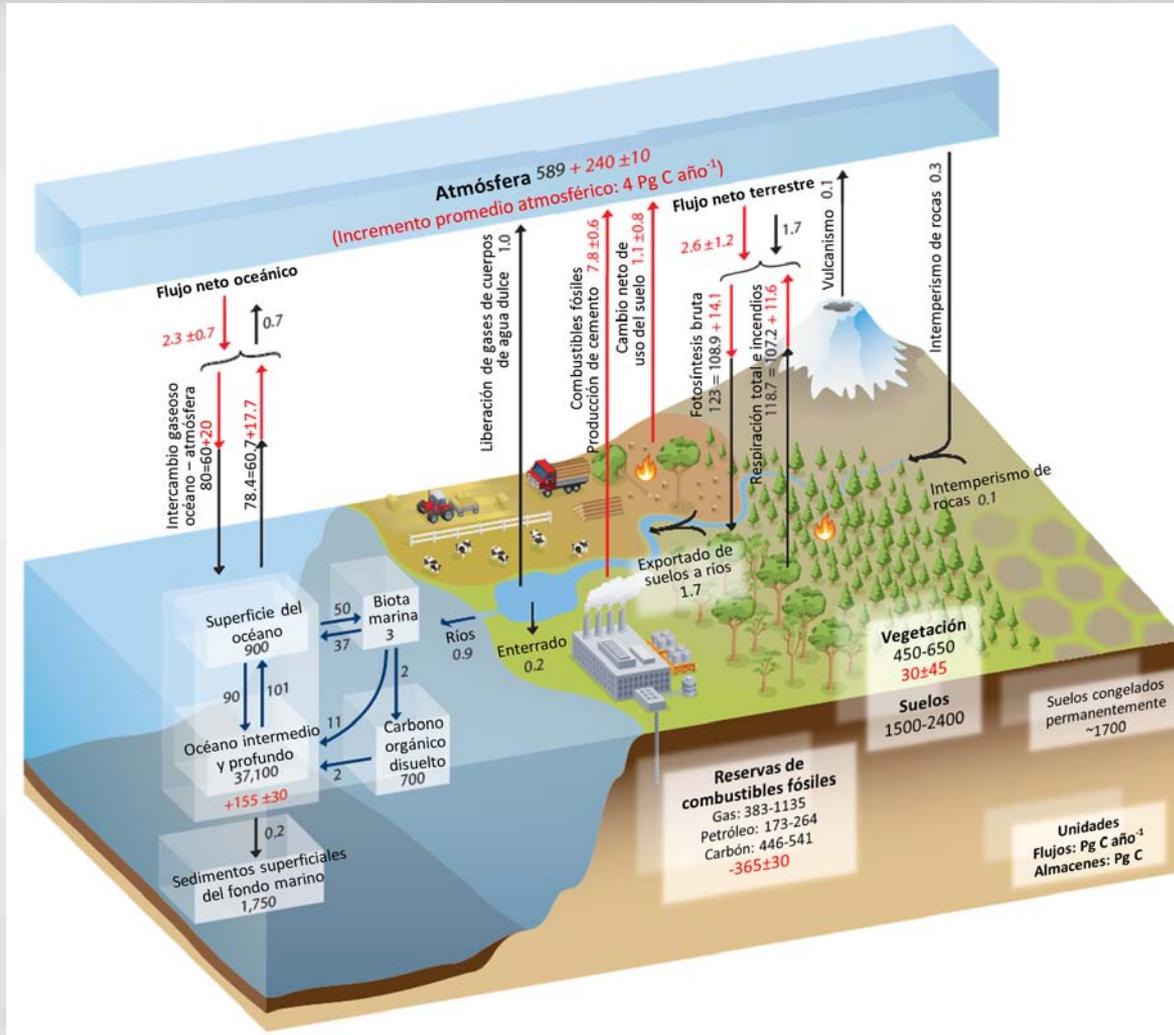
Omar Masera (UNAM)
Georgina Sandoval (CIATEJ)

DIMENSIÓN SOCIAL

Leticia Merino (UNAM)
Graciela Alcalá (IPN)



