

PM

Programa Mexicano del Carbono



Curso “Inventarios Regionales y Modelación del Carbono en Ecosistemas Terrestres”

Planeación de inventarios y mediciones





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN: INVENTARIOS DE CARBONO Y SUS LINEAMIENTOS
2. DESCRIPCIÓN DE MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN Y MONITOREO DE CARBONO
3. CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE MÉTODOS DE INVENTARIO
4. MÉTODOS DE MUESTREO Y PROCEDIMIENTOS
5. TIPO DE MUESTREO.
6. TAMAÑO DE LA MUESTRA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.
7. EJECUCIÓN EN CAMPO



Introducción: Inventarios de carbono y sus lineamientos

La adopción de los métodos para los inventarios de carbono y sus procedimientos deberían conducir a ser precisos y seguros en costo-efectividad de las estimaciones de los almacenes de carbono y sus cambios en espacio y tiempo, dado un tipo de uso de suelo en una región en una región conocida.

Los inventarios de carbono y sus lineamientos deberían cubrir los siguientes tópicos:

- **Descripción de métodos para la estimación y monitoreo de almacenes de carbono o emisiones y eliminaciones.**
- **Criterio para la selección de métodos de inventario**
- **Métodos de Muestreo y procedimientos.**
- **Protocolos de Campo, Laboratorio y Almacenamiento de información.**
- **Modelación y proyecciones.**
- **Procedimiento de Cálculo y estimaciones.**
- **Estimación de Incertidumbre.**

DESCRIPCIÓN DE MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN Y MONITOREO DE ALMACENES DE CARBONO.

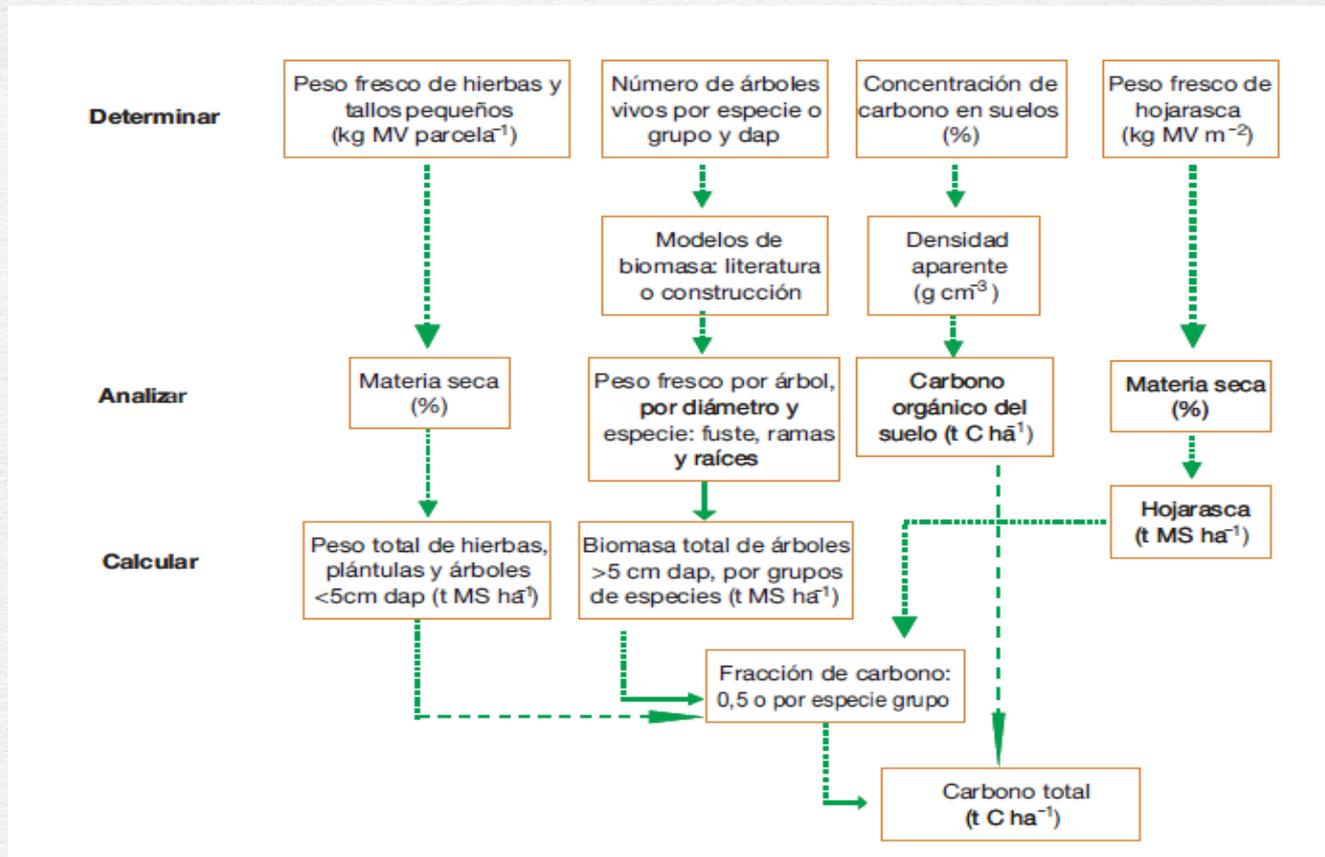


Diagrama resumen para Cuantificación/Monitoreo del secuestro de carbono.

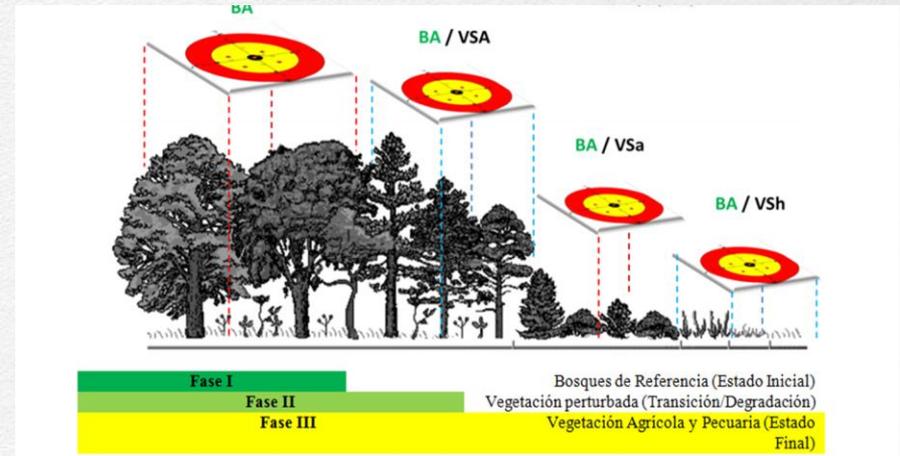
MV= Materia Verde = Biomasa

CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE MÉTODOS DE INVENTARIO

Aplicable en todos los tipos de vegetación y fases sucesionales.

Atienda a múltiples escalas.

Acorde con especificaciones Internacionales, (IPCC).



GRADIENTES -- > FASES SUCESIONALES (INEGI)



Intacto/Referencia



Arbóreo



Arbustivo



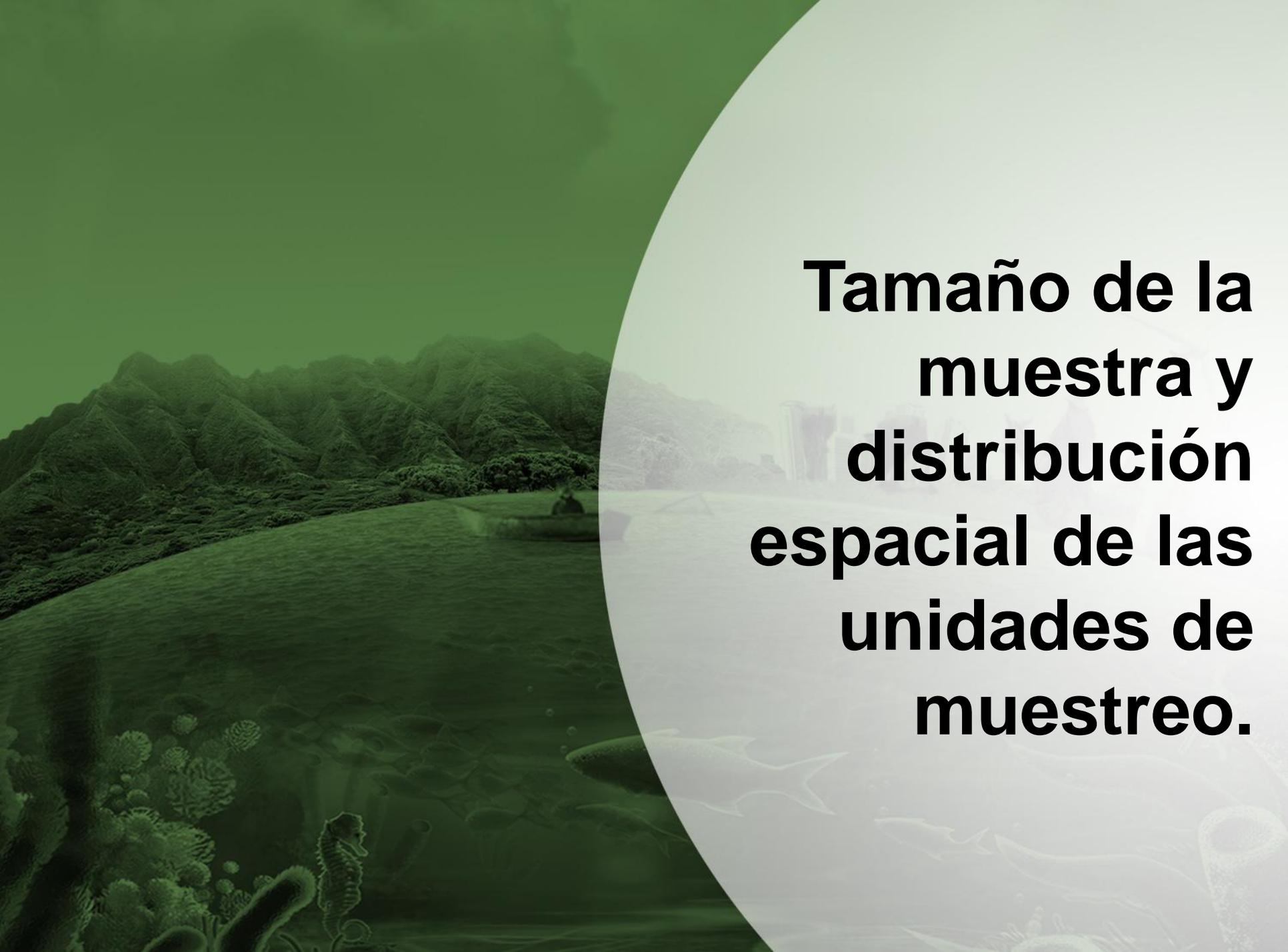
Herbáceo



TIPO DE MUESTREO

Dado que la medición de carbono se realizará en fases y en cada fase involucra a un grupo de unidades vegetación; cada unidad de vegetación varía en superficie y contenido de carbono. Con base en estándares internacionales para la estimación de carbono, el IPCC a través de **Winrock International** propone al **Muestreo Estratificado Aleatorio (MEA)**, con un intervalo de confianza del 90 al 95% y Error permitido de 10-20%.

PMC → utilizará un intervalo de confianza del 95% y un error permisible de hasta el 10%.



