



CONABIO  
1992-2017  
XXV ANIVERSARIO

# El color de los suelos en México

Coordinación de Planeación para el Uso de la Biodiversidad-CONABIO



**El Colegio Nacional**  
*Centro Histórico*  
*Ciudad de México*  
*7 de noviembre de 2017*

A topographic map of Mexico, showing the country's terrain in shades of brown and tan. The map is positioned on the left side of the slide, with the text on the right.

**Coordinación Nacional**  
**Dr. José Sarukhán**

*Coordinación de planeación  
para el uso de la biodiversidad*

**Claudia Aguilar**  
*Biodiversidad y recursos biológicos*

**Carlos Arroyo**  
*Geomática y Visualización*

**Fabiola González**  
*Territorio y desarrollo rural*

**Jorge Larson**  
*Coordinador*

**Javier Rodríguez**  
*Suelos y Agua*

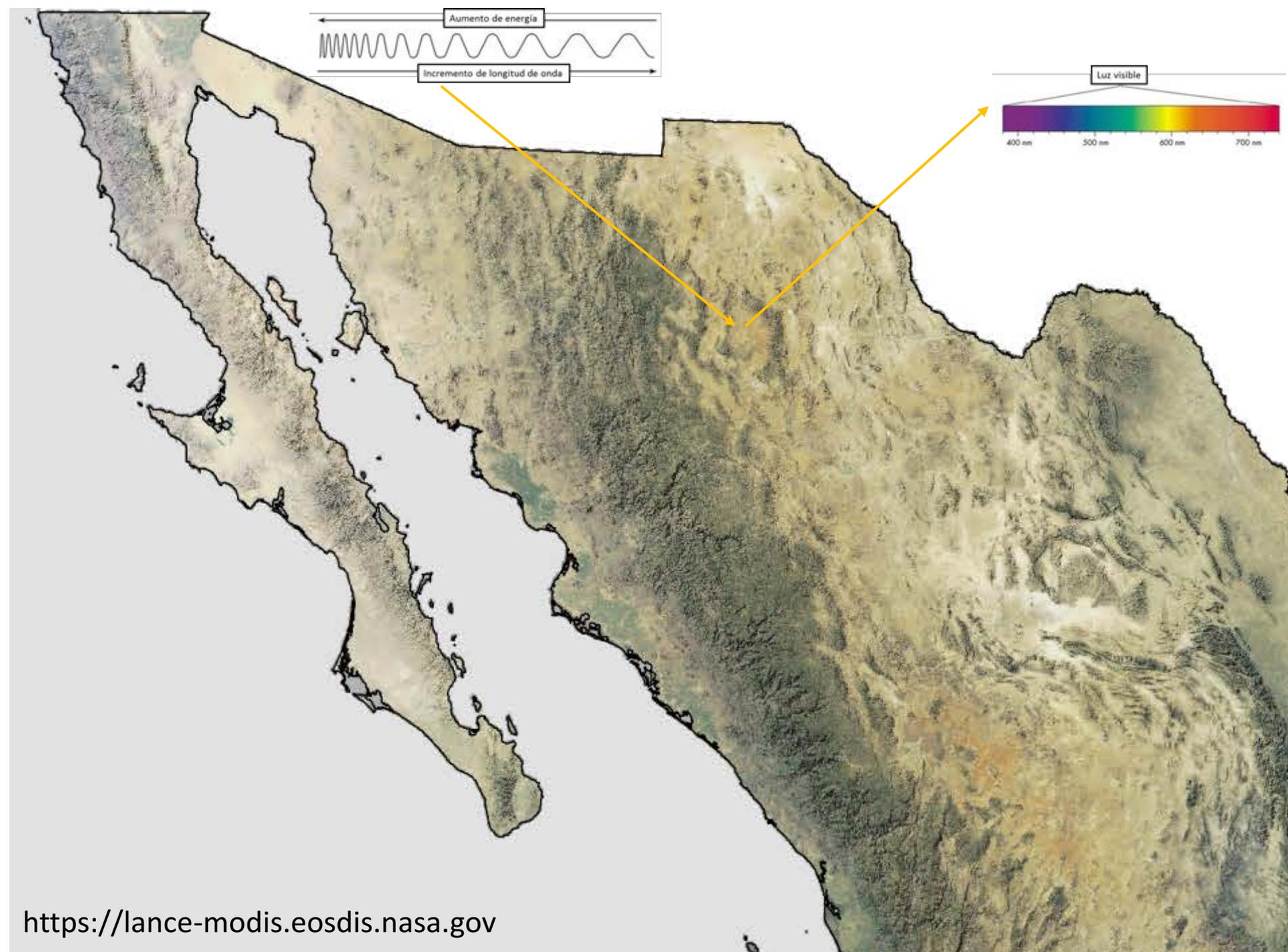
**Yabín Salmerón**  
*Servicio social UAM, Suelos*

