

Seminario  
Hacia REDD++: Integración de Políticas Forestales y Agropecuarias  
UAEM, 1º de abril 2011

# Carbono y sector agropecuario

J. D. Etchevers, Ben de Jong, Fernando Paz, Vinisa Saynes, Claudia Hidalgo, Carlos Omar Cruz,  
Minerva Carrasco, Juliana Padilla.

Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental  
Colegio de Postgraduados  
Montecillo. México



# Equipo de trabajo

**Ben de Jong, Marcela Olgúin, Fabiola Rojas, Vanessa Maldonado, Pablo Martínez, Verónica de la Cruz, Filiberto Jiménez**

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

**Jorge Etchevers, Fernando Paz, Claudia Hidalgo, Juliana Padilla, Vinissa Saynes, Minerva Carrasco y varios más**

Colegio de Postgraduados (COLPOS)

**Carlos Omar Cruz, Jesús Abad Argumedo**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

**con el apoyo de**

**Omar Masera, René Martínez, Gabriela Guerrero<sup>4</sup> Pavka Patiño<sup>4</sup> Jorge Morfín, Ernesto Alvarado, Diego Pérez, Adrián Ghilardi,**

Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO-UNAM)

**Antonio Ordóñez, Tomás Hernández**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)



# La situación del carbono México

# Gases de Efecto Invernadero

- Vapor de agua (no tenemos control)
- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ , 1)
- Óxidos de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ , 23)
- Metano ( $\text{CH}_4$ , 300)
- Clorofluorocarbono (atacan capa de  $\text{O}_3$ )
- Otros

# Gases de Efecto Invernadero: Contribución global del sector

La agricultura, ganadería y silvicultura contribuyen substancialmente a las emisiones antropogénicas de GEI:

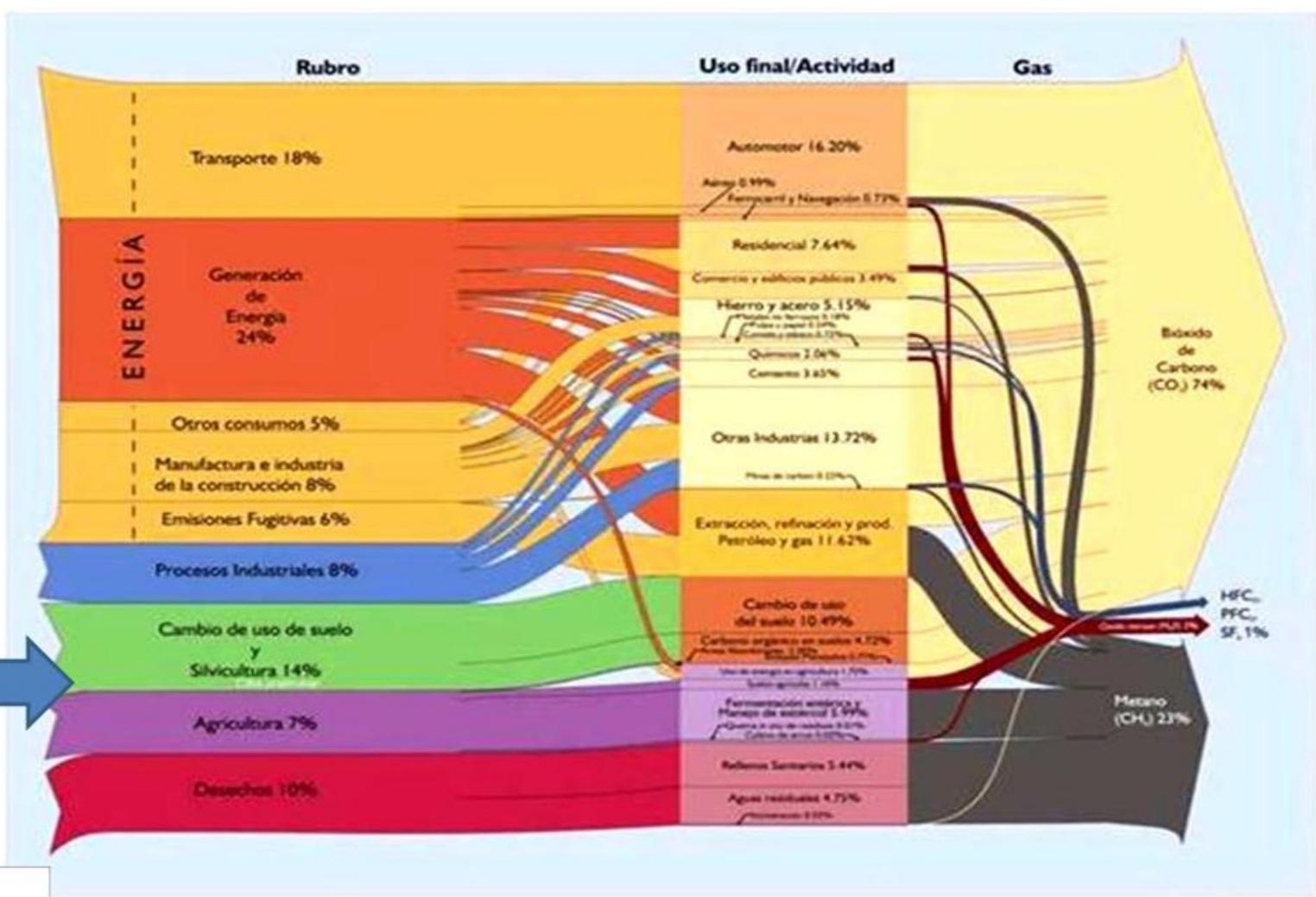
- 25 % del  $\text{CO}_2$  (bióxido de carbono)
- 50 % del  $\text{CH}_4$  (metano)
- 70 % del  $\text{N}_2\text{O}$  (óxido nitroso)