**Tamaño de la
muestra y
distribución
espacial de las
unidades de
muestreo.**



1. DATOS DE ACTIVIDAD Y SUPERFICIE

Para realizar la cuantificación se recurre a las “**Bases para la representación consistente del uso Suelo**”, de la Guía de Buenas Practicas para el Uso del Suelo y Cambio de Uso de Suelo y Forestería del IPCC.

Fuentes cartográficas disponibles en México

- Series de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI (escala 1:250,000) con cobertura nacional.
 - Serie II, año base: 1993
 - Serie III, año base: 2002
 - Serie IV, año base: 2007
 - Serie V, año base: 2011
- Cartografía estatal (escala 1:50,000) del PMC, con cobertura: Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Chiapas y Estado de México.
 - Serie III, año base: 2002
 - Serie IV, año base: 2007
 - Serie V, año base: 2011
 - Serie VI, año base: 2014
- Cartografía derivada de inventarios estatales y otras iniciativas locales (mapeo de la cubierta forestal, mapas de uso del suelo y vegetación, evaluación del cambio de uso del suelo y vegetación)

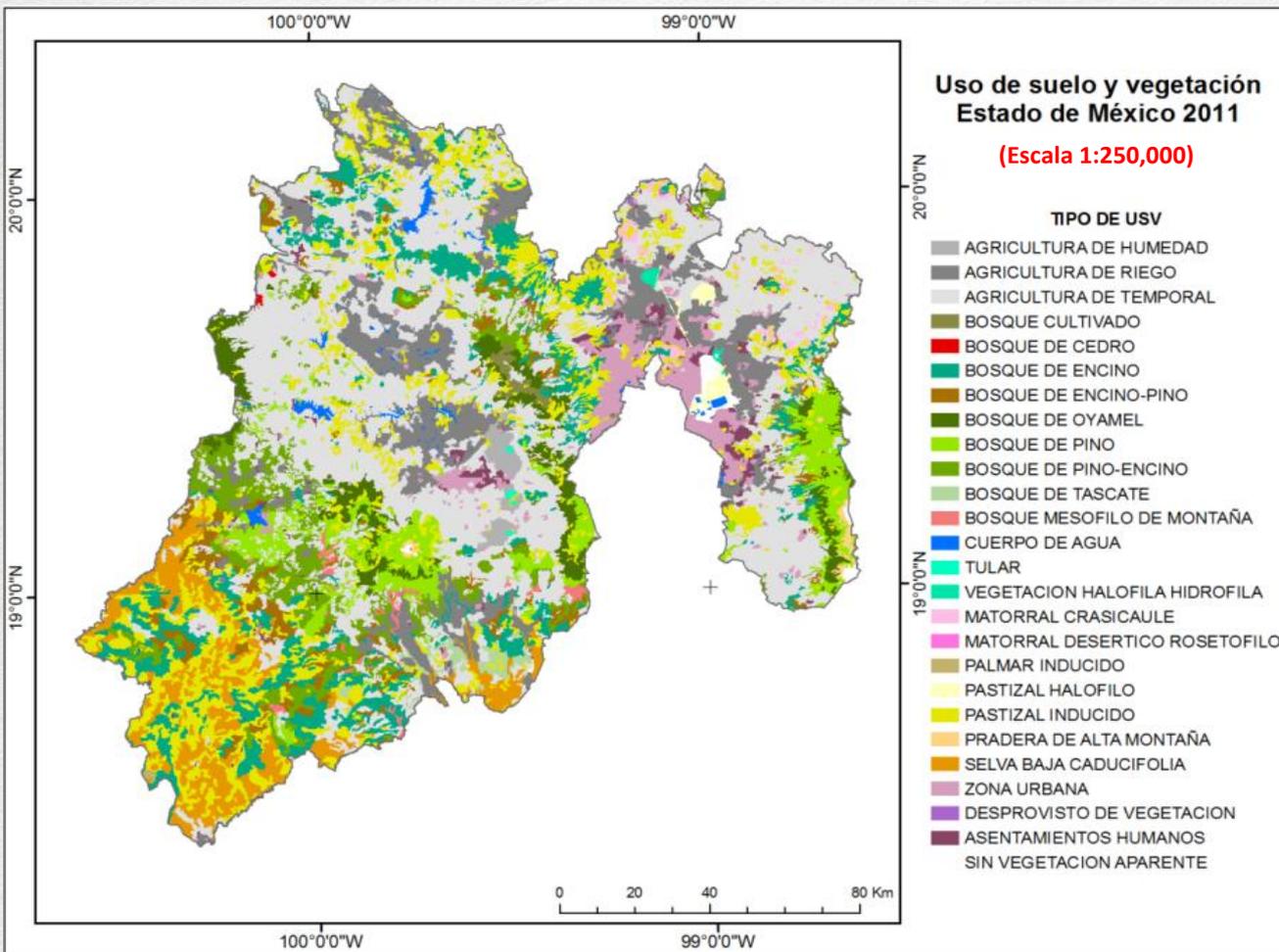


1. DATOS DE ACTIVIDAD Y SUPERFICIE

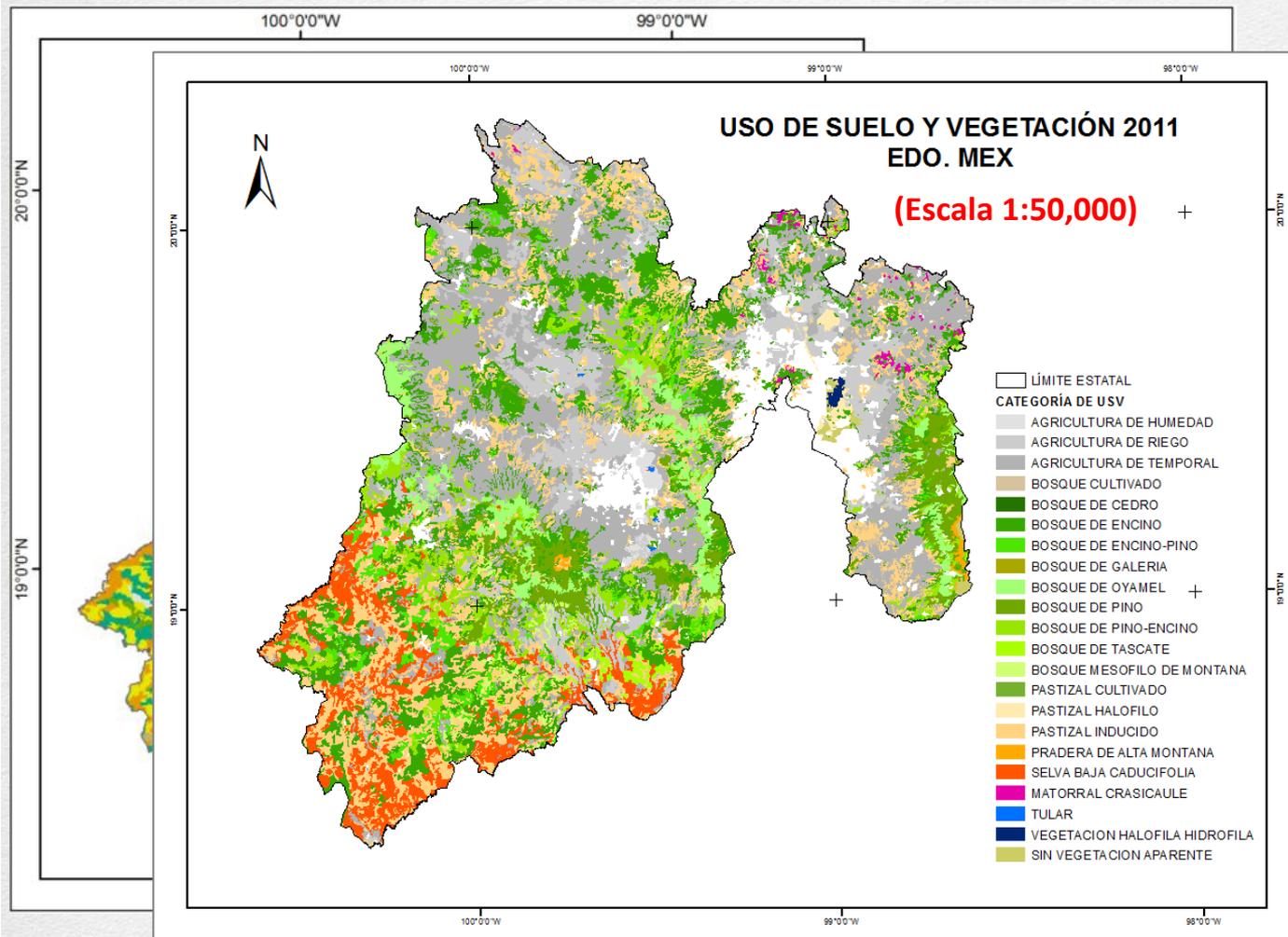
Fuentes cartográficas disponibles en México

- Series de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI (escala 1:250,000) con cobertura nacional.
 - Serie II, año base: 1993
 - Serie III, año base: 2002
 - Serie IV, año base: 2007
 - Serie V, año base: 2011
- Cartografía estatal (escala 1:50,000) del PMC, con cobertura: Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Chiapas y Estado de México.
 - Serie III, año base: 2002
 - Serie IV, año base: 2007
 - Serie V, año base: 2011
 - Serie VI, año base: 2014
- Cartografía derivada de inventarios estatales y otras iniciativas locales (mapeo de la cubierta forestal, mapas de uso del suelo y vegetación, evaluación del cambio de uso del suelo y vegetación)