**Mario Guevara**  
*University of Delaware*



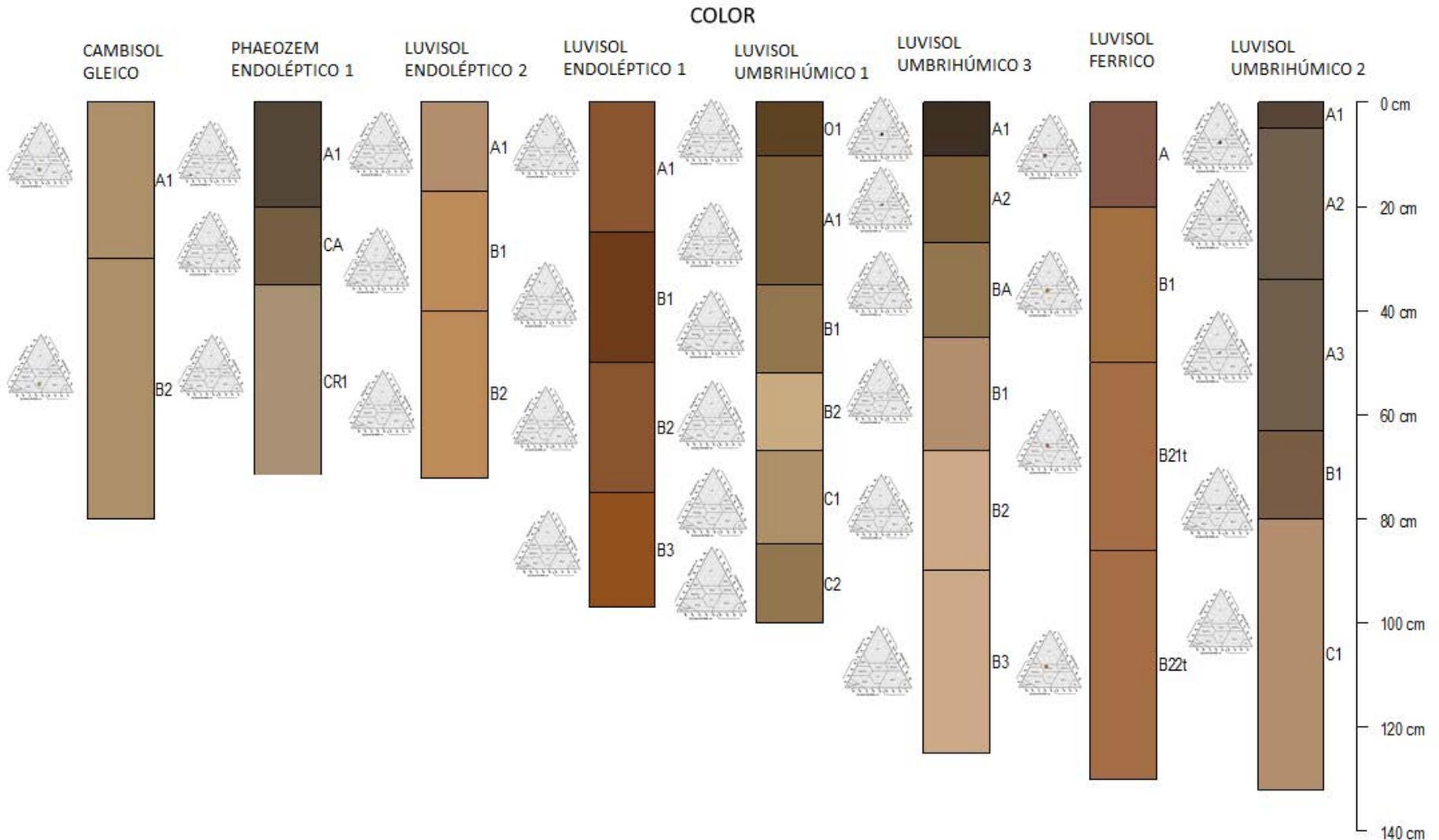
**CONABIO**

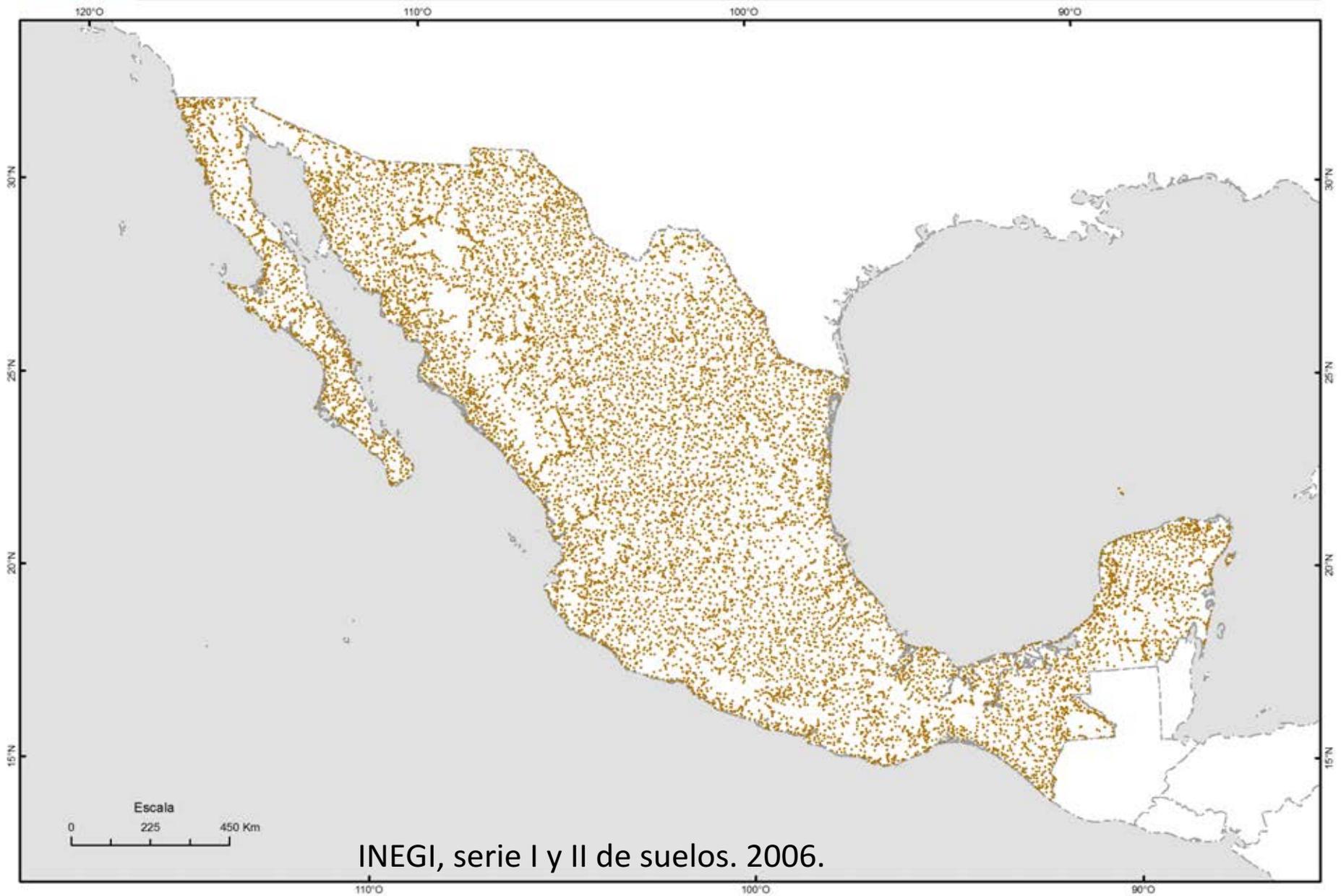
---





# PERFILES DE SUELO EN SIERRA NORTE OAXACA, CON RESPECTO AL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI) SERIE I Y II





# Conversión de color

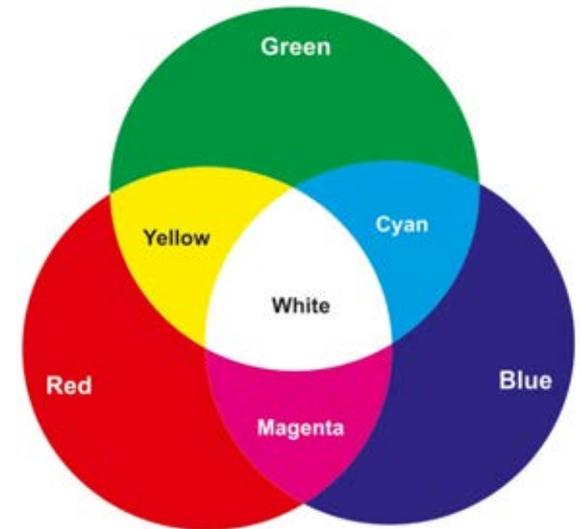