# Emisiones en México por Sector

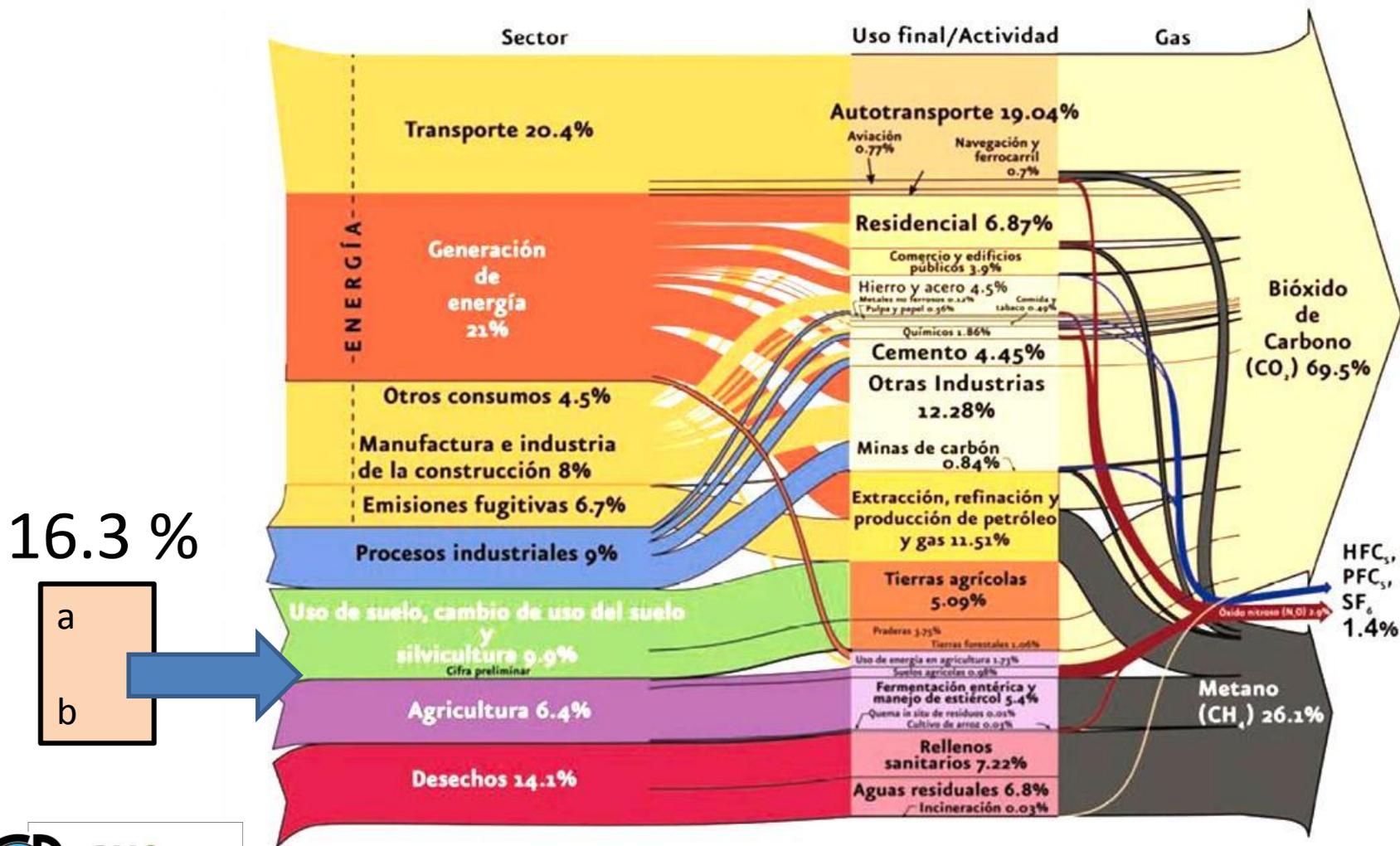
- Los cuadros siguientes muestran la contribución de los sectores más contaminantes del país al total de emisiones de GEI, de acuerdo con las Comunicaciones Nacionales de Gases de Efecto Invernadero en el país (SEMARNAT-INE, 2002, 2007)

# Contribuciones del sector a las emisiones de GEI 1992-2002

1.1 %



# Contribuciones del sector a las emisiones de GEI 2002-2007



16.3 %

a  
b

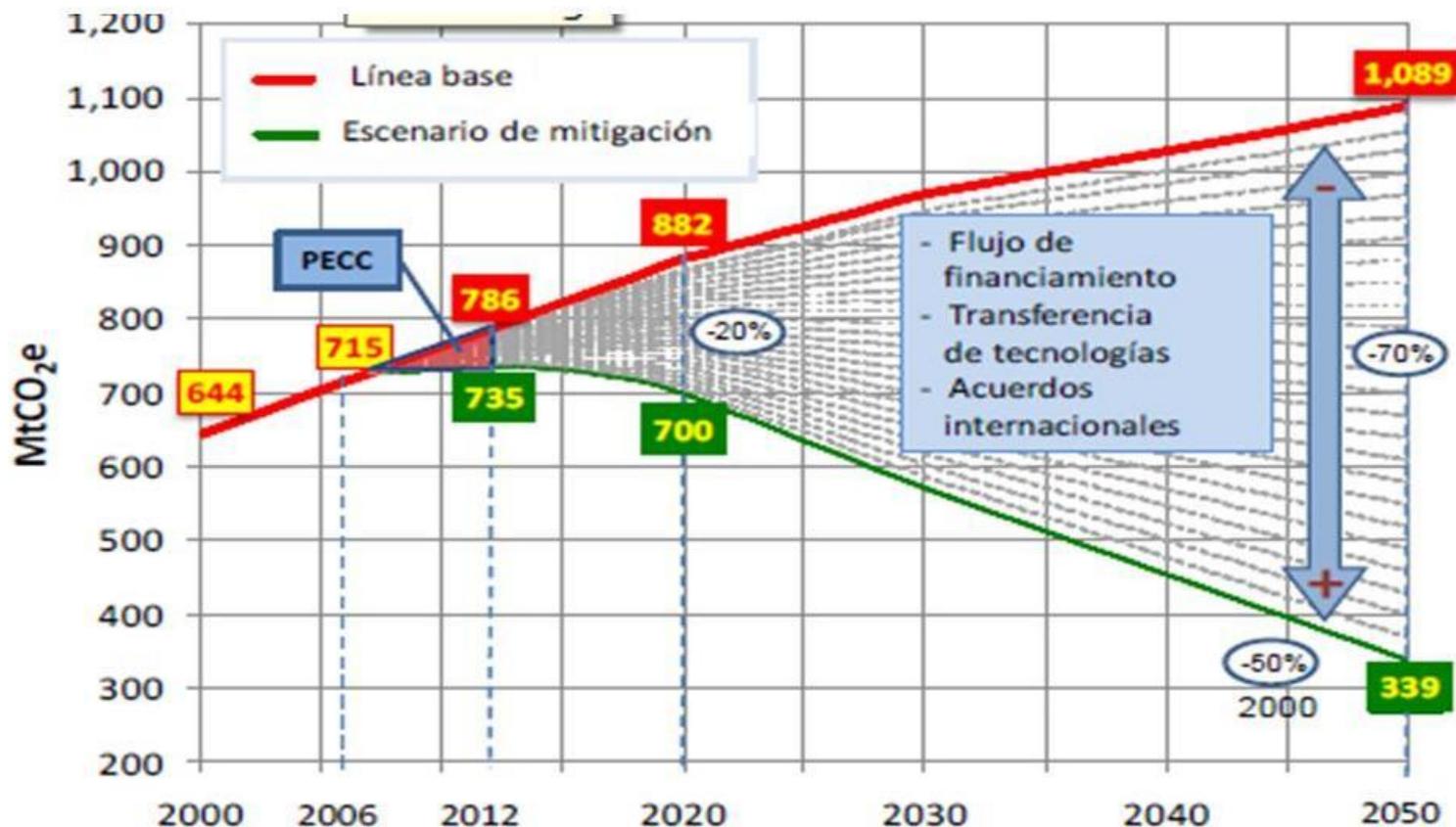
# Emisiones del Sector Agropecuario

- Las emisiones del sector agrícola provienen fundamentalmente del metano que emiten los rumiantes.
- Otras fuentes de menor importancia: la labranza del suelo (oxidación de la materia orgánica, empleo de hidrocarburos para ésta) la liberación de óxidos de nitrógeno proveniente de los fertilizantes nitrogenados (particularmente cultivos inundados) y otras fuentes menores emisoras de metano (mal manejo de estiércol).

# ¿Dónde estamos en relación a las emisiones de GEI?

- México contribuye con aproximadamente 1.6% de las emisiones mundiales totales de gases de efecto invernadero [GEI].
- El país se ubica en la posición número 12, a nivel mundial. Emisiones en términos per cápita, en 2006 fueron 6.2 t CO<sub>2</sub>e.
- Habría que emitir 339 Mt CO<sub>2</sub>e en 2050 para reducir al 50 % las emisiones. Actualmente emitimos como país 715 M t CO<sub>2</sub>e.
- Punto de inflexión estaría en la segunda década de este siglo.

# Tendencia de las emisiones



Fuentes. Elaboración propia hasta 2017 con base en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI 1990 – 2006 y de las Prospectivas 2008 – 2017 del Sector Energía. Para los años 2020, 2030 y 2050 se aplica el escenario tendencial medio global de la Prospectiva Ambiental 2030 de la OCDE.