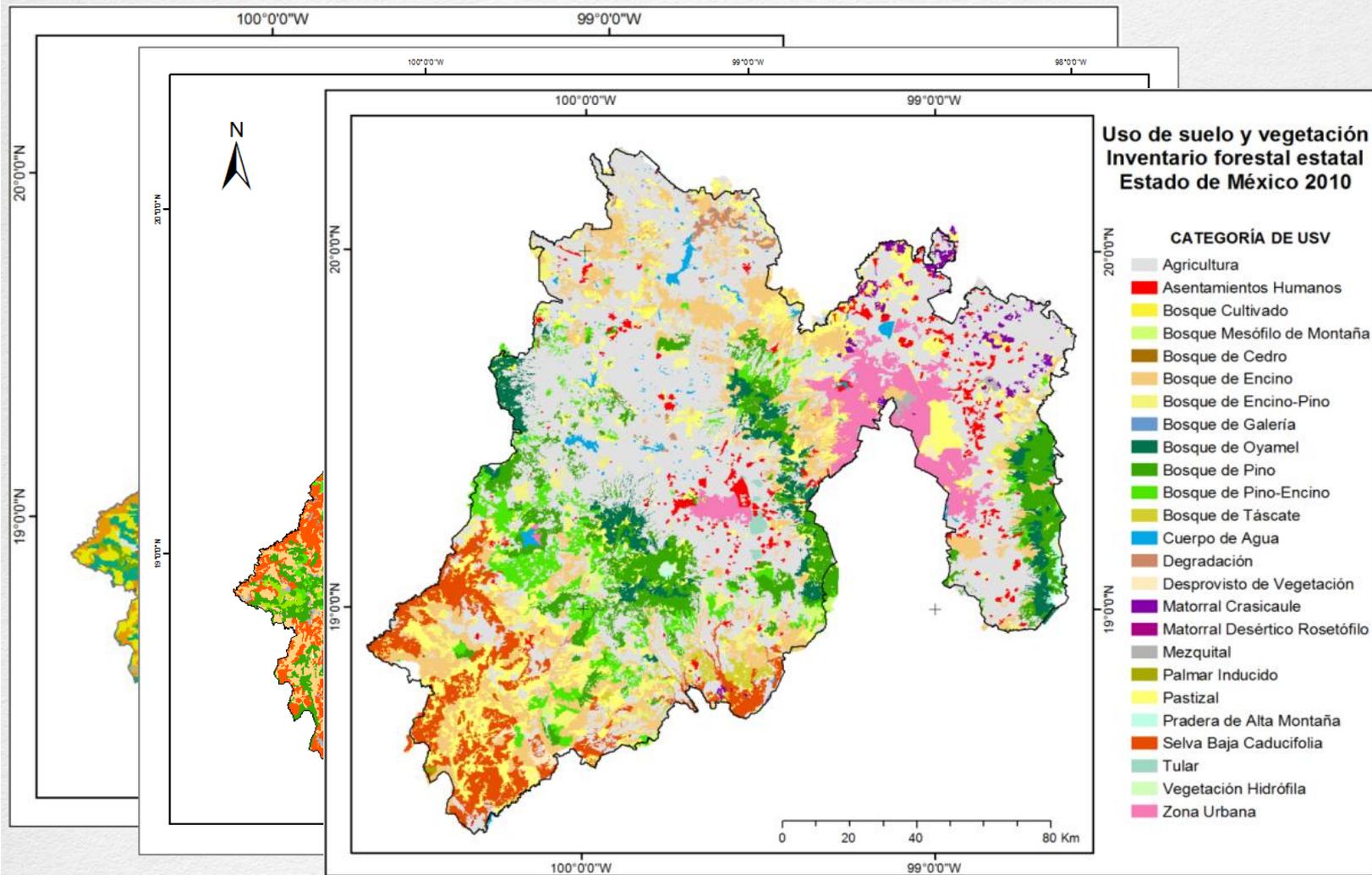
Ejemplo fuentes Cartográficas



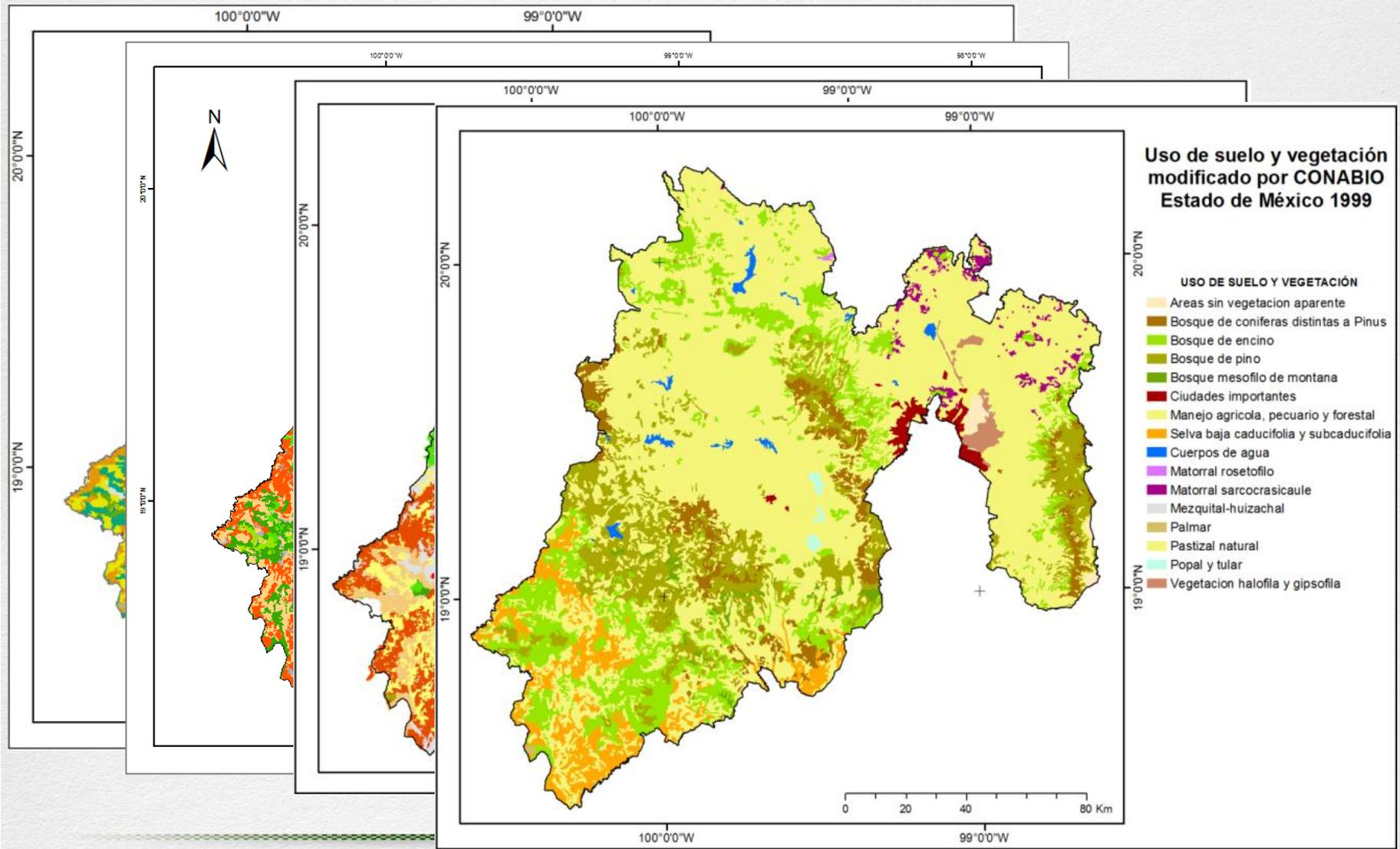
Ejemplo fuentes Cartográficas



Ejemplo fuentes Cartográficas

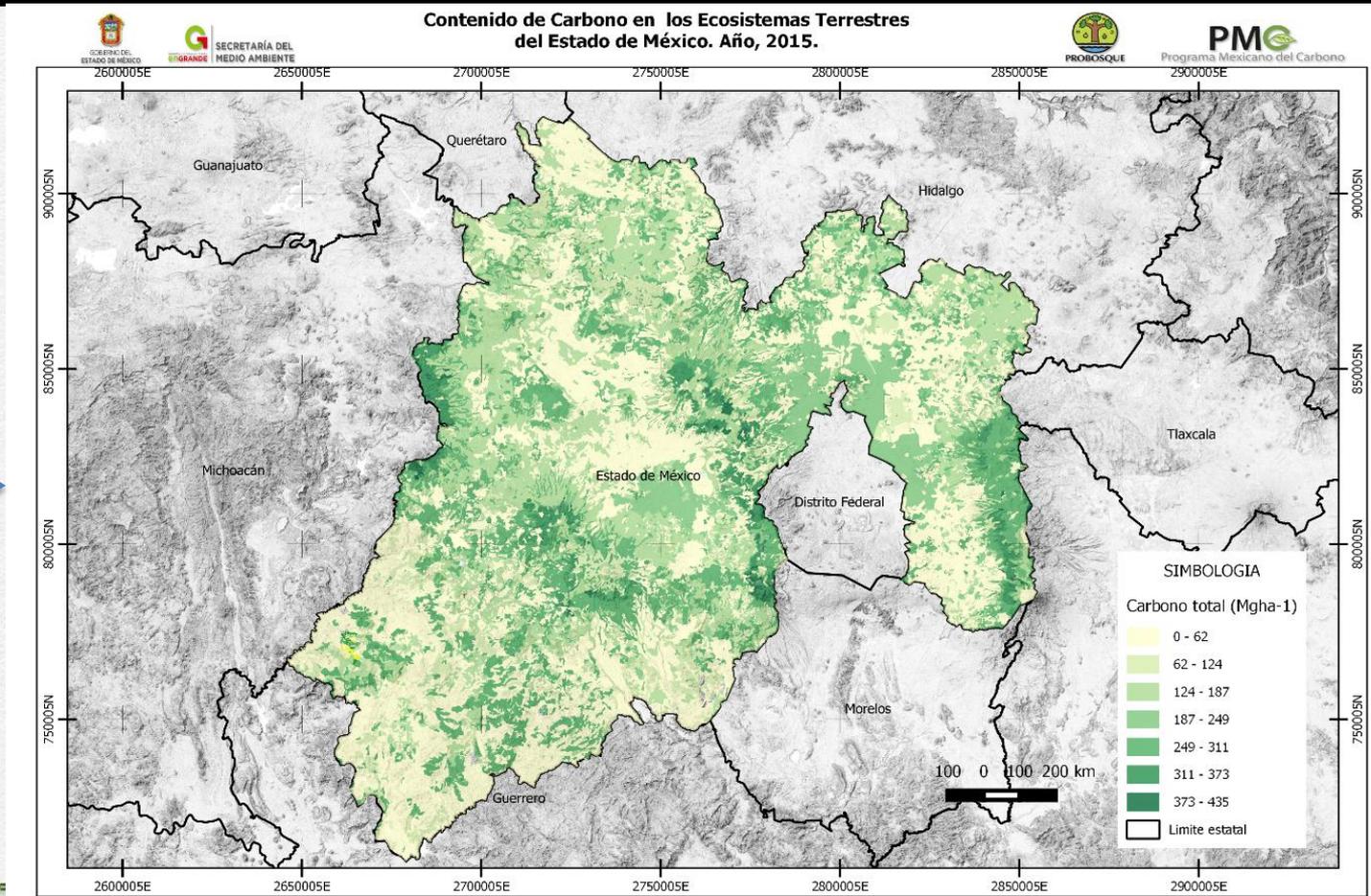


Ejemplo fuentes Cartográficas



2. ESTIMACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión (es decir, los cambios en las existencias de carbono de los bosques en proceso de cambio de uso de suelo que se combinan con los datos de actividad para estimar las emisiones)

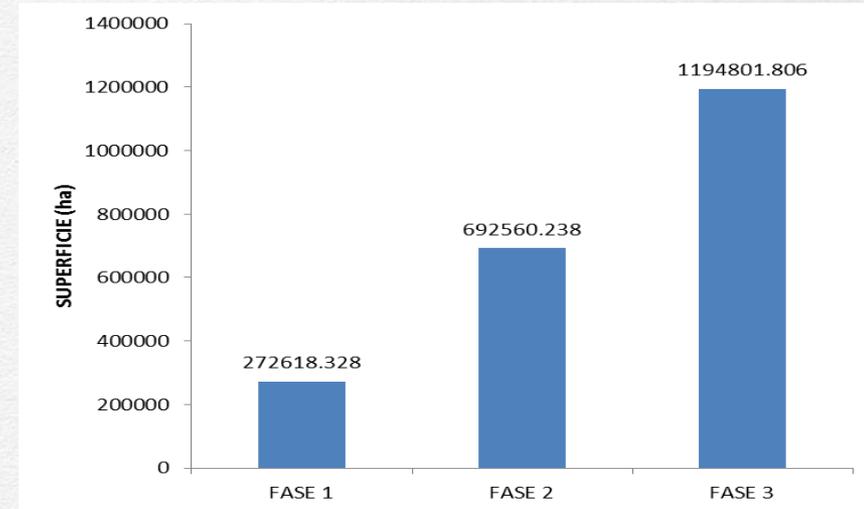
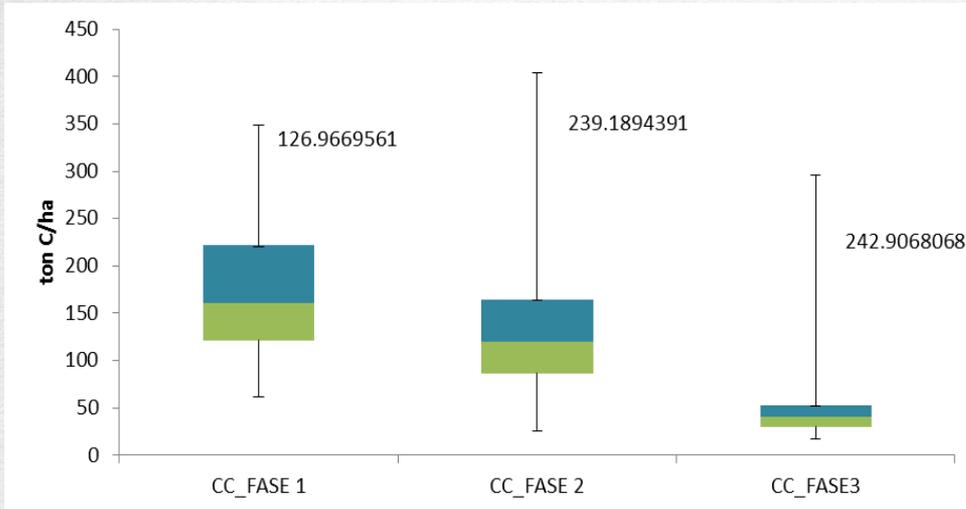


Programa Mexicano del Carbono (PMC). Organismo coordinador de investigaciones relacionadas con los aspectos físicos, geoquímicos, biológicos y sociales del ciclo del carbono en México.