Ciclo global del Carbono

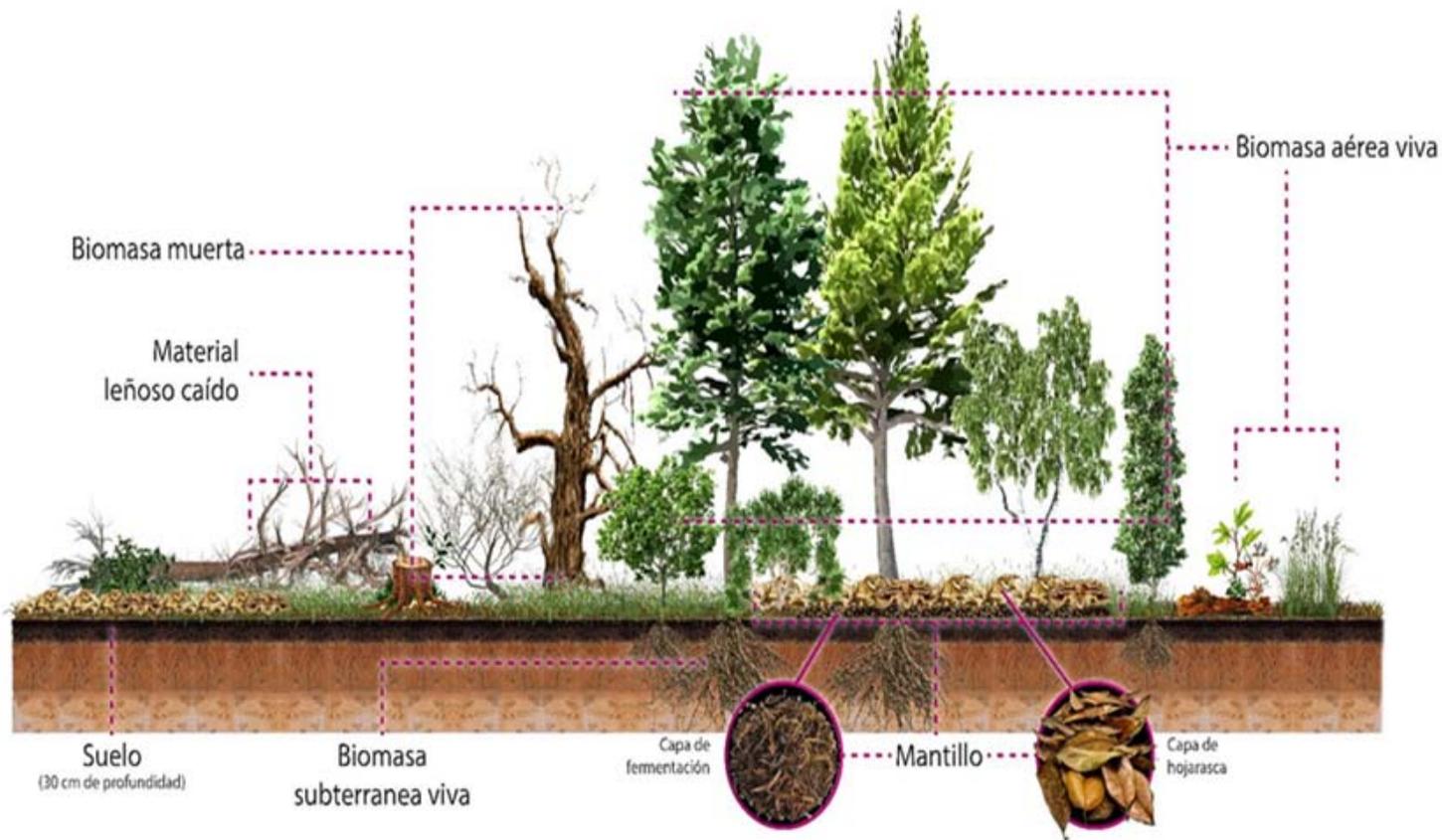




Almacenes medidos/estimados

ALMACENES DE CARBONO

PM
Programa Mexicano del Carbono
Red Temática del CONACYT



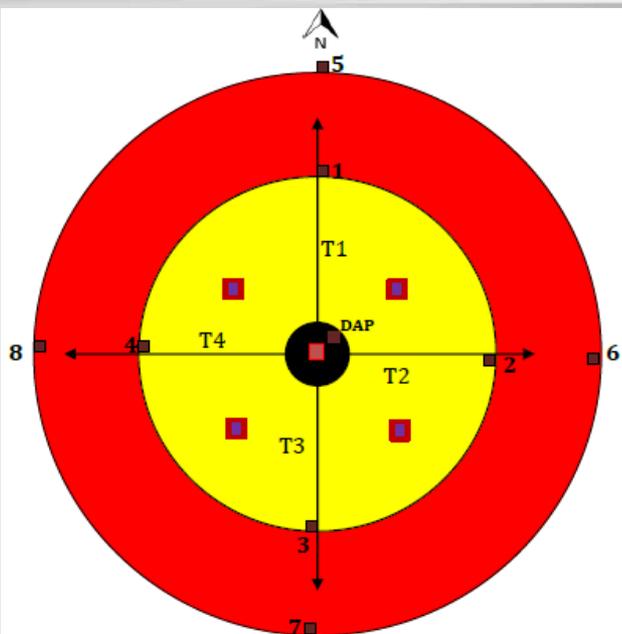


Almacenes medidos/estimados

Almacén	Definición	Compartimentos	Observaciones
Biomasa aérea	Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, con inclusión de tallos, ramas, corteza, semillas y follaje.	1.- Arbóreo 2.- Arbustivo 3.- Herbáceo	Se estima el contenido de C en los tres estratos
Biomasa subterránea	Toda la biomasa viva de raíces vivas.	Único	Se estima el contenido de C solo en el estrato arbóreo
Carbono orgánico del suelo (COS)	Comprende el carbono contenido en la materia orgánica del suelo a una profundidad de 30 cm	Único	Se elimina la fracción gruesa (partículas con diámetro superior a 2 mm)
Mantillo	Comprende toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a 7.5 cm, que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo. Comprende las capas de detritus, fúmica y húmica.	1.- Hojarasca (detritus) 2.- Capa de fermentación	En el mantillo se incluye el material leñoso caído con diámetro inferior a 7.5 cm y hojarasca (horizonte O ₁), principalmente. En la capa de fermentación se incluyeron los horizontes intermedio (O _e) y húmico (O _a)
Madera muerta	Comprende toda la biomasa boscosa no viva, no contenida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en el suelo.	1.- Árboles muertos en pie 2.- Tocones 3.-Material Leñoso Caído	La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas, tocones y árboles muertos en pie de 7.5 cm de diámetro o más



Diseño del muestreo de campo



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			
	Largo (m)	15		
	Almacén de Carbono	Biomasa muerta sobre el suelo (combustibles)		