# Costos de no hacer nada

- El costo de no hacer nada en contra de este fenómeno equivale a tres veces lo que costaría mitigarlo.
- México es uno de los países más vulnerables ante el calentamiento global, pero también uno de los que más puede hacer negocios con él.
- México tiene que gastar de 0.7% a 2.21% de su PIB anual (224 000 millones de pesos al año) para bajar 50% de las emisiones (compromiso presidencial) para no perder 6.2 % del PIB por los impactos medioambientales (630 000 millones de pesos al año)

Galindo, La economía del cambio climático,  
De Jong y López. Clima la nueva variable, 2010

# Costos

- El Banco mundial dice en un estudio reciente que :
  - El 15% del territorio nacional es vulnerable al cambio climático.
  - Que el 68% de la población también lo es, y
  - Que el 71% de la economía está expuesta a las consecuencias adversas relacionadas con el clima.

Banco Mundial, Mexico. Low carbon development, 2009  
Galindo, La economía del cambio climático, 2008  
de Jong y López. Clima la nueva variable, 2010

# Qué se puede hacer

- Mitigación:
- Conservación del Carbono
  - – Eficiencia energética
  - – Reducción de emisiones
  - – Freno a la deforestación
- Substitución de Combustibles
- Captura de Carbono en biomasa y suelos
- Diseño de nuevas tecnologías de producción (MIAF)
- Adaptación:
- Cultivos alternativos.
- Nuevas prácticas y sistemas de producción agrícola.
- Nuevos sistemas de producción animal.
- Desarrollo de coberturas vegetales con nuevas especies

# Marco Administrativo

- Creación del la CICC (Comisión Intersecretaral de Cambio Climático, 10 secretarías de Estado).
- Creación del C4 (Consejo Consultivo de Cambio Climático).
- Formulación de una Estrategia hacia al Cambio Climático.
- Formulación de una Programa Especial de Cambio Climático (PECC).
- Creación del PMC (Programa Mexicano del Carbono).
- Creación del PICC (Programa Interdisciplinario de Cambio Climático de la UNAM).
- Creación del Centro Mario Molina.
- Otras iniciativas: REDD, nacionales, locales, ONG,s, etc.)

# Qué se está haciendo en el sector Forestal y Agrícola

# Superficie agrícola de México

- Aprox. 30 millones de ha, de las cuales de cultivan alrededor de 22 millones (aprox. 11% de la superficie nacional)
- Bosques y Selvas aprox. 70 millones ha.
- Uso ganadero (matorrales, pastizales y pastizales) inducidos aprox. 100 millones de ha.
- Dos tercios del territorio nacional son laderas.

# Lo nuevo: LULUCF y ALOFU

- *Antes* : **LULUCF** (*Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra y Forestación*) y concierne a los artículos 1.3 y 1.4 del Protocolo (IPPC, 2000)
- *Hoy* : **AFOLU** (Agriculture, Forestry and Land Use), que integra los estudios del cambio de uso del sector agrícola en un solo bloque (suelos forestales, praderas y agrícolas).

# Qué hemos hecho como PMC

- 1. Estudios de C en suelos forestales y agrícolas.
- 2. Estandarización de las clase de vegetación de México para que coincidieran con las del IPPC.
- 3. Revisión de datos de deforestación (1993-2007).
- 4. Actualización parámetros biofísicos (vegetación y suelo).
- 5. Actualización de bases de datos (consumo, manejo de productos forestales, reforestación, etc.)
- 6. Adaptación de metodologías al país.
- 7. Estudios analíticos.

# Diseño de nuevas tecnologías



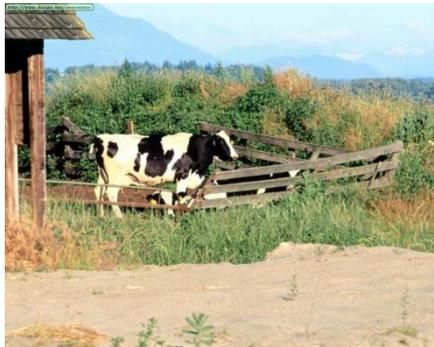
# Diseño de nuevas tecnologías



# Los rumiantes y las vacas

Los rumiantes generan mediante sus excrementos, ventosidades y eructos 150 kilos de gas metano al año, esto es cerca de cuatro veces más que un auto normal.

Se inician estudios para disminuir las emisiones de metano (bacterias acetogénicas en el rumen). No hay una solución aún.



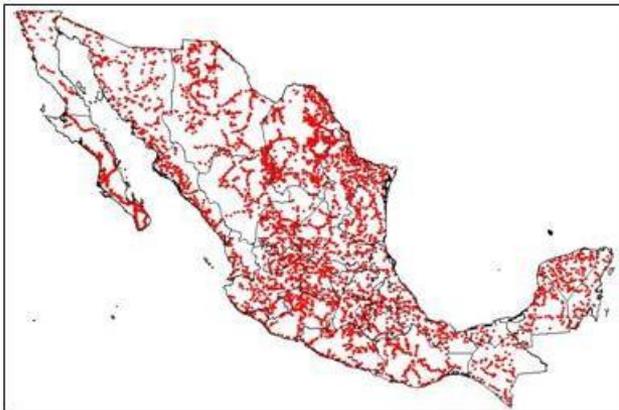
# El Carbono en Plantas y Suelo

- Aproximadamente dos tercios del carbono de los ecosistemas terrestres (atmósfera, planta y suelo) se encuentra en el suelo.
- De ahí interés por estudiarlo.
- Carbono del suelo, si se cuida queda por muchos años retenido (secuestrado) en éste.
- Si no se cuida se pierde por oxidación, erosión, degradación.