No se permite la reproducción total o parcial, ni la transmisión de ninguna forma o medio impreso o electrónico de esta publicación, sin el permiso previo de la institución. <http://pmcarbono.org/>

3. TAMAÑO DE LA MUESTRA

La metodología de Winrock International requiere del promedio de contenido de carbono por tipo de vegetación y su desviación estándar para cada región estimar tamaño de muestra.



El tamaño de la muestra se estimó con base en el Protocolo para el “Calculo del número de puntos de muestro para las actividades de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio para Forestación/Reforestación (A/R CMD project activity, siglas en Ingles)” de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, siglas en Ingles); mediante la herramienta metodológica A/R CDM Tool (2014) desarrollada por Winrock International.

3. TAMAÑO DE LA MUESTRA POR ESTRATO

Sampling Characteristics of each stratum						Intermediate Calculations				
Stratum	Stratum Name	Area (ha)	Mean Biomass (t dry matter ha ⁻¹)	Standard Deviation (t dry matter ha ⁻¹)	Plot size (ha)	N _i	w _i	w _i * s _i		w _i * s _i ²
								w _i * s _i	w _i * s _i	
stratum 1	BA	15198.725	144.268685	78.6253983	12.5	1,215.90	0.51	39.78	3,127.71	
stratum 2	BP	6044.027	113.400318	61.1705902	12.5	483.52	0.20	12.31	752.84	
stratum 3	BPQ	4846.432	102.409254	82.6730469	12.5	387.71	0.16	13.34	1,102.66	
stratum 4	BQP	283.287	60.45676	34.7197853	12.5	22.66	0.01	0.33	11.37	
stratum 5	BG	159.793	49.9028667	8.91229725	12.5	12.78	0.01	0.05	0.42	
stratum 6	BM	139.501	87.72485	49.4156982	12.5	11.16	0.00	0.23	11.34	
stratum 7	BQ	3368.696	95.261913	64.9840325	12.5	269.50	0.11	7.29	473.55	
stratum 8		0	0	0	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	
stratum 9		0	0	0	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	
stratum 10		0	0	0	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	
stratum 11		0	0	0	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	
stratum 12		0	0	0	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	
stratum 13		0	0	0	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	
stratum 14										
stratum 15										
stratum 16										
stratum 17										
stratum 18										
stratum 19										
stratum 20										

Stratum	Stratum Name	Equation 1	Equation 1	Sampling Area (ha)	Sampling fraction (large = area sampled >5% of project area, small = area sampled <5% of project area)
		Plot Quantity (n) First Iteration	Plot Quantity (n) Second Iteration (if n<30)		
Total Sample Size		91		1137.50	3.787%
stratum 1	BA	49.37		617.18	
stratum 2	BP	15.28		190.95	
stratum 3	BPQ	16.55		206.93	
stratum 4	BQP	0.41		5.08	
stratum 5	BG	0.06		0.74	
stratum 6	BM	0.28		3.56	
stratum 7	BQ	9.04		113.06	
stratum 8		0	0.00	0.00	
stratum 9		0	0.00	0.00	
stratum 10		0	0.00	0.00	
stratum 11		0	0.00	0.00	
stratum 12		0	0.00	0.00	
stratum 13		0	0.00	0.00	
stratum 14					
stratum 15					
stratum 16					
stratum 17					
stratum 18					
stratum 19					
stratum 20					

INTERMEDIATE CALCULATIONS	
Sample statistic t _{α,1} (infinite degrees of freedom)	1.65
Sample statistic t _{α,1} (degrees of freedom=n-1)	NA only used where 1st iteration n<30
N = sum N _i	2,403.24
Total Area	30,040.46 hectares
Weighted Mean t dry matter Iha	124.25 tonnes d.m. ha ⁻¹
Weighted Plot Size	12.50 ha
Weighted SD	73.32 tonnes d.m. ha ⁻¹

CDM A/R Methodological Tool

"Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities"

Equation 1

$$n = \frac{N * t_{VAL}^2 (\sum_i w_i * s_i)^2}{N * E^2 + t_{VAL}^2 * \sum_i w_i * s_i^2}$$

Equation 3

$$n_a = n * \frac{1}{1 + n/N}$$

Equation 2

$$n = \left(\frac{t_{VAL}}{E}\right)^2 * \left(\sum_i w_i * s_i\right)^2$$

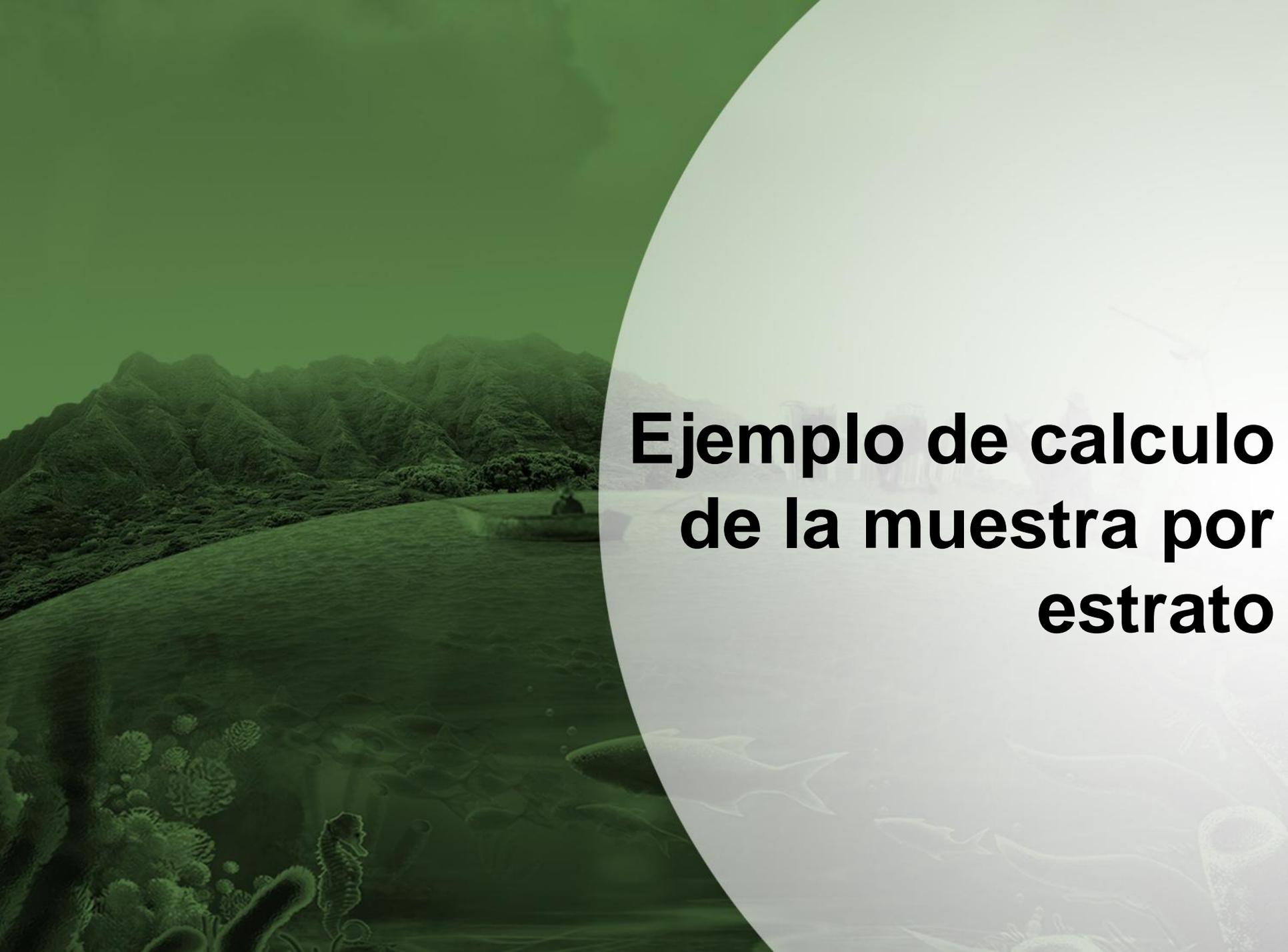
Equation 4

$$n_i = n * \frac{w_i * s_i}{\sum_i w_i * s_i}$$

n = Number of sample plots required for estimation of biomass stocks within project boundary
n_a = Adjusted number of sample plots required for estimation of biomass stocks within the project boundary; dimensionless
n_i = Number of sample plots allocated to stratum i
N = Total number of possible sample plots within the project boundary
t_{α,1} = Two-sided Student's t-value, at infinite degrees of freedom, for the required confidence level
w_i = Relative weight of the area of stratum i (i.e. the area of stratum i divided by project area)
s_i = Estimated standard deviation of biomass stock in stratum i
E = Acceptable margin of error (i.e. one-half the confidence interval) in estimation of biomass stock within project boundary
Calculated by multiplying the mean biomass stock by the desired precision (i.e. mean biomass stock * 0.1 (for 10% precision) or 0.2 (for 20% precision))