Suelo



Munsell  
10YR 5/3  
(Hue Value/Chroma)



RGB (Rojo, Verde, Azul)



RGB - Red, Green, Blue

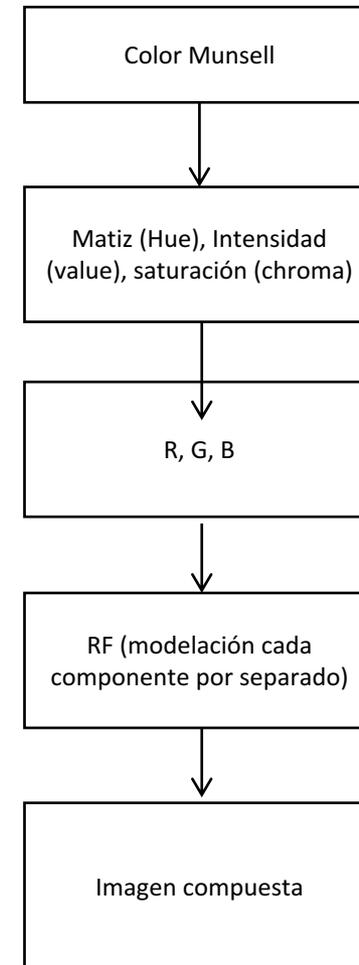
# Compuesto RGB con base en los datos de la serie I y II de suelos (Valores transformados del sistema Munsell)

- $n \sim 7500$
- Árboles de regresión múltiple (a.k.a. Random Forest)

## Co-variables de terreno

**Modelos Digital de elevación**  
**Exposición**  
**Pendiente**  
**Área de captación**  
**Pendiente de captación**  
**Curvatura general**  
**Índice de planicidad de cima**  
**Índice de planicidad de valles**  
**Índice topográfico de humedad**  
**Geología**  
**Edafología**  
**Uso de suelo y vegetación**