# Pasado : Muestras de suelo del histórico de INEGI

**Year 2000**

aprox. 4000 COS values  
(0-20 cm)  
w/ Bd



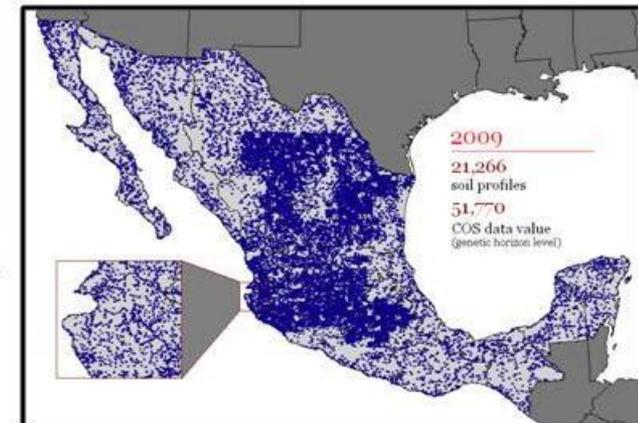
**Year, 2007**

12 224 profiles  
28 856 COS values



**Year, 2009**

21 266 profiles  
51 770 COS values



# Cómo lo hicimos en el pasado

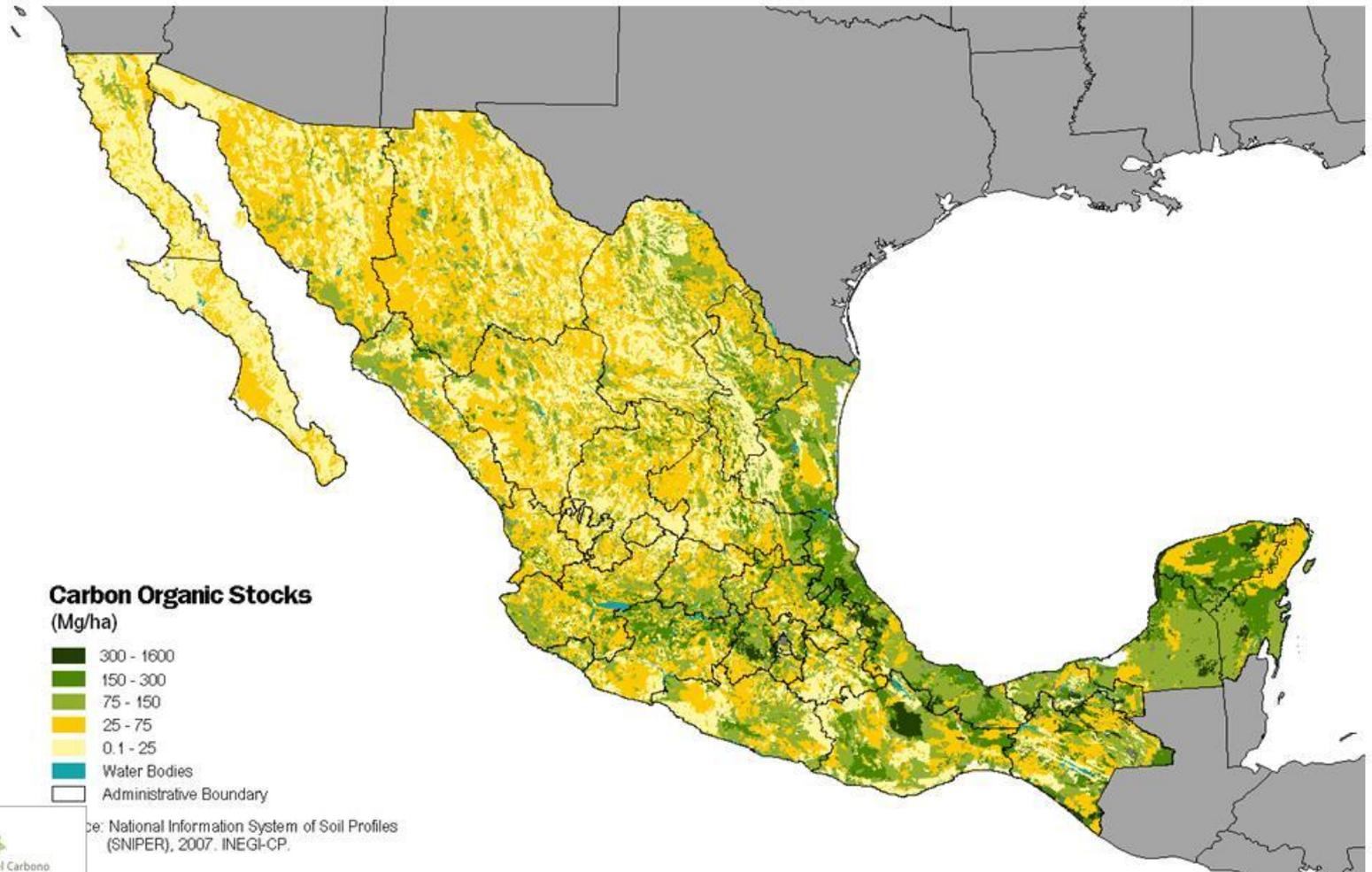
- Método tradicional de Walkley and Black.
- Oxidación vía húmeda de una parte (media 76%) de la materia orgánica asociada con el suelo que pasa por un tamiz malla 20 (*ca.* 2.0 mm); esto es, residuos vegetales y animales frescos, así como materiales orgánicos en diferentes estados de descomposición y humus asociado íntimamente con el suelo (compuestos organo-minerales).
- Reactivo más usado  $K_2Cr_2O_7$  en medio fuertemente ácido.

# Concentración de C en suelos de las provincias fisiográficas de México

Type of Soil	Province	Profile	SOC (%)	
			Mean <sup>†</sup>	SD <sup>‡</sup>
Eutric histosol	Coastal plain southern Gulf	3	13.9	18.6
Mollic solonchak	Yucatán Peninsula	3	12.6	11.5
Eutric histosol	Mexican Transvolcanic Belt	4	9.5	3.4
Eutric histosol	Yucatán Peninsula	6	8.9	6.4
Litosol	Yucatán Peninsula	78	7.2	4.3
Humic andosol	Sierra Madre Oriental	3	5.3	3.4
Mollic gleysol	Mexican Transvolcanic Belt	4	5.2	4.5
Mollic gleysol	Yucatán Peninsula	4	4.1	2.2
Rendzina	Sierra Madre del Sur	64	3.4	2.0
Rendzina	Mexican Transvolcanic Belt	14	3.3	1.9
Haplic phaeozem	Mexican Transvolcanic Belt	332	1.4	1.4
Haplic phaeozem	Sierra Madre del Sur	227	1.4	1.3
Calcic xerosol	Sierra Madre Oriental	274	0.9	0.7
Calcic xerosol	Northern Sierras and Plains	203	0.6	0.4
Calcaric fluvisol	Baja California Peninsula	7	0.3	0.3
Luvic yermosol	Sierra Madre Oriental	3	0.2	0.1

# Qué aprendimos

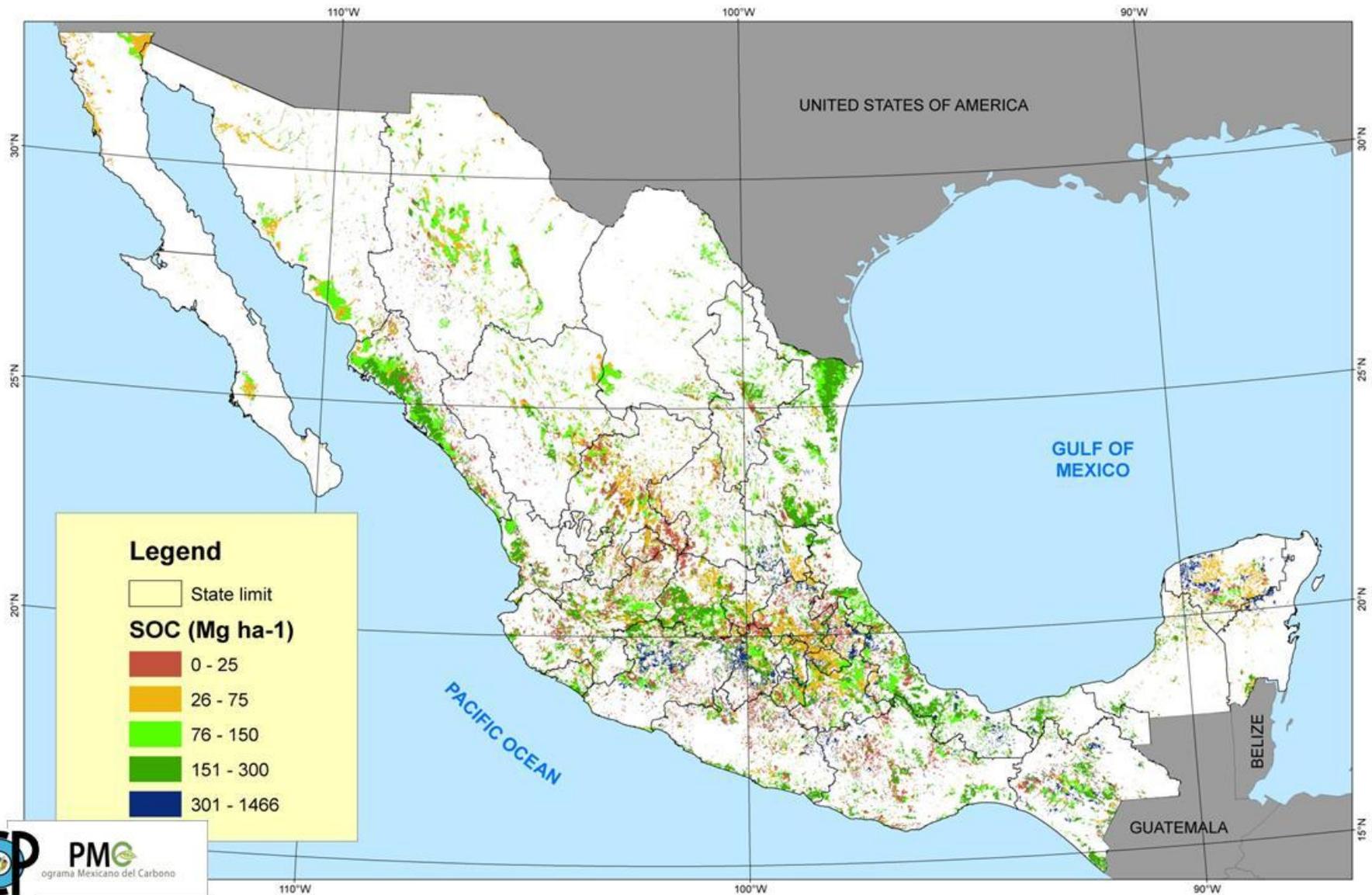
## Densidad del C en los suelos de México