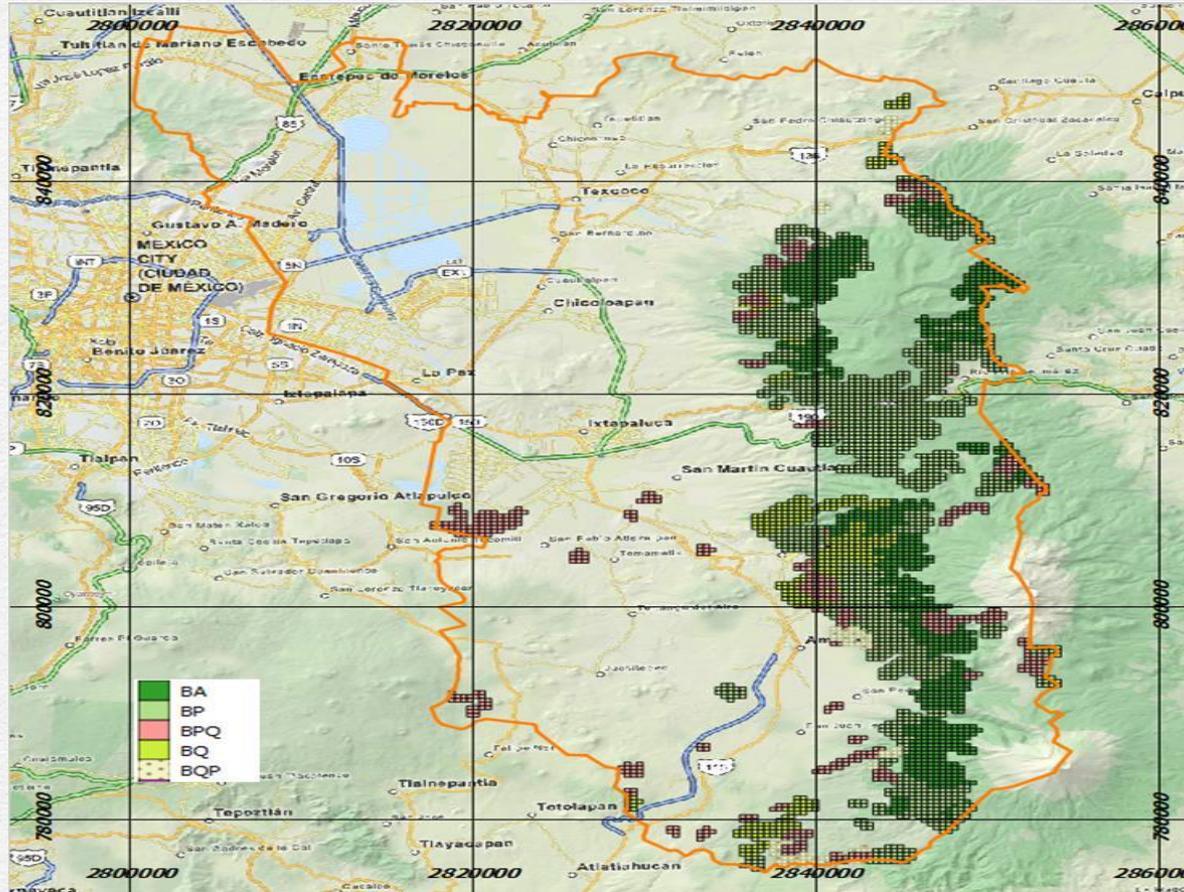
Copyright 2014 ©
Please do not alter excel file without permission from Winrock International:
www.winrock.org



Ejemplo de calculo de la muestra por estrato

Región III-Texcoco, Fase I

Para esta fase solo se estratificaron las clases INEGI para Bosques y Selvas en fase sucesional Intacta (Clasificación INEGI-PMC) a un tamaño de celda de 12.5 ha



Distribución de Celdas (grids) con base en información estratificada.



Estimación del número total de puntos de muestreo (n).

$$n = \frac{N * t_{Val}^2 * (\sum_i w_i * S_i)^2}{N * E^2 + t_{Val}^2 * (\sum_i w_i * S_i^2)}$$

Dónde:

n : Número de puntos de muestreo en la región dada.

N : Número total de puntos de muestreo en la región o proyecto.

t_{val} : Valor de t de Student a dos colas para infinitos grados de libertad en un intervalo de confianza requerido.

E : Margen de Error aceptable (*i.e.* la mitad del valor en el intervalo de confianza) en unidades de la S_j .

W_j : Proporción del área del estrato, en la región dada o proyecto (*i.e.* área del estrato dividido entre área del proyecto o región)

S_j : Desviación estándar en cada estrato i (en ton de C*ha⁻¹)

i : 1,2,3, ... Estratos en la región o proyecto.

Información Estratificada de entrada

Clasificación INEGI-PMC	Fase Sucesional INEGI	Nombre del Estrato (Clasificación INEGI)	Área (ha)	Contenido de Carbono Promedio (t C ha ⁻¹)	Desviación Estándar del Contenido de Carbono (t C ha ⁻¹)	Tamaño del GRID (ha)
Bosque de coníferas	Intacto	BA	10168.1 75	206.172	60.455	12.500
Bosque de coníferas	Intacto	BP	12185.9 32	132.291	69.326	12.500
Bosque de coníferas-latifoliadas	Intacto	BPQ	3235.86 7	98.559	63.977	12.500
Bosque de coníferas-latifoliadas	Intacto	BQP	903.352	86.734	36.764	12.500
Bosque de latifoliadas	Intacto	BQ	2691.58 3	94.494	32.826	12.500

Cálculos intermedios

Nombre del Estrato (Clasificación INEGI)	N_i	w_i	$w_i * s_i$	$w_i * s_i^2$
BA	813.454	0.349	21.070	1273.796
BP	974.875	0.418	28.956	2007.446
BPQ	258.869	0.111	7.096	453.973
BQP	72.268	0.031	1.138	41.850
BQ	215.327	0.092	3.028	99.411
	$N=2334$		$\Sigma= 61.289$	$\Sigma=3876.476$

N_i =área del estrato/12.ha, $w_i=N_i/N \rightarrow$ proporción del estrato, s_i =Desviación estándar del estrato i.



Considerado el promedio ponderado del contenido de carbono ($149.4 \text{ t C ha}^{-1}$) en los estratos y al 10% de dicho promedio como el error aceptable, por tanto $E=15 \text{ t C ha}^{-1}$. El valor t-Student, a un intervalo de confianza del 90% y un error del 10%, por tanto $t=1.65$.

$$n = \frac{(2334) * 1.65^2 * (61.289)^2}{(2334) * 15^2 + 1.65^2 * (3876.476)} \approx 45$$



Asignación de puntos en cada estrato

$$n_i = n * \frac{w_i * S_i}{\sum_i w_i * S_i}$$

Dónde:

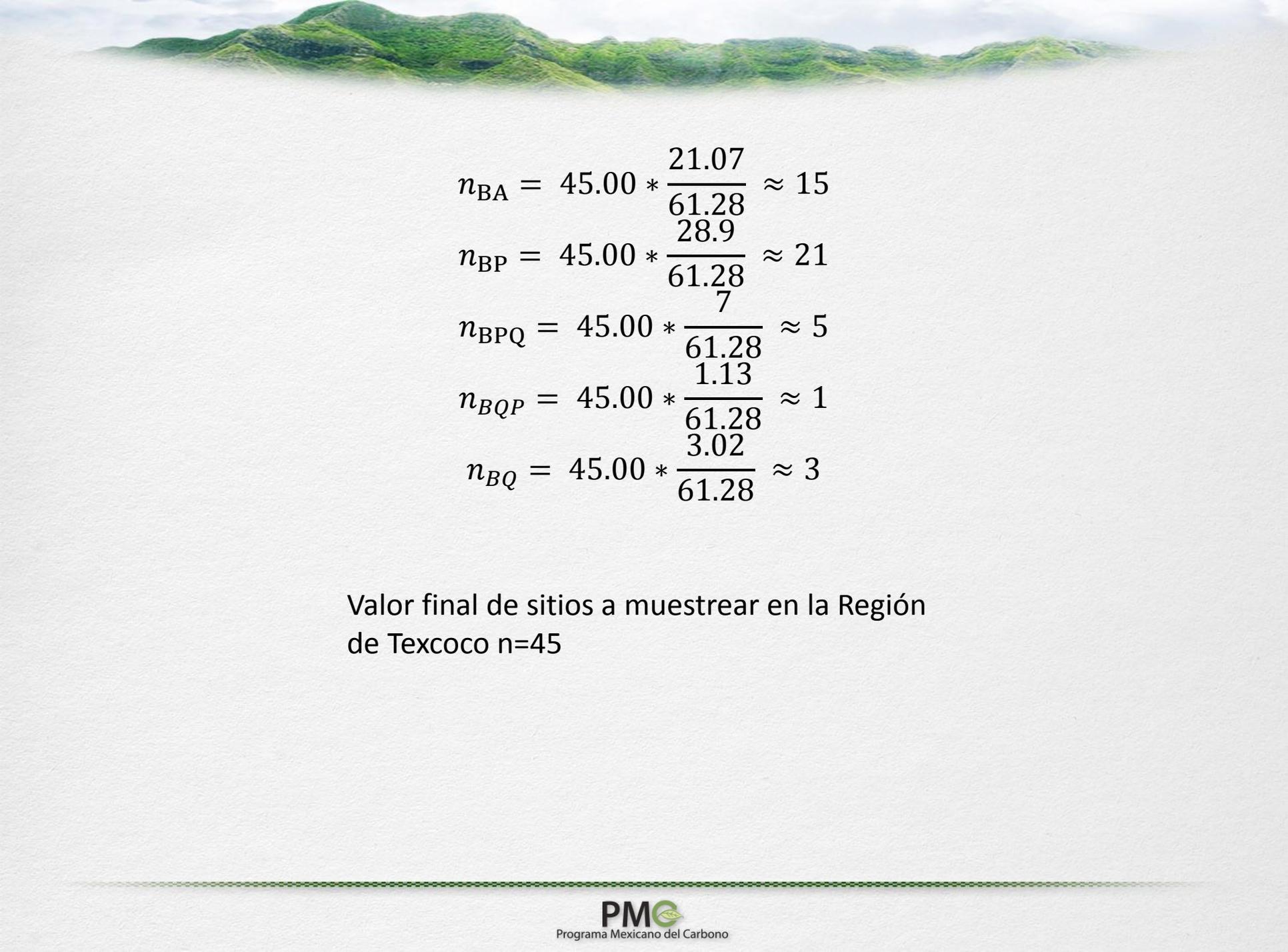
n_i : Número de puntos de muestreo asignado al estrato i .

n : Número de puntos de muestreo en la región dada.