Biomasa viva sobre el suelo

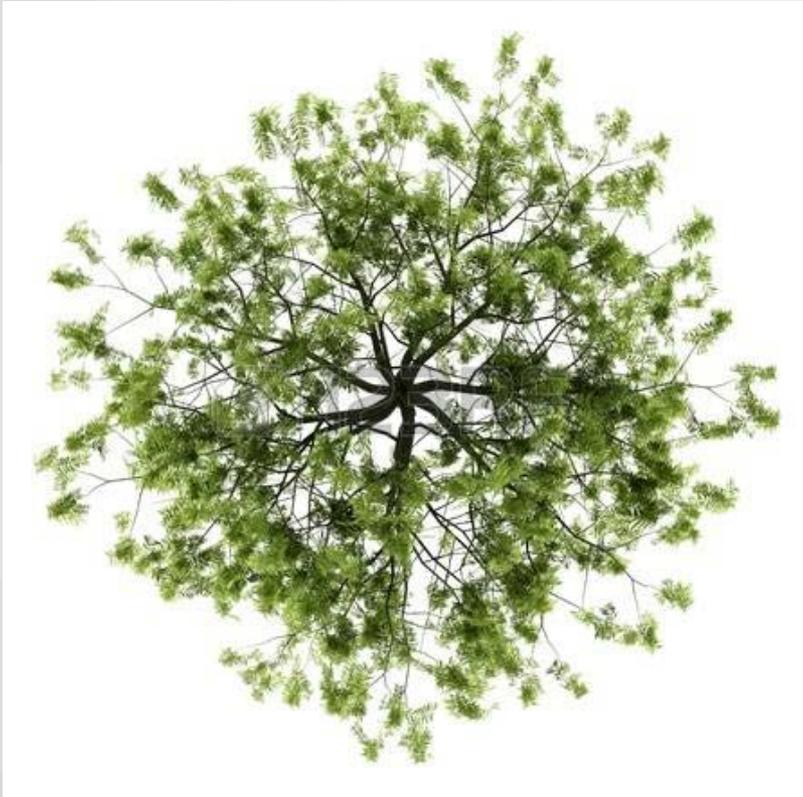


Especie	Ecuación para biomasa	Ecuación para carbono	Referencia
Abies religiosa	$B = 0.0713DN^{2.5104}$	$C = 0.0332DN^{2.5103}$	Avendaño et al., 2009.
Abies religiosa	$B = \frac{0.5 + 15000 DN^{2.7}}{DN^{2.7} + 364946}$	$C = 0.465 * B$	Brown et al., 1997. Para calcular el carbono se tomó el valor de contenido de carbono (CC) de 46.5% (Avendaño et al., 2009).
Cupressus lusitanica	$B = 0.5266DN^{1.7712}$	$C = 0.2639DN^{1.7698}$	Vigil, 2010.
Quercus laurina	$B = 0.1033DN^{2.39}$	$C = 0.5 * B$	Acosta et al., 2002. Para calcular el carbono se tomó el valor de contenido de carbono (CC) de 50% (IPCC, 2003).



Biomasa viva sobre el suelo

Arbustos



$$V = \pi r_1 r_2 h$$

$$Bm = 356.983 V^{1.416}$$



Herbáceas



Para estimar el contenido de carbono en el estrato herbáceo, primero se calcula la cantidad de biomasa multiplicando el peso de la biomasa seca de la muestra (Mg) por el factor de expansión, normalmente 10000 (el muestreo se realizó en una superficie de 1 m²) para estimar los valores de la misma en Mg ha⁻¹. Posteriormente el valor de densidad de biomasa se multiplicó por el factor recomendado por el IPCC (2003) de 0.5 para obtener la densidad de carbono en este estrato.

$$B_h \left(\frac{Mg}{ha} \right) = \left(\frac{Ps(g)}{1000000} \right) * 10000$$



Biomasa viva debajo del suelo

Este reservorio incluye toda la biomasa de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de 2mm de diámetro (sugerido) porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo (IPCC, 2007).



Relación T / S por zona latitudinal, textura del suelo y tipo de árbol.

Zona latitudinal	Media (DE)	% CV	n
Tropical	0.24 (0.14) a	58	39
Templado	0.26 (0.07) b	27	73
Boreal	0.27 (0.10) b	37	53
Textura del suelo			
Grueso	0.29 (0.17) a	58	10
Medio	0.27 (0.11) a	41	34
Fino	0.24 (0.11) a	46	24
Tipo de árbol			
Angiosperma	0.25 (0.12) a	48	102
Gymnosperma	0.26 (0.07) a	27	63

Dónde: desviación estándar (DE), coeficientes de variación (% CV) y tamaño de la muestra (n). Fuente: Cairns *et al.*, 1997



Biomasa viva debajo del suelo

Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa bajo el suelo o biomasa de raíces (RBD) de los bosques.

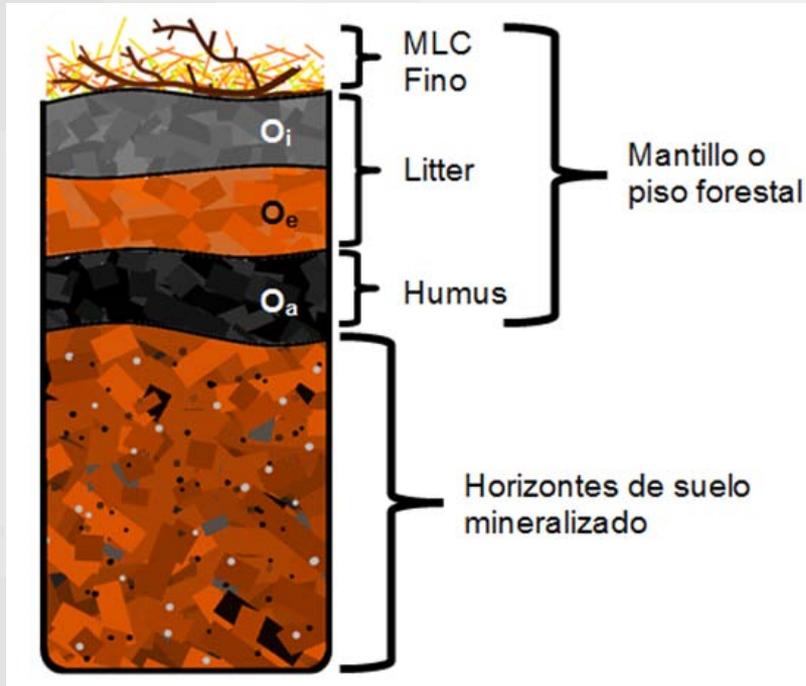
Condiciones y variables independientes	Ecuación	Tamaño de la muestra	R ²
Todos los bosques, BSS.	$Y = \exp[-1,085 + 0,9256 \cdot \ln(\text{BSS})]$	151	0.83
Todos los bosques, BSS y EDAD	$Y = \exp[-1,3267 + 0,8877 \cdot \ln(\text{BSS}) + 0,1045 \cdot \ln(\text{EDAD})]$	109	0.84
Bosques tropicales, BSS	$Y = \exp[-1,0587 + 0,8836 \cdot \ln(\text{BSS})]$	151	0.84
Bosques templados, BSS	$Y = \exp[-1,0587 + 0,8836 \cdot \ln(\text{BSS}) + 0,2840]$	151	0.84
Bosques boreales, BSS	$Y = \exp[-1,0587 + 0,8836 \cdot \ln(\text{BSS})] + 0,1874$	151	0.84

Dónde: Y= biomasa de la raíz en Mg ha⁻¹ de materia seca, ln = logaritmo natural, exp = “e elevado a la potencia de”, BSS = biomasa sobre el suelo en Mg ha⁻¹ de materia seca y EDAD = edad del bosque, años.