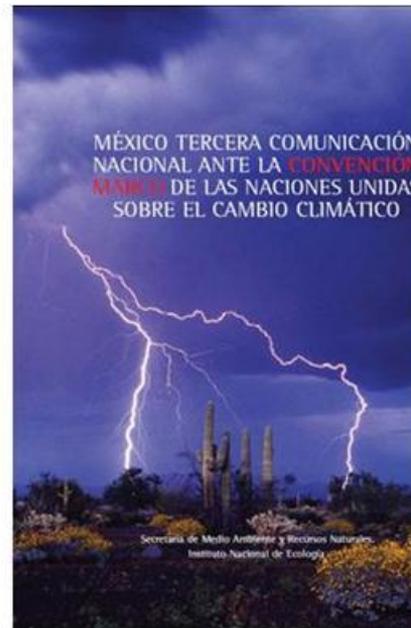
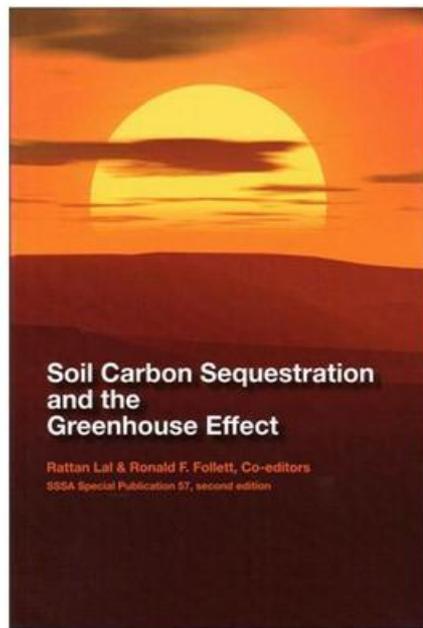
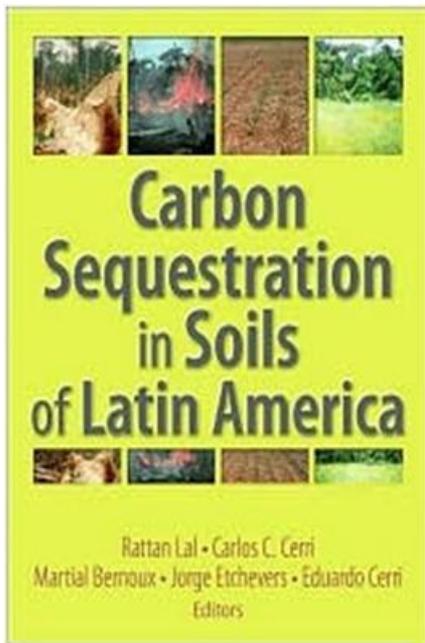