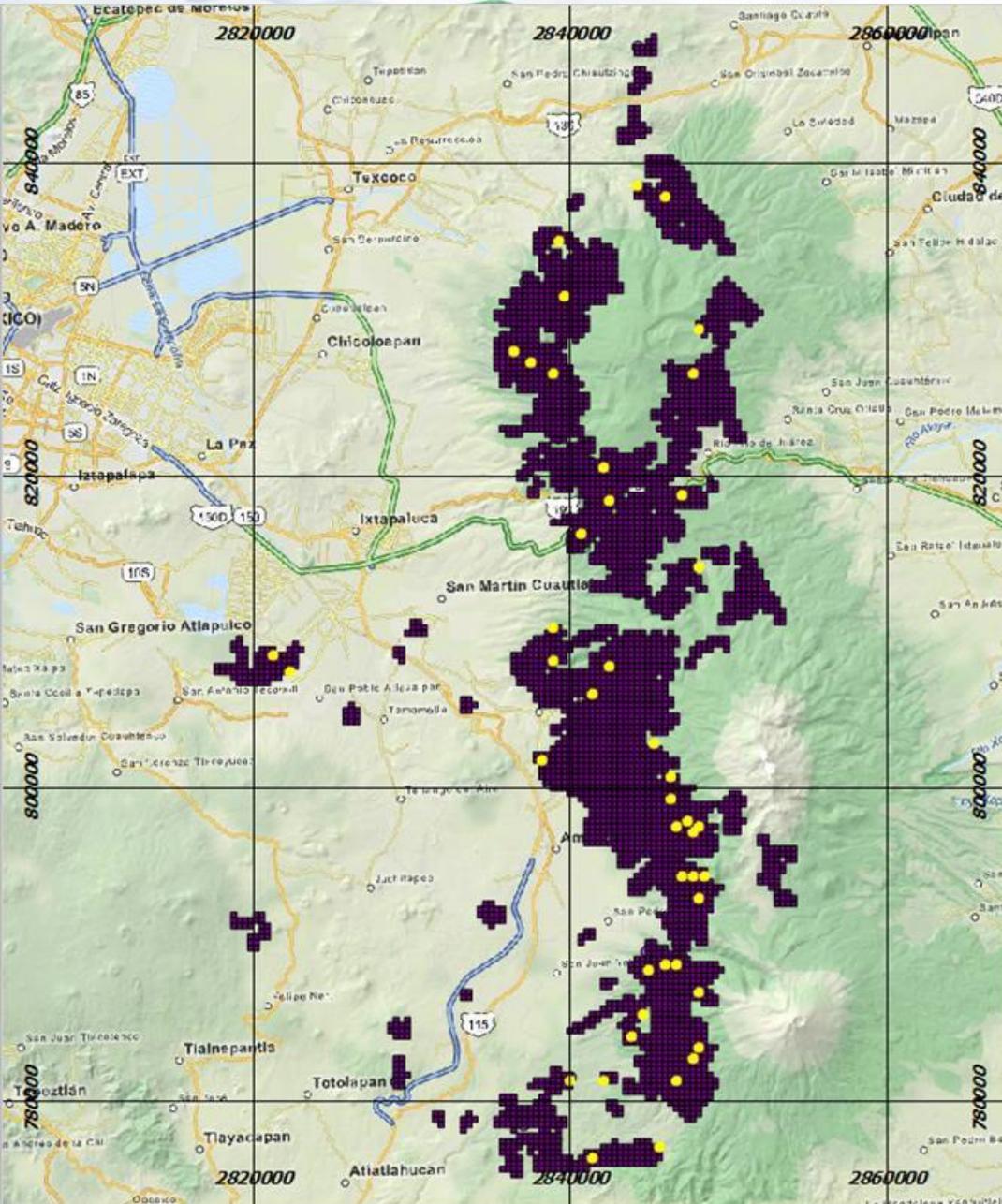
W_i : Proporción del área del estrato, en la región dada o proyecto (i.e. área del estrato dividido entre área del proyecto o región)

S_i : Desviación estándar en el estrato i (en ton de C*ha⁻¹)

i : 1,2,3, ... Estratos en la región o proyecto.


$$n_{BA} = 45.00 * \frac{21.07}{61.28} \approx 15$$
$$n_{BP} = 45.00 * \frac{28.9}{61.28} \approx 21$$
$$n_{BPQ} = 45.00 * \frac{7}{61.28} \approx 5$$
$$n_{BQP} = 45.00 * \frac{1.13}{61.28} \approx 1$$
$$n_{BQ} = 45.00 * \frac{3.02}{61.28} \approx 3$$

Valor final de sitios a muestrear en la Región de Texcoco n=45

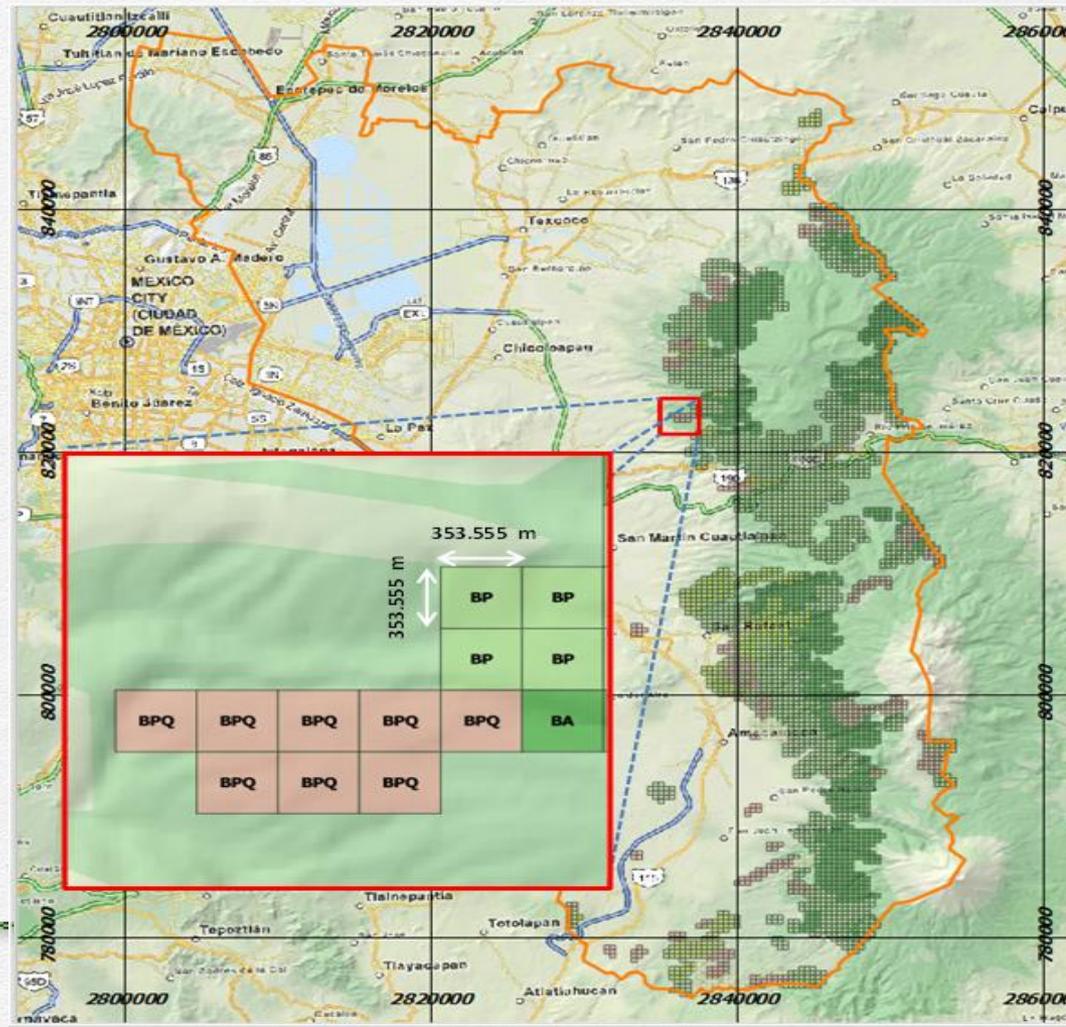


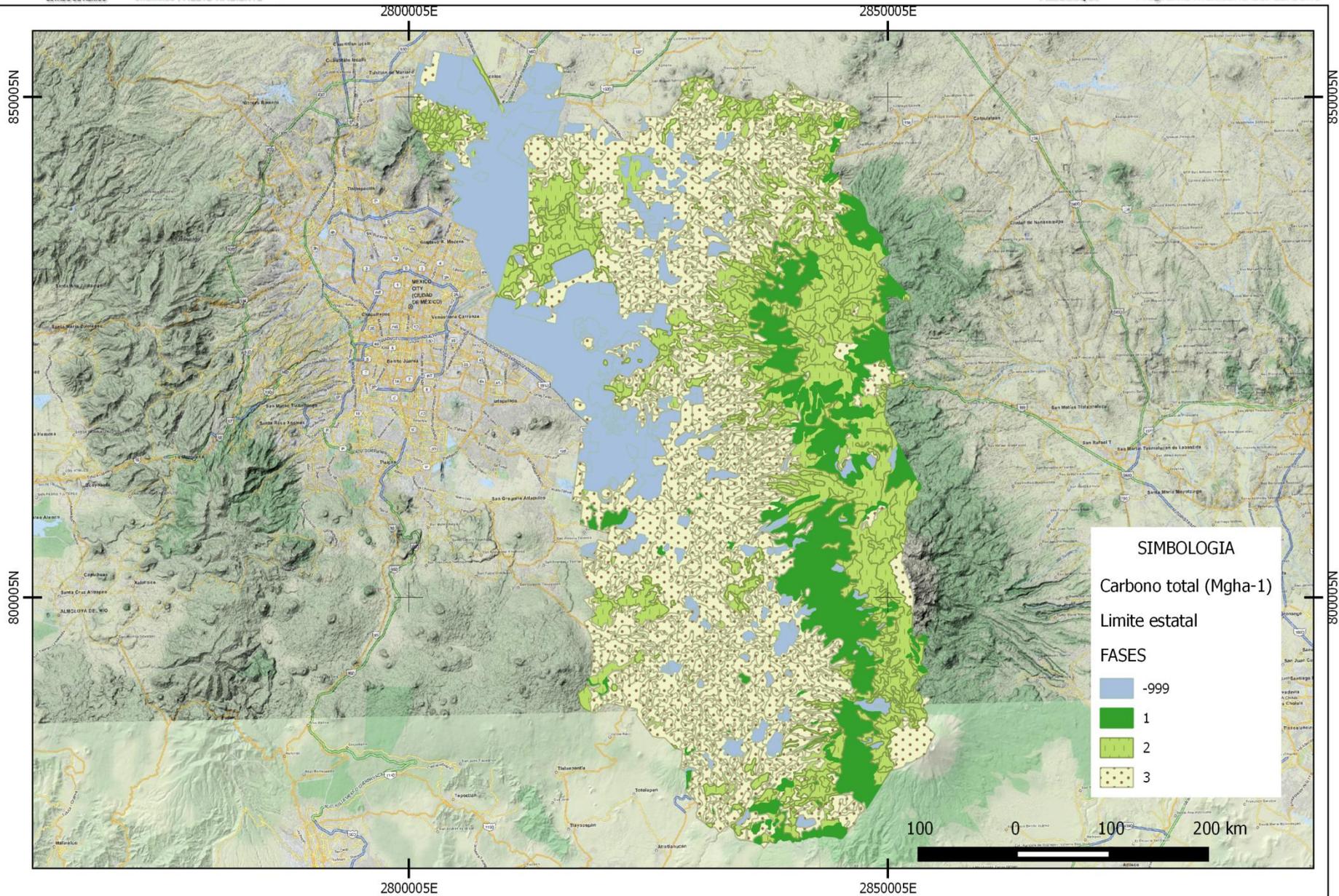
Distribución Espacial de los puntos de muestreo.

WI, recomienda el uso de un software de SIG para la aleatorización de los puntos. En este caso se usó QGis.

4. ALEATORIZACIÓN DE LOS PUNTOS ESTIMADOS

La subdivisión de las unidades de vegetación en malla (grid), implica que se puedan contabilizar el número cuadrantes por estrato y además, cada cuadrante contiene el dato de contenido de carbono en biomasa y suelo.





Programa Mexicano del Carbono (PMC). Organismo coordinador de investigaciones relacionadas con los aspectos físicos, geoquímicos, biológicos y sociales del ciclo del carbono en México.