Fuente: IPCC 1997.



Mantillo



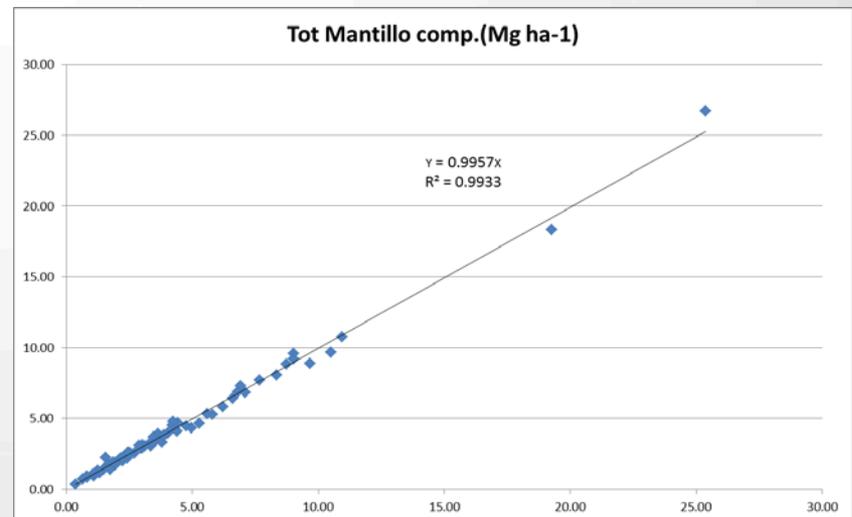
De acuerdo al IPCC (2005), el reservorio de C denominado como mantillo comprende toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo elegido por el país (7.5 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico.



Mantillo



Con el dato de la biomasa seca y el porcentaje de carbono en la muestra (hojarasca y capa de fermentación), se calculó la cantidad de carbono en las muestras obtenidas de este reservorio y, posteriormente, se aplicó un factor de expansión por superficie de muestreo para obtener el valor en Mg ha^{-1} .





La cantidad de Carbono Orgánico del Suelo (COS) se estimó a partir de las muestras tomadas en los sitios de muestreo.

$$COS = DAP \cdot P \cdot 10000 \cdot \left(1 - \frac{FG}{100}\right) \cdot COS_p(0.01)$$

Dónde:

COS = Carbono Orgánico en el Suelo ($Mg\ ha^{-1}$)

DAP = Densidad aparente del suelo ($Mg\ m^{-3}$)

P = Profundidad del suelo (m)

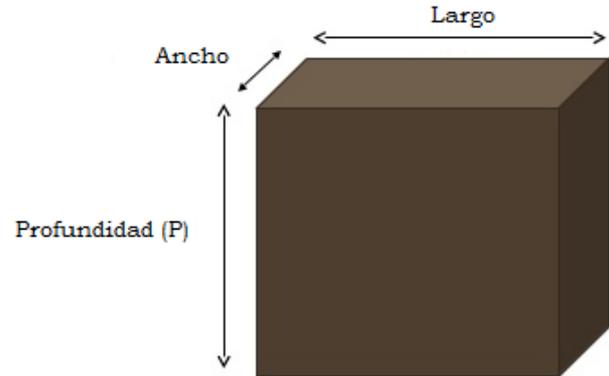
FG = Fragmentos gruesos en el suelo ($> 2\ mm$), en %

COS_p = Contenido de carbono orgánico, en %

0.01 = factor de conversión de unidades (porcentaje a fracción).

El valor de 10000 tiene como unidades $m^2\ ha^{-1}$.

Volumen de suelo en una hectárea = 10000 x P



$$DAP = \frac{PSS}{V_s}$$

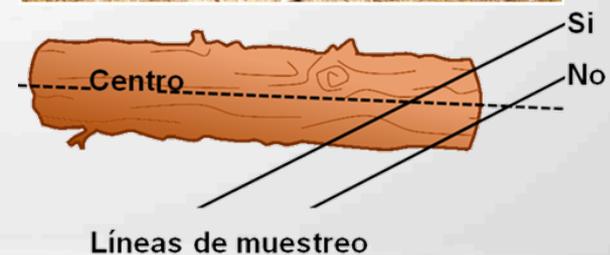


$$FG = \frac{PSS_{FG}}{PSS} \times 100$$



Madera muerta

- ❑ Árboles muertos en pie:
 - Género y Especie.
 - Nombre Común.
 - Diámetro Normal.
 - Altura Total.
 - Daño.
- ❑ Tocones:
 - Diámetro basal a la altura de 30cm.
 - Altura total hasta la punta de la madera más alta.
- ❑ Material Leñoso Caído
 - Transectos de 15 m.
 - Densidad de la Madera
 - Taladro de Pressler.





❑ *Madera Muerta en Pie.*

- Para árboles muertos se usaron ecuaciones alométricas (similar que para árboles vivos).
- Tocones. Se estima el volumen como un cilindro. Su biomasa se calcula utilizando volumen x densidad (grado de putrefacción) y se multiplica por el contenido de carbono correspondiente.