# Tipo de agricultura y suelos



# C orgánico en suelos agrícolas de México

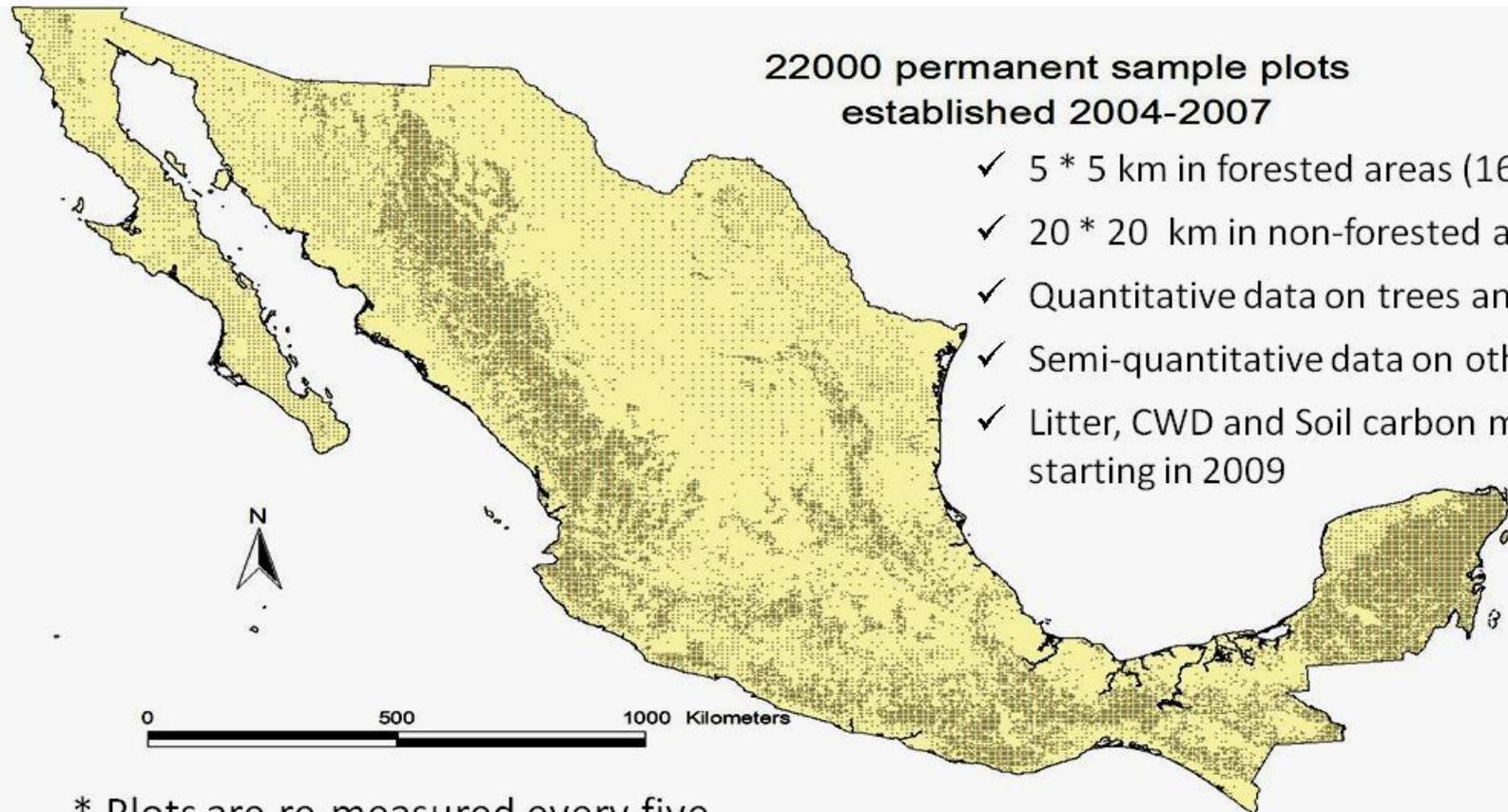




# Nuevos enfoques

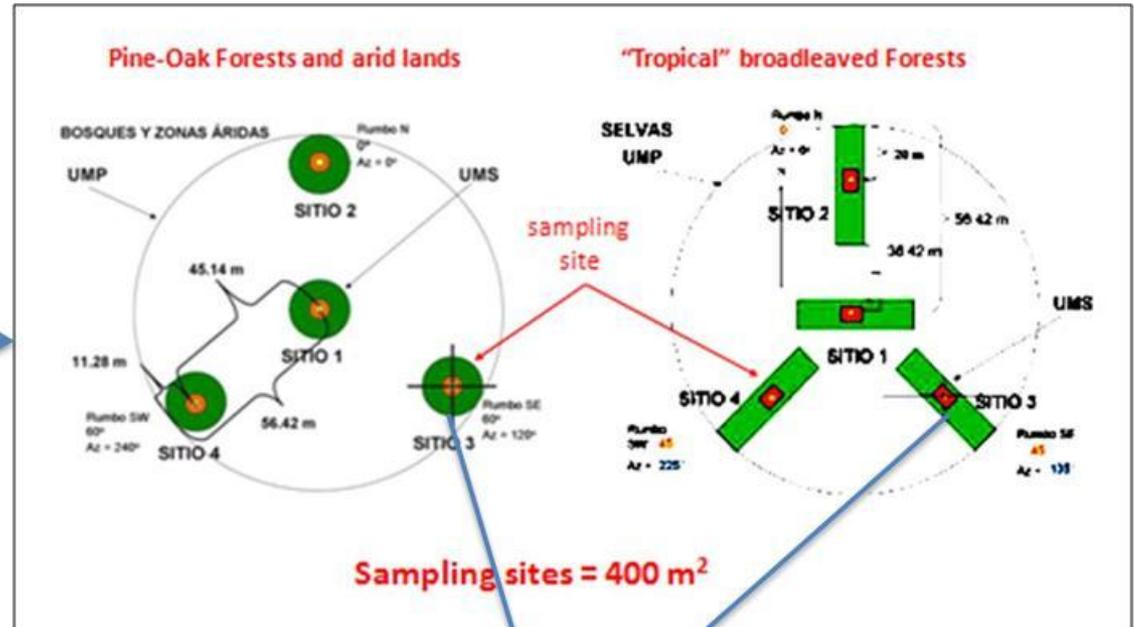
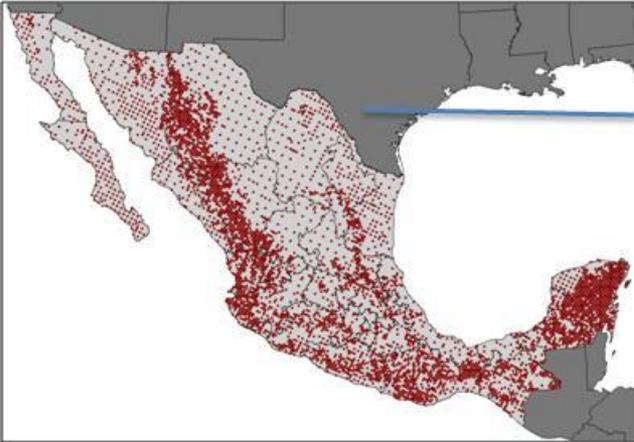


# Inventario Nacional Forestal y Suelos 2004-2008 (INFYS)

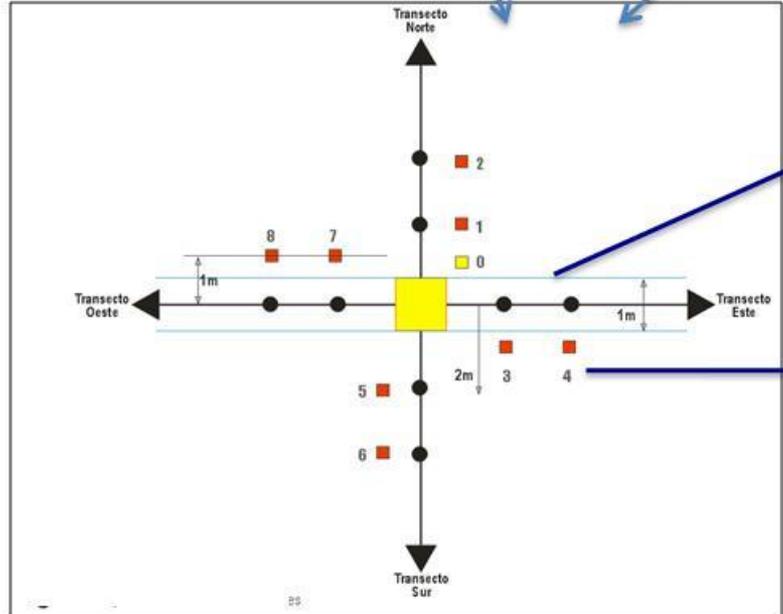


\* Plots are re-measured every five years

At every sampling point  
in 2009 and 2010



- 1m<sup>2</sup> sites  
Register of herbs, mosses, lichens
- Sampling point for BD  
Sampling point for TOC analysis
- Sampling point for litter, fermentation horizon and soil
- Sampling point for fuels



4200 soil samples were obtained and analyzed every year (0-10, 10-30, 30-60 cm).

Near 35.000 samples are in the process of analysis by NIR to understand spatial variability of soil C.

# Methods

In order to measure C pools, to establish C cycle processes and C dynamics two analytical approaches were used:

- Automated method
- TOC 5050 Shimadzu

Total Carbon Analyzer



- NIR spectroscopy
- Calibration, validation, prediction

Chemometric methods



# Análisis de suelos por combustión seca automatizada y medición de C por NIR

# Desarrollos analíticos



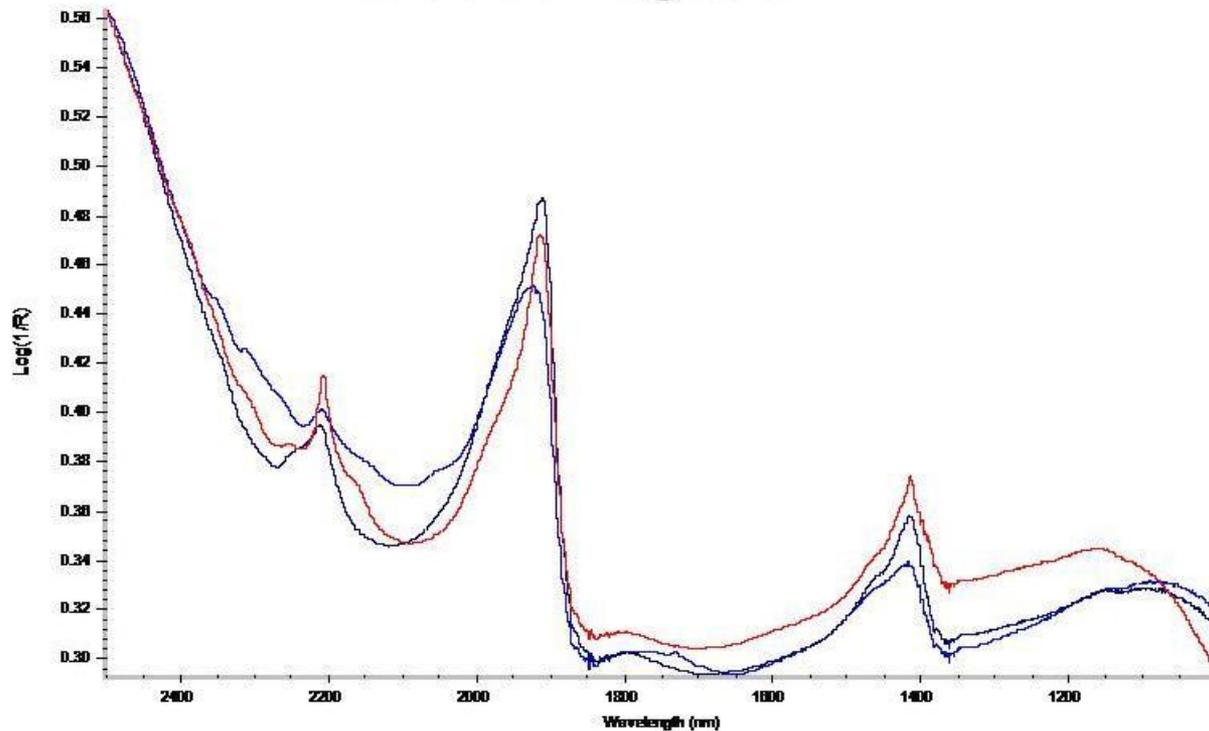




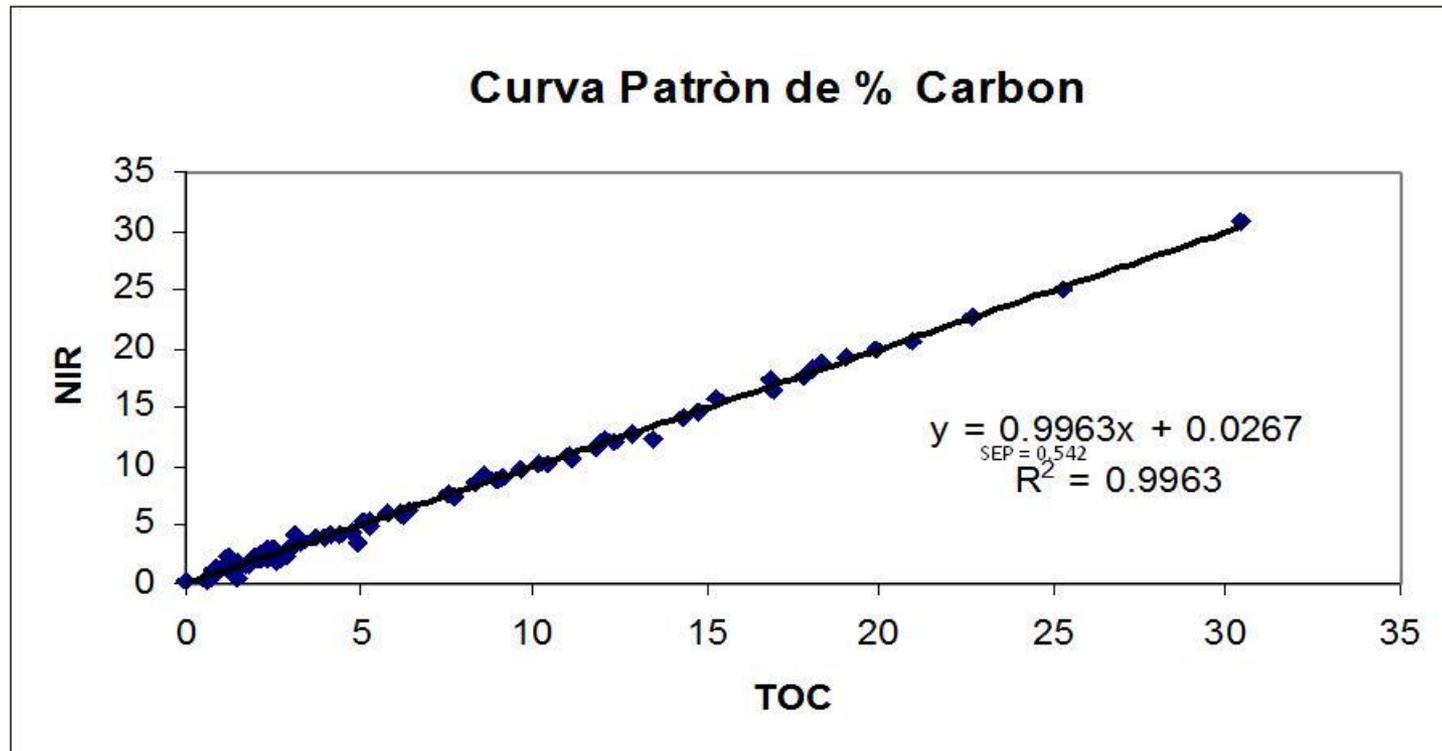


# Análisis de suelos por espectroscopía NIR

Reflectancia difusa con esfera de integración



# Análisis de suelos por espectroscopía NIR: Calibración



Para la calibración se utilizaron 93 muestras de diferentes suelos.