No se permite la reproducción total o parcial, ni la transmisión de ninguna forma o medio impreso o electrónico de esta publicación, sin el permiso previo de la institución.
<http://pmcarbono.org/>



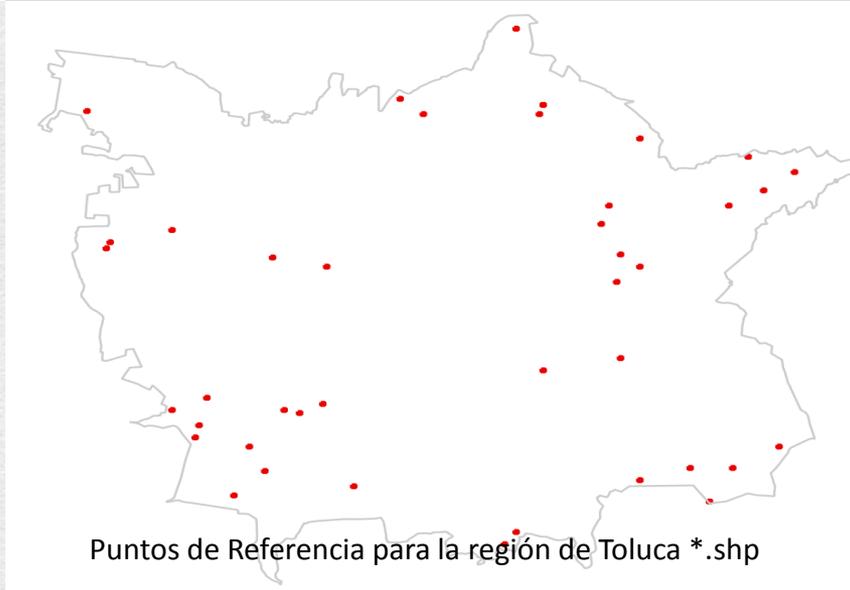
Ejecución en campo.

EJECUCIÓN EN CAMPO

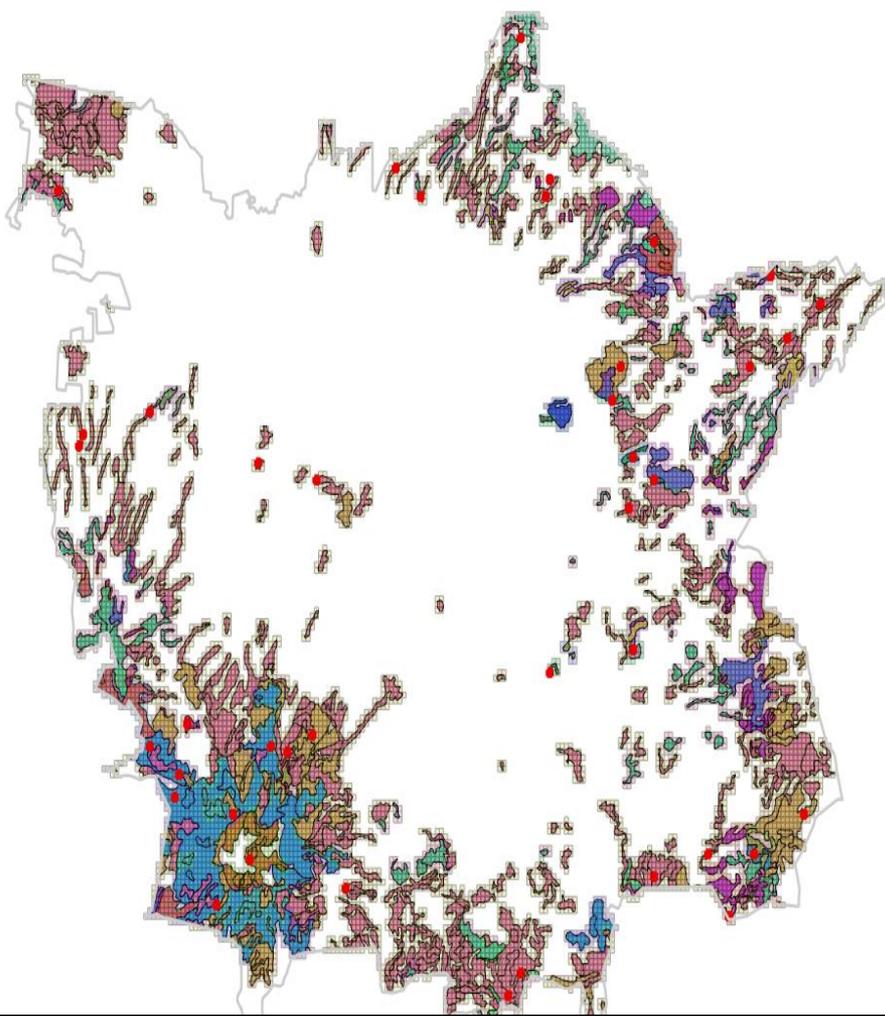
A las brigadas se les entregaron los siguientes archivos de referencia para localización y colocación de sitios de Muestreo:

REGION	Tamaño de muestra(n)	EGT_EV_INEGI	EGT_FSE_INEGI	EGT_TIPOV_INEGI	ASIGNACION (IC=95%, e=10%)
L_TOLUCA	45	BOSQUE	SECUNDARIO	Vsa/BA	2
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSA/BA	3
		INFORMACION AGRICOLA-PECUARIA-FORESTAL	SECUNDARIO	Vsa/BC	1
		BOSQUE	SECUNDARIO	Vsa/BP	7
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSA/BP	4
		BOSQUE	SECUNDARIO	Vsa/BPQ	3
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSA/BQ	16
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSA/BQ	1
		BOSQUE	SECUNDARIO	Vsa/BQP	1
		SELVA	SECUNDARIO	Vsa/SBC	1
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSN/BA	1
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSN/BP	1
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSN/BQ	1
		BOSQUE	SECUNDARIO	VSN/BQP	1
		PASTIZAL	PRIMARIO	VV	1
VEGETACION HIDROFILOA	PRIMARIO	BG	1		

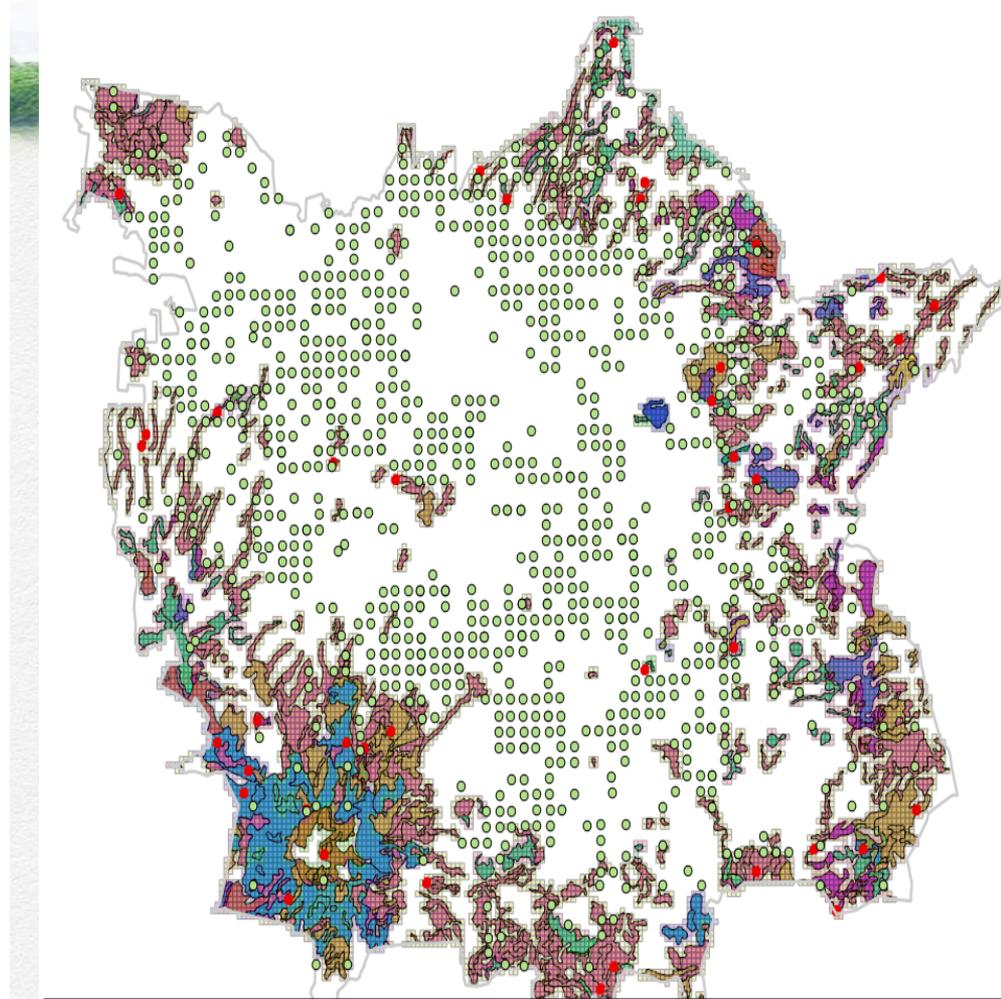
ARCHIVO DE EXCEL CON LA CANTIDAD DE PUNTOS ESPERADOS POR TIPO DE VEGETACIÓN EN LA REGIÓN ASIGNADA



Ubicación geográfica (coordenadas UTM) de los puntos de muestreo (formato Vectorial Shape y KML – Google Earth-)



Limites de la vegetación y celdas a muestrear para la región de Toluca *.shp



Puntos de INFyS y otros estudios donde no debe haber traslape en el muestreo para la región de Toluca *.shp

Capa de limites de tipos de vegetación de la Fase 2 y Capa de celdas correspondientes; entregadas con el objeto de que las brigadas tengan margen de movimiento del punto por alguna circunstancia.
 Capa de puntos de INFyS y de otros estudios, con los que no debe existir traslape.



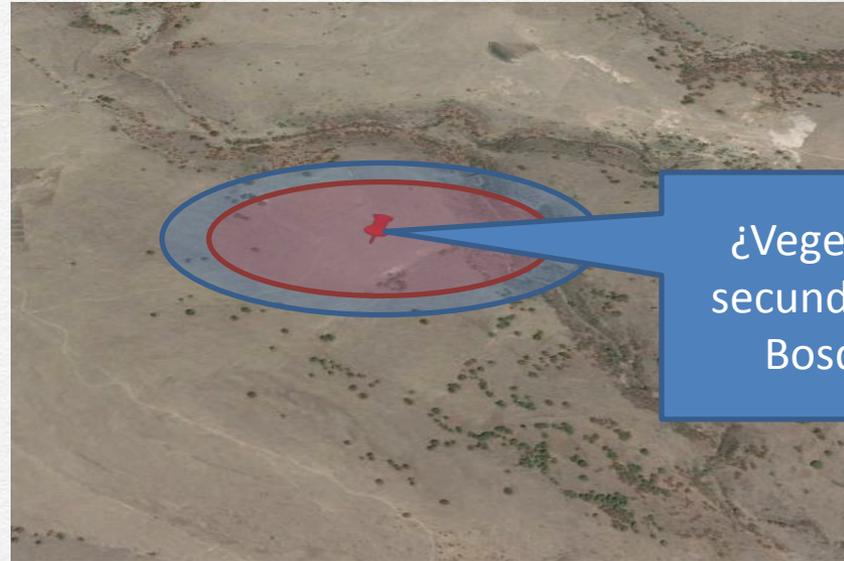
MANEJO DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA

Los Puntos de Referencia son Orientativos, No determinativos.

Bajo la consideración de que se utilizó la cartografía 1:50 000 de INEGI (PMC), para la delimitación de las zonas de muestreo y esta a su vez tiene un grado de incertidumbre asociada; es probable que el punto sugerido no tenga las condiciones (espacio, acceso, etc.) para ser medido o simplemente no atienda las condiciones de correspondencia con el tipo de vegetación asignado.