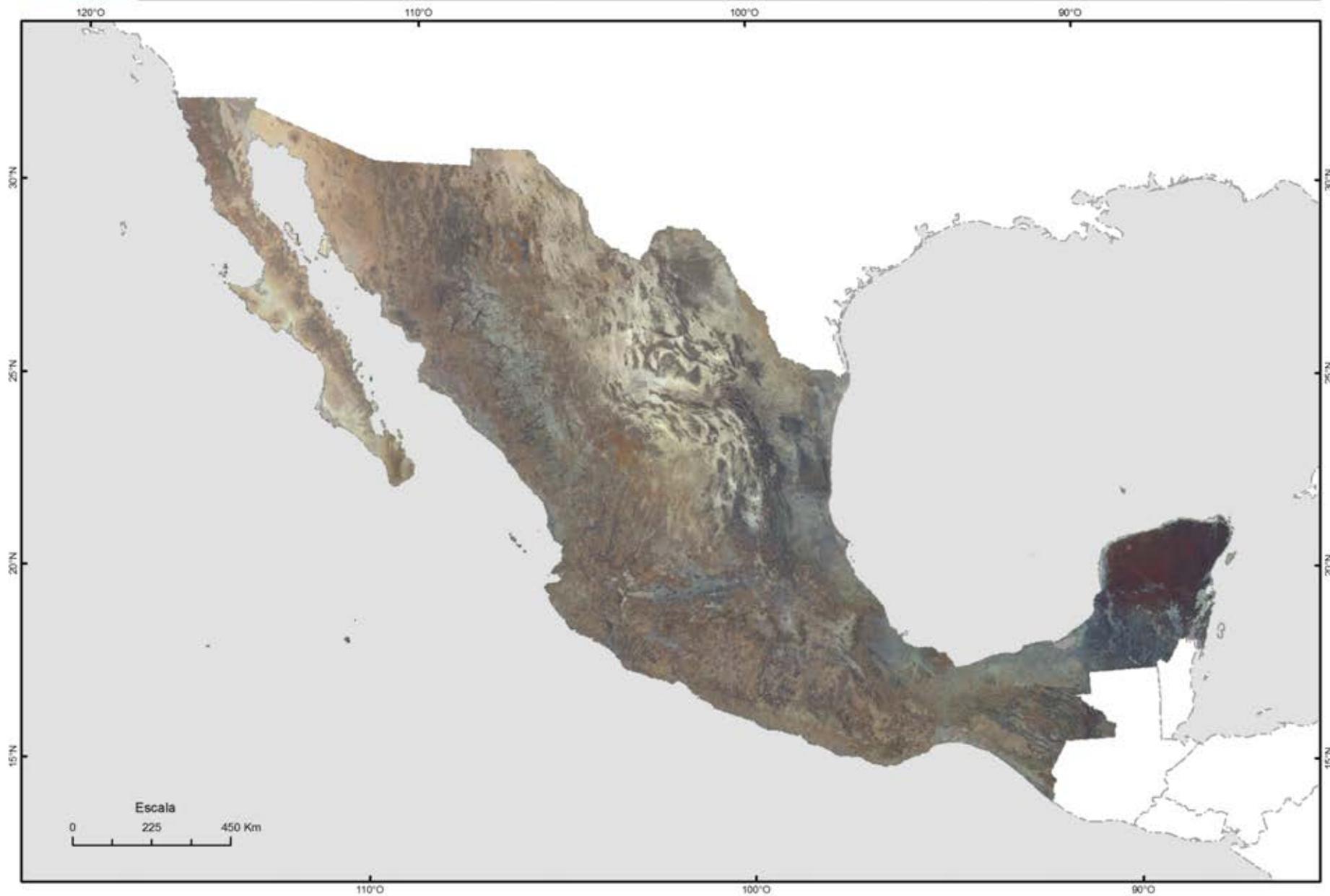
## Flujo de trabajo





CONABIO

# Color del suelo para el horizonte superficial (seco)