En un intervalo de 0.03 – 30.4 % C

SEP = error de predicción

# Cinco almacenes de carbono se están midiendo y monitoreando



Aboveground biomass

Biomass

Carbon content



Woody debris

Biomass

Carbon content



Litter

Biomass

Carbon content



Fermentation horizon

Biomass

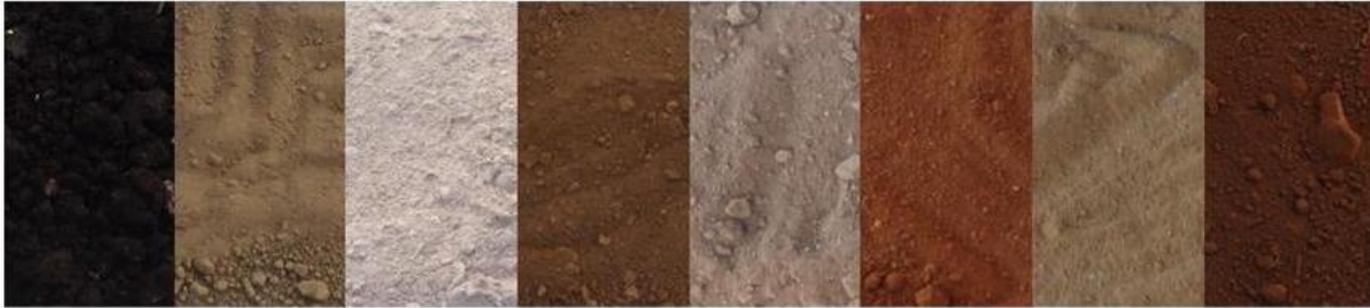
Carbon content



Soil

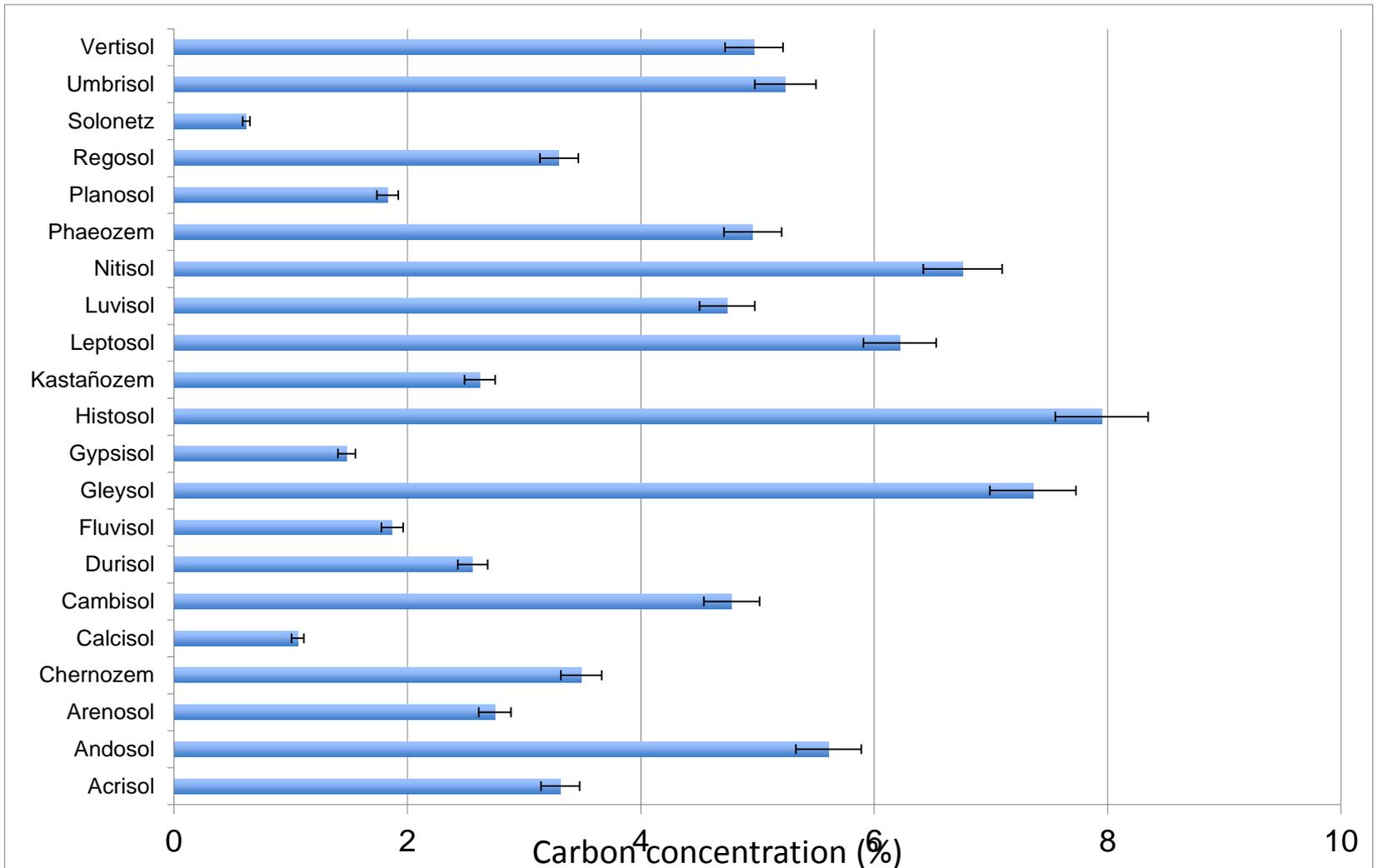
Bulk density  
Texture

# En que estamos

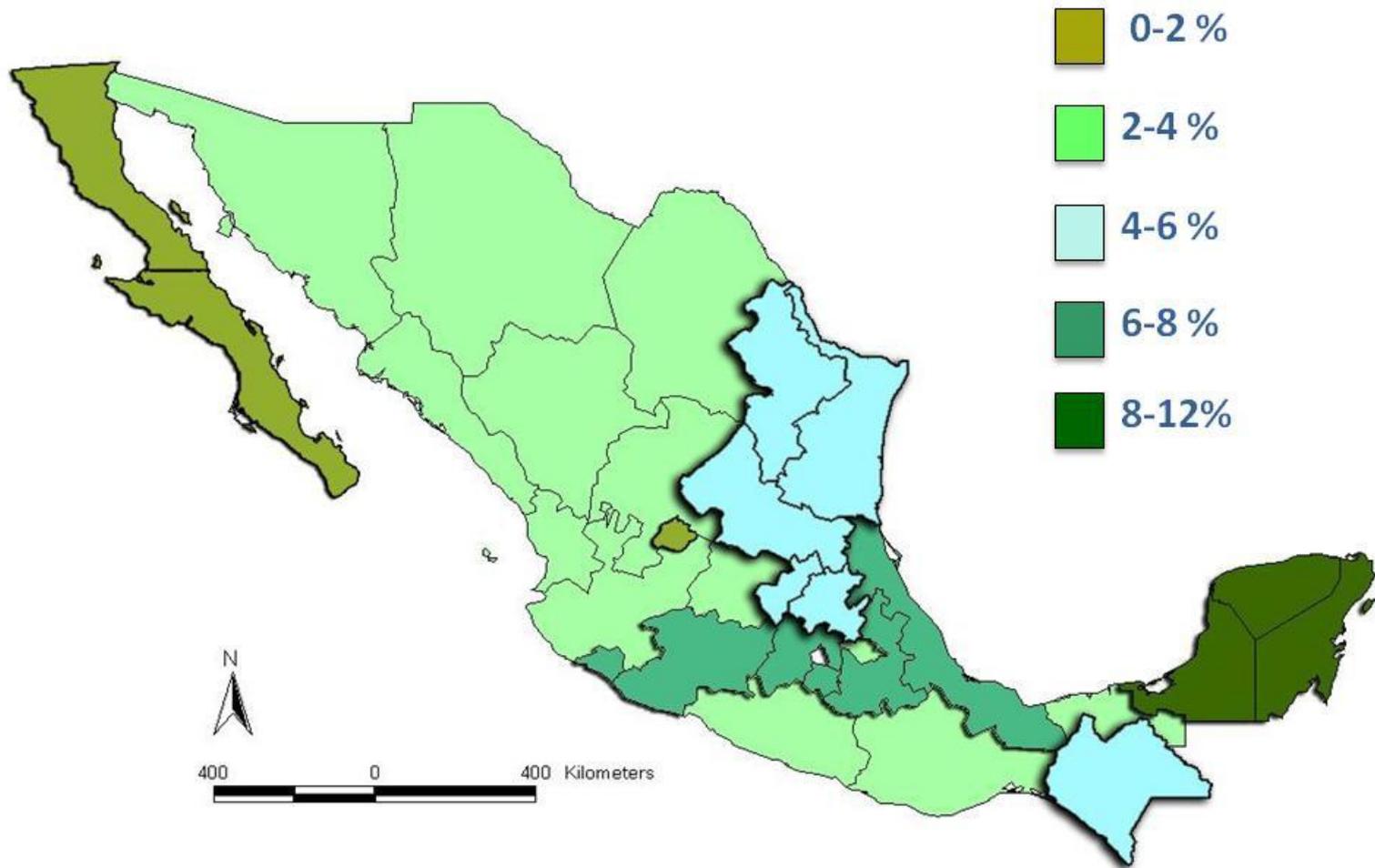


- $\cong 38\ 000$  muestras de suelo se colectan cada año.
- 4 200 muestras de esas muestras se miden para determinar carbono por combustion seca y densidad aparente. color, carbonatos, arcilla, limo y arena.
- Las restante  $\cong 34\ 000$  muestras se analizan para determinar carbono por NIR.

# Carbono por tipo de suelo



# Concentración de carbono por estado



# Ecosystem

High C concentration (6.3 – 10.7%)



Wetlands

Evergreen  
rainforest

Dry tropical  
forest

Low C concentration (0.4 – 1.8%)



Desert scrub

Grassland

Non-forest  
vegetation

# Soil type

High C concentration (5.6 - 8%)



Histosol

Gleysol

Nitisol

Andosol

Low C concentration (0.6 - 1.8%)



Solonetz

Calcisol

Gipsisol

Planosol

# Otros avances

- Ecuaciones alométricas
- Estudios de carbono en suelo agrícolas (preliminares)
- Estudio de raíces en bosques
- Estudios de emisión de  $\text{CO}_2$  del suelo con distintos manejos.
- Pérdida de C del suelo por la erosión hídrica

# Conclusiones

- En este momento (2011) tenemos cerca de 8000 nuevos datos de carbono medido con baja incertidumbre que han servido para mejorar información antigua..
- Se ha estandarizado metodología ( de campo y laboratorio ) lo que ha contribuido a disminuir la incertidumbre de la información disponible.
- Se han desarrollado nuevas técnicas (quimiometría NIR) para hacer más eficiente el proceso de medición (400 vs 60 muestras por día).
- Tenemos en el caso forestal mejor información del carbono existente en cinco almacenes de los ecosistemas forestales.
- Se comienza a trabajar en entender la dinámica de los procesos de carbono.

# Gracias por su atención

- [jetchev@colpos.mx](mailto:jetchev@colpos.mx)