Restricciones

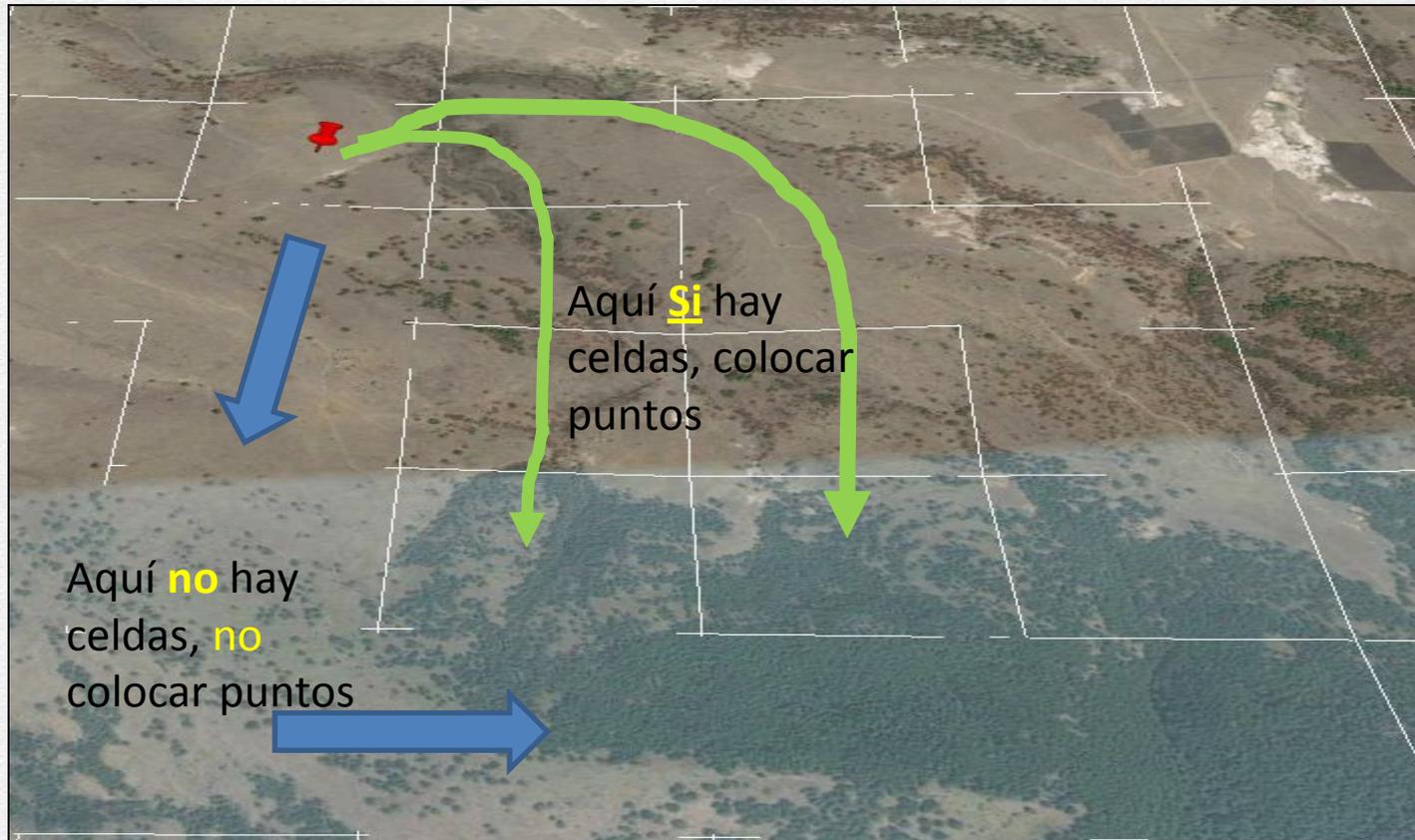
a) El marco de muestreo NO debe aplicarse en lugares donde no existan condiciones en espacio, acceso y forma en el tipo de vegetación representativo buscado.



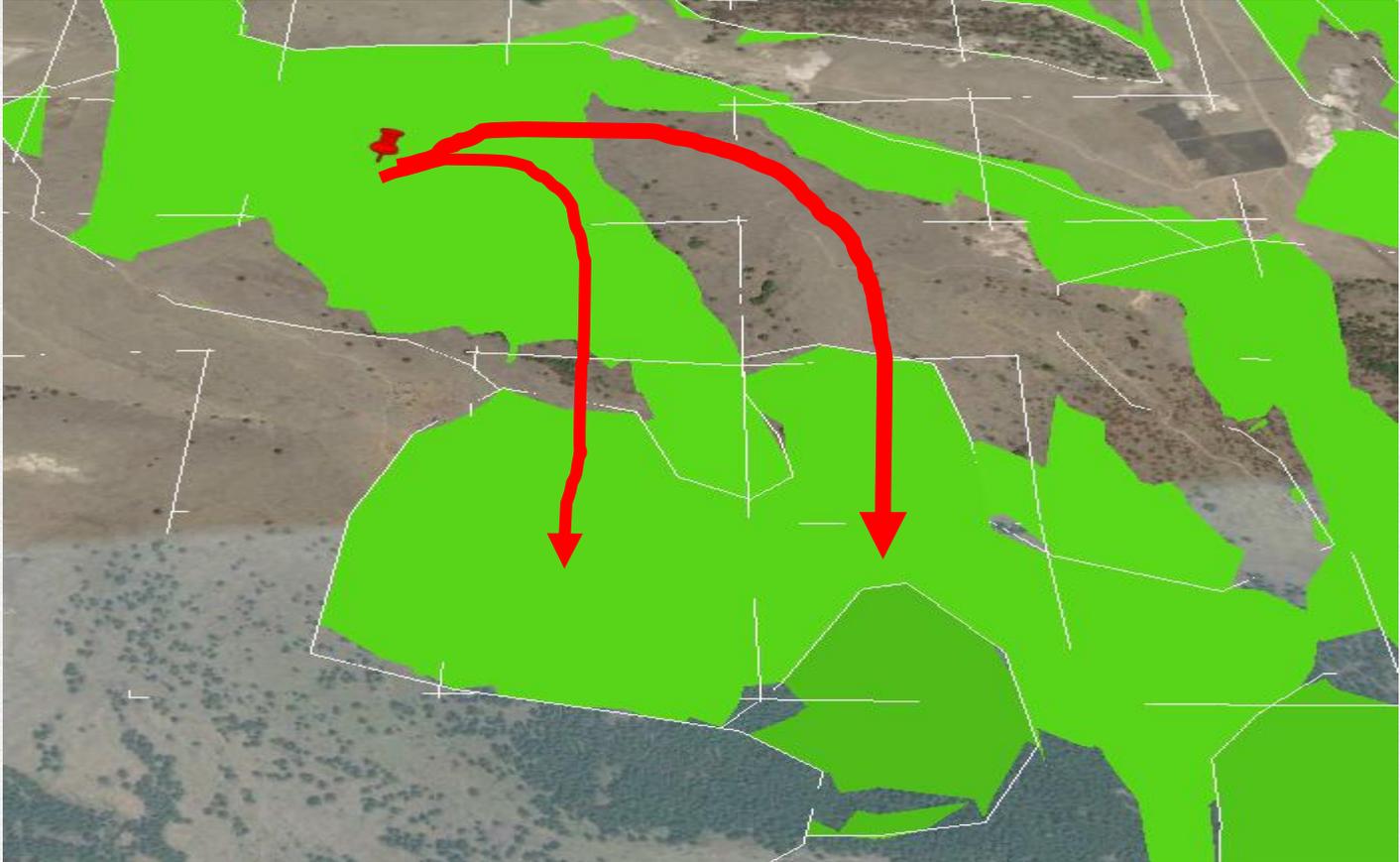
¿Vegetación secundaria de Bosque?

¿QUE HACER?; APOYO ARCHIVOS *.KML

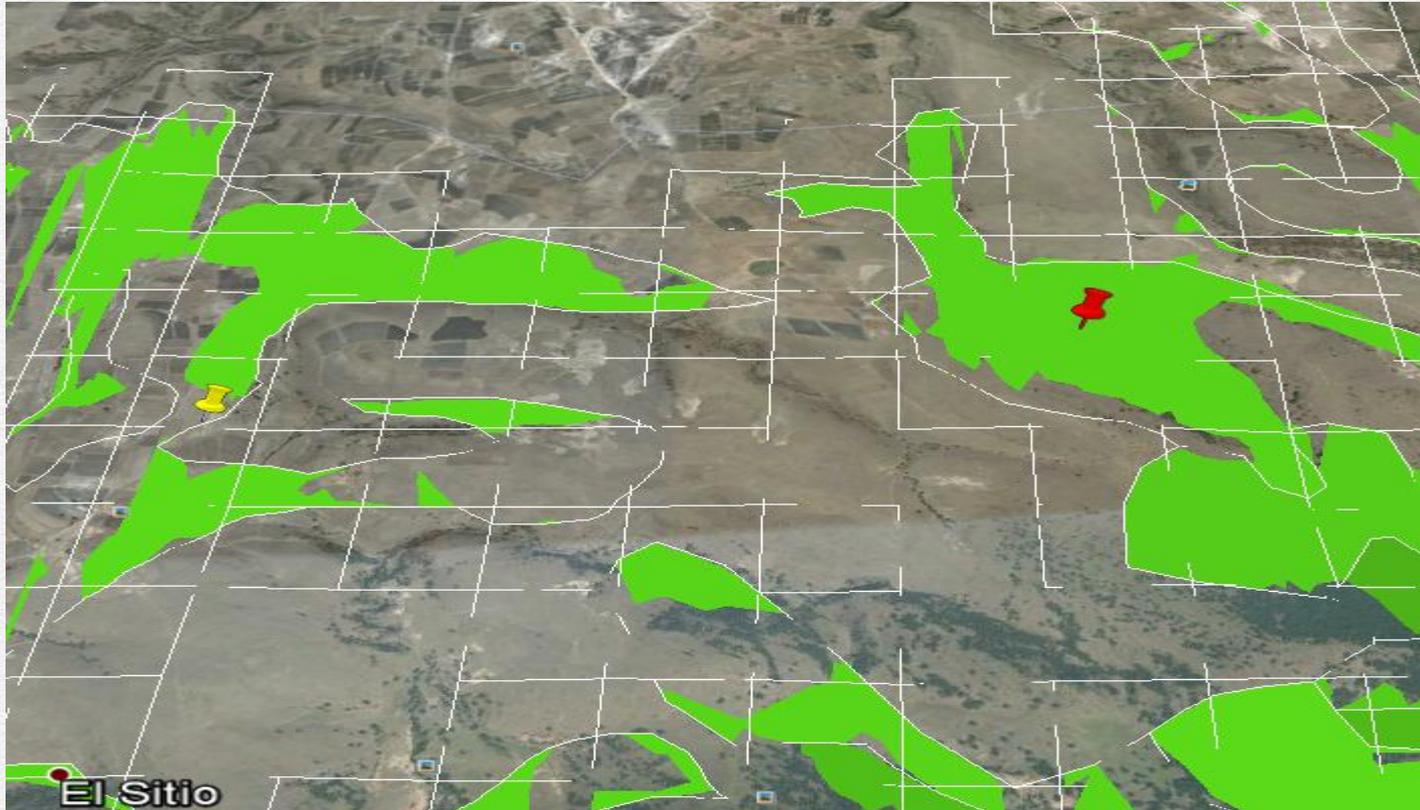
B) Seguir las celdas que acotan la fase 2



C) No salirse del tipo de vegetación buscado en la fase 2



D) No traslaparse con los puntos de Otros Estudios (amarillos), para evitar remediciones.





GRACIAS

Marcos Casiano

mcasiano@colpos.mx

cadox77@gmail.com