❑ *Material Leñoso Caído (método de intersección de líneas; Van Wagner, 1968 e IPCC, 2003)*

$$V = \frac{\pi^2 * (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2)}{8 L} \dots\dots\dots(2)$$

Dónde:

- V= volumen de MLM ($m^3 \text{ ha}^{-1}$)
- D= diámetro de cada una de las n trozas (cm)
- L= largo de la línea (suma de todos los transectos) en sitio de muestreo (m)

Posteriormente se estima la biomasa:

$$B_{MLC} = V * DM \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

- B_{MLC} = biomasa del MLC ($Mg \text{ ha}^{-1}$)
- V= volumen de MLC ($m^3 \text{ ha}^{-1}$)
- DM= densidad de la madera ($Mg \text{ m}^{-3}$)



Pre procesamiento de muestras





Procesamiento de muestras





Proyecto para salvar la sombra del café

- ❑ En 2012 surgen brotes atípicos de roya del cafeto (causados por el hongo *Hemileia vastatrix*), generando fuertes pérdidas en las cosechas en la Sierra Madre de Chiapas. Esta región es conocida por producir café de alta calidad en condiciones amigables con el ambiente.
- ❑ La respuesta de SAGARPA, a través de programas de apoyo como Procafé e Impulso Productivo al Café 2016, fue renovar o repoblar las plantaciones con el propósito de aumentar la productividad, además de aplicar control químico.
- ❑ Se generó, como impacto colateral, una degradación forestal, ya que estas variedades de alta productividad (de porte bajo) requieren de mayor exposición al sol que las variedades de *Coffea Arabica*.
- ❑ La epidemia de la roya ha fomentado el cambio de uso de suelo en la zona, principalmente de cafetales bajo sombra a milpa (maíz y frijol) y pastizales (favorecido por el alto precio del ganado en pie), propiciando con ello la pérdida de los acervos de carbono en éstos ecosistemas agroforestales.



Proyecto para salvar la sombra del café



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

Campaña a favor de los acervos de
carbono y la biodiversidad en
cafetales bajo sombra

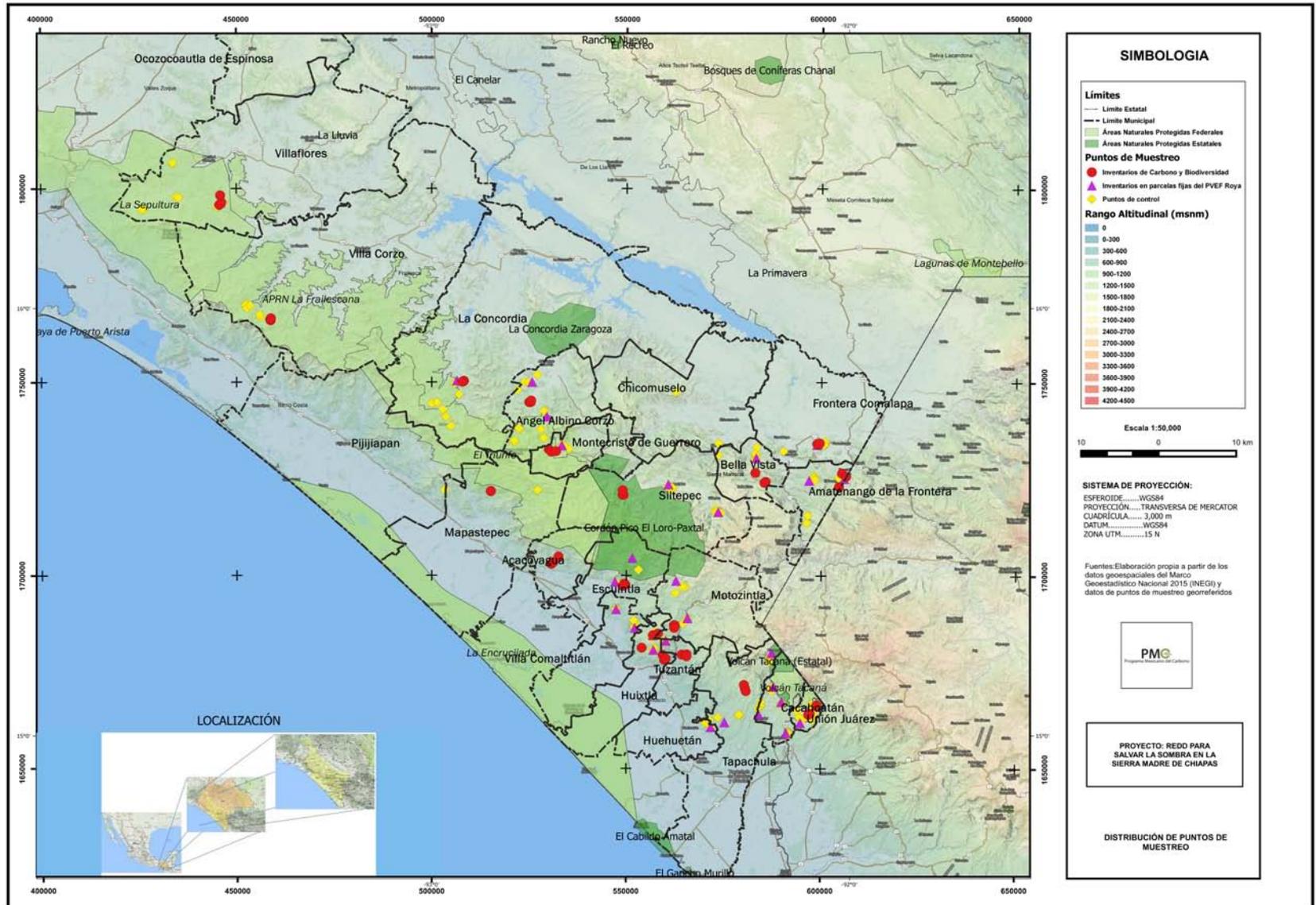
Primer Informe

Objetivo General

Evaluar el impacto de la roya del café en la Sierra Madre desde el punto de vista social, económico y ambiental, con miras a promover una propuesta de intervención en la región que fortalezca los sistemas agroforestales de café bajo sombra, evitando así emisiones de carbono y pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos.



Proyecto para salvar la sombra del café





Proyecto para salvar la sombra del café

PMG

Programa Mexicano del Carbono

RED TEMÁTICA DEL CONACYT

Nueva Palestina,
Ángel Albino Corzo.

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

Campaña a favor de los acervos de carbono
y la biodiversidad en cafetales bajo sombra

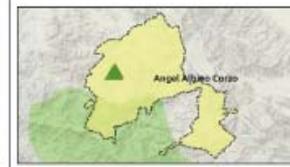
INFORME:
INVENTARIO DE
CARBONO Y BIODIVERSIDAD
EN CAFETALES DE LA
SIERRA MADRE
DE CHIAPAS

SEPTIEMBRE DEL 2017



UBICACIÓN DE PARCELAS EN
NUEVA PALESTINA

LOCALIZACIÓN



PMG
Programa Mexicano del Carbono

Una REDD para salvar la sombra de
la Sierra Madre de Chiapas

Tipo de vegetación actual, coberturas y de referencia

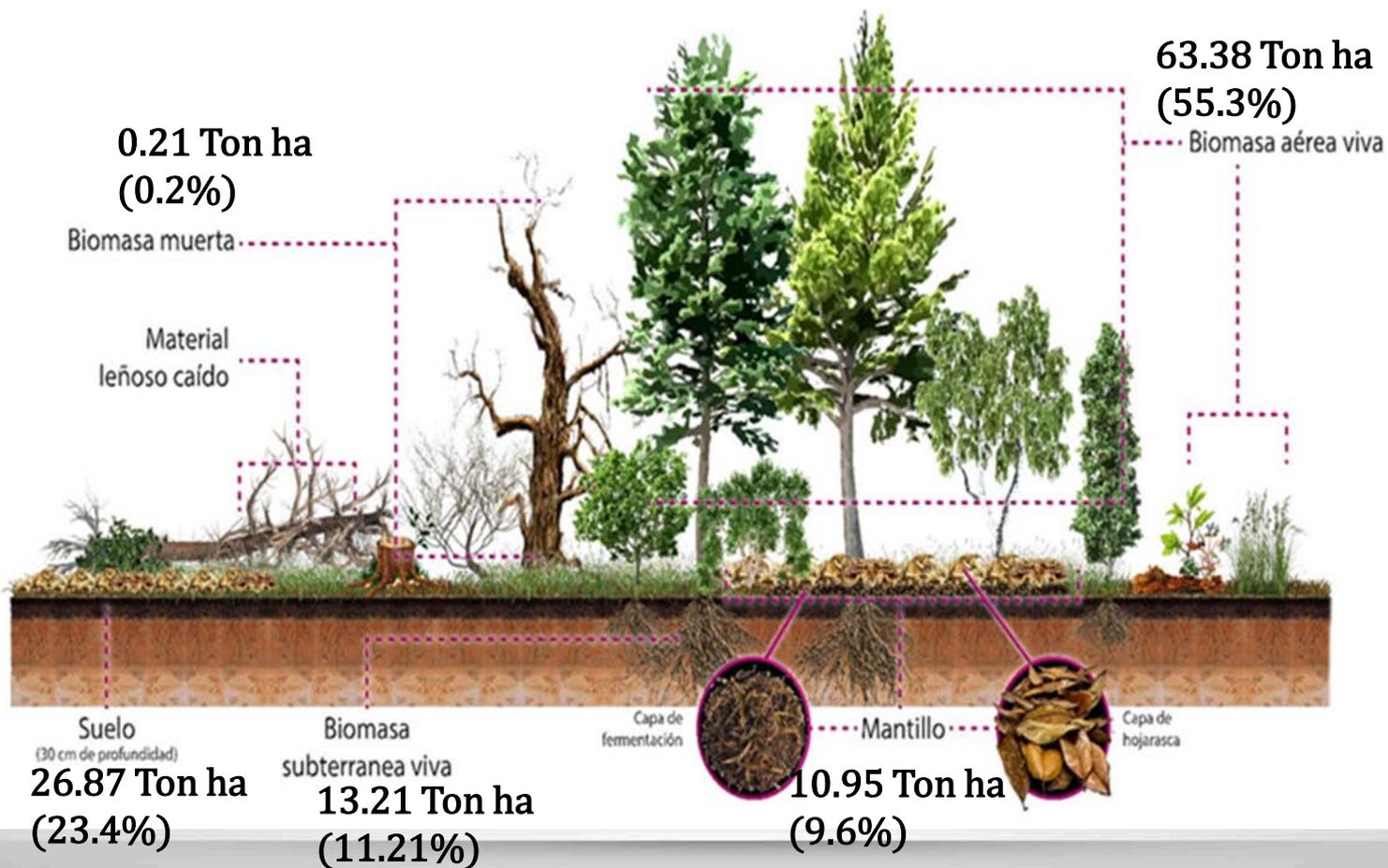
Sitio	Descripción Vegetación Actual	Cobertura Sombra (%)	Cobertura Sotobosque (%)	Cobertura total (%)	Descripción Vegetación de Referencia
1	Bosque de encino-pino	40.4	12.0	48.2	Bosque de encino-pino
2	Monocultivo bajo sombra	47.2	33.0	64.6	Bosque de encino-pino
3	Policultivo comercial bajo sombra	62.4	29.0	73.8	Bosque de encino-pino



Resultados-ejemplo Nueva Palestina

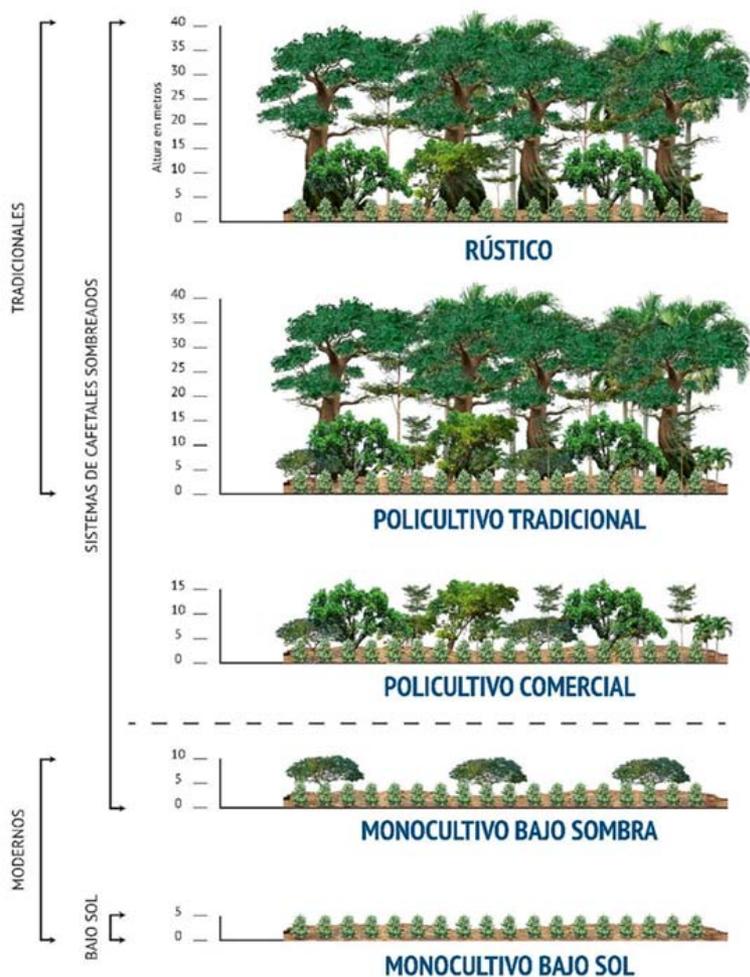
ALMACENES DE CARBONO

PMO
Programa Mexicano del Carbono
Red Temática del CONACYT

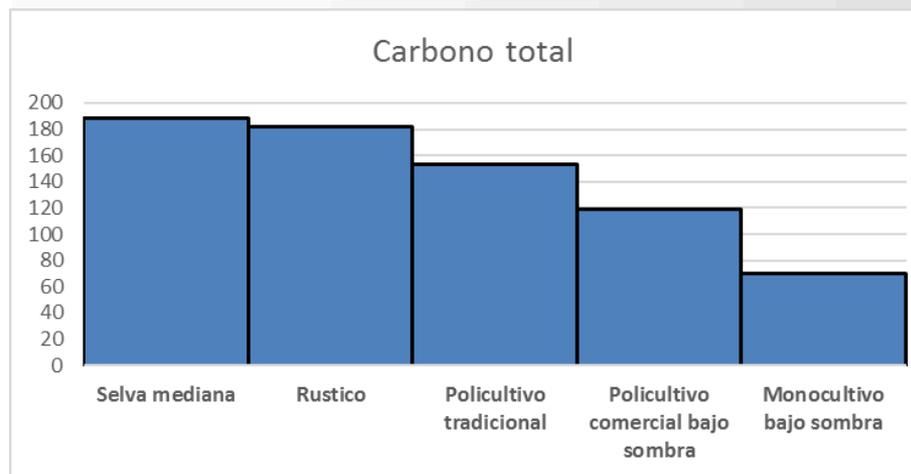




Resultados por tipo de cafetal



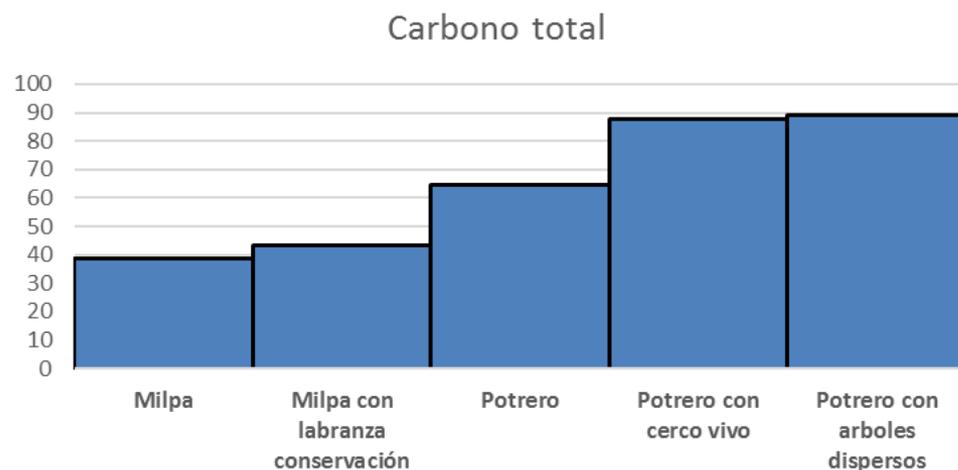
Tipo vegetación o cafetal	Carbono Total (t C/ha)
Selva mediana	188.4
Rustico	182.2
Policultivo tradicional	153.1
Policultivo comercial bajo sombra	118.6
Monocultivo bajo sombra	69.6





Otros usos del suelo

Tipo vegetación o cafetal	Carbono Total (t C/ha)
Milpa	38.7
Milpa con labranza conservación	43.3
Potrero	64.6
Potrero con cerco vivo	87.5
Potrero con arboles dispersos	88.9





Emisiones potenciales por cambio de uso del suelo

Tipo vegetación o cafetal	Carbono Total (t C/ha)	Cambio a Milpa (t C/ha)	Cambio a Potrero (t C/ha)
Selva mediana	188.4	-149.7	-123.8
Rustico	182.2	-143.5	-117.6
Policultivo tradicional	153.1	-114.4	-88.5
Policultivo comercial bajo sombra	118.6	-79.9	-54
Monocultivo bajo sombra	69.6	-30.9	-5
Milpa	38.7	0	25.9
Potrero	64.6	-25.9	0



Pago de bonos de carbono por mantener la sombra

Tipo de vegetación o cafetal	Carbono total (t C ha ⁻¹)	Cambio a Milpa (t C ha ⁻¹)	Bono de carbono (USD ha ⁻¹)	
			Escenario bajo	Escenario alto
Selva mediana	188.4	-149.7	\$ 1,646.70	\$ 4,391.20
Rústico	182.2	-143.5	\$ 1,578.50	\$ 4,209.33
Policultivo tradicional	153.1	-114.4	\$ 1,258.40	\$ 3,355.73
Policultivo comercial bajo sombra	118.6	-79.9	\$ 878.90	\$ 2,343.73
Monocultivo bajo sombra	69.6	-30.9	\$ 339.90	\$ 906.40
Milpa	38.7	0	\$ -	\$ -

Bono Carbono (t CO₂/ha) = (Cambio en t C/ha)*(44/12 - Conversión C a CO₂)

Bono Carbono (U.S. Dólares/ha) = (t CO₂/ha)*(U.S. \$/t CO₂)

Utilidad café orgánico (USD ha⁻¹) = 430



Análisis de fertilidad de suelos

Textura de los suelos

Sitio	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clasificación Textura
1	44	36	20	Franca
2	28	36	36	Franco-arcillosa
3	26	30	44	Arcillosa

Características químicas de las muestras de suelo

Sitio	pH	Conductividad Eléctrica (mmhos/dS m)	Materia Orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	Nitrato de Nitrógeno (ppm)	Amonio de Nitrógeno (ppm)	Nitrógeno Inorgánico (ppm)
1	5.4	0.06	8.0	6	ND	ND	ND	ND
2	5.1	0.03	3.4	5	430.1	12	21	33
3	5.1	0.04	4.6	12	156.4	9	21	30

Sitio	pH	Conductividad Eléctrica	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Nitrógeno Inorgánico
1						
2	A	V	A	R	A	V
3	A	V	A	A	A	V

Espacios vacíos = vegetación natural



Biodiversidad en cafetales

- ❑ Los cafetales tienen una riqueza florística comparable a la de las selvas y bosques de la Sierra Madre de Chiapas, la cual provee opciones productivas y es importante para el mantenimiento de la fauna asociada, el microclima y la estabilidad ecológica.
- ❑ En cafetales se registraron 48 especies vasculares en promedio por sitio de muestreo (1000m²).
- ❑ Variedades de café registradas en los muestreos:

Espece	Variedad	
<i>Coffea arabica</i> L.	Árabe/Typica	Lempira
	Borbón	Marago
	Borbón Negro	Maracatu
	Catimor	Oro Azteca
	Caturra	Pache Colis
	Costa Rica 95	RR
	Geisha	Sarchimor
<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner	Robusta	



Propuestas de Seguimiento de la Campaña

PROPUESTA 1: Viveros comunitarios y locales

- ❑ México tiene alta calidad genética. Variedades foráneas no se adaptan bien a los ecosistemas de la zona. Son precoces y productivos, pero no requieren sombra y son más dependientes de insumos.
- ❑ Viveros comunitarios y locales (no masivos) de variedades acriolladas (de calidad y manejo bajo sombra), con protocolo de investigación para certificar la planta/semilla (registro de dominio público).

¿Qué se requiere?

- Evaluación de costo de viveros (proformas PMC).
- Compromiso mancomunado de cuidar vivero y distribuir planta (a nivel de cooperativa, ejido, etc.).
- Sistematizar la experiencia con variedades “acriolladas” por parte de las cooperativas.
- Asistencia técnica en viveros.



Propuestas de Seguimiento de la Campaña

PROPUESTA 2: REDDISH Coffee

- ❑ Café de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal evitada, en conjunto con manejo Integral y Sustentable del Hábitat => Carbono + Biodiversidad + Cultura.
- ❑ Objetivo: conservar la sombra de los cafetales y pago anual por compensación ambiental.
- ❑ Financiamiento: Mercados nacionales e internacionales de carbono.

¿Qué se requiere?

- Opción 1: Iniciativa de Reducción de Emisiones del Banco Mundial y CONAFOR.
- Opción 2: REDDISH Coffee con soporte institucional de CONABIO (mercados del carbono).
- Respaldo de cooperativas y capacitaciones en monitoreo comunitario con acompañamiento técnico (realizar inventarios de todos los participantes o grupos representativos) – ¡los productores muestrean!
- Acuerdos de participación voluntaria y cumplimiento.



Propuestas de Seguimiento de la Campaña

PROPUESTA 3: Sistema de seguro paramétrico catastrófico por afectación por roya del cafeto, con compensación anual ante pérdidas

- Seguro agrícola y ganadero (catastrófico) ya existe, reconocido por SAGARPA y ejercido por AGROASEMEX. AGROASEMEX interesado en seguro para cafetales.
- Requiere diseño (PMC) y calibración/validación (Programa de Vigilancia Epidemiológica de la Roya del Cafeto, SENASICA)

¿Qué se necesitaría?

- Red de estaciones meteorológicas (calibración y validación) e información de afectaciones por roya.
- Diseño y operación con imágenes de satélite (sensores remotos)
- Aportación SAGARPA y Gob. Chiapas (CADENA).
- Organización SM=> Desarrollo de Fondo de Aseguramiento (sociedad mutualista de riesgos).
- Sistema de alerta temprana y participación productores.



Cálculo de huella del carbono en la región

Huella del Carbono en café en tres municipios de Chiapas: Ángel Albino Corzo, Montecristo de Guerrero y La Concordia.

Tipo de Productor	Huella del carbono*	
	Café cereza	Café oro
Orgánico certificado	0.07	0.11
Convencional	0.3	0.33

*Kg CO₂ eq/Kg de café

La diferencia principal en la magnitud de la huella de carbono en ambos tipos de productores se debe a la fertilización química aplicada por los productores convencionales (producción y transporte de fertilizantes y liberación de NO₂)



¡Gracias!

pmcarbono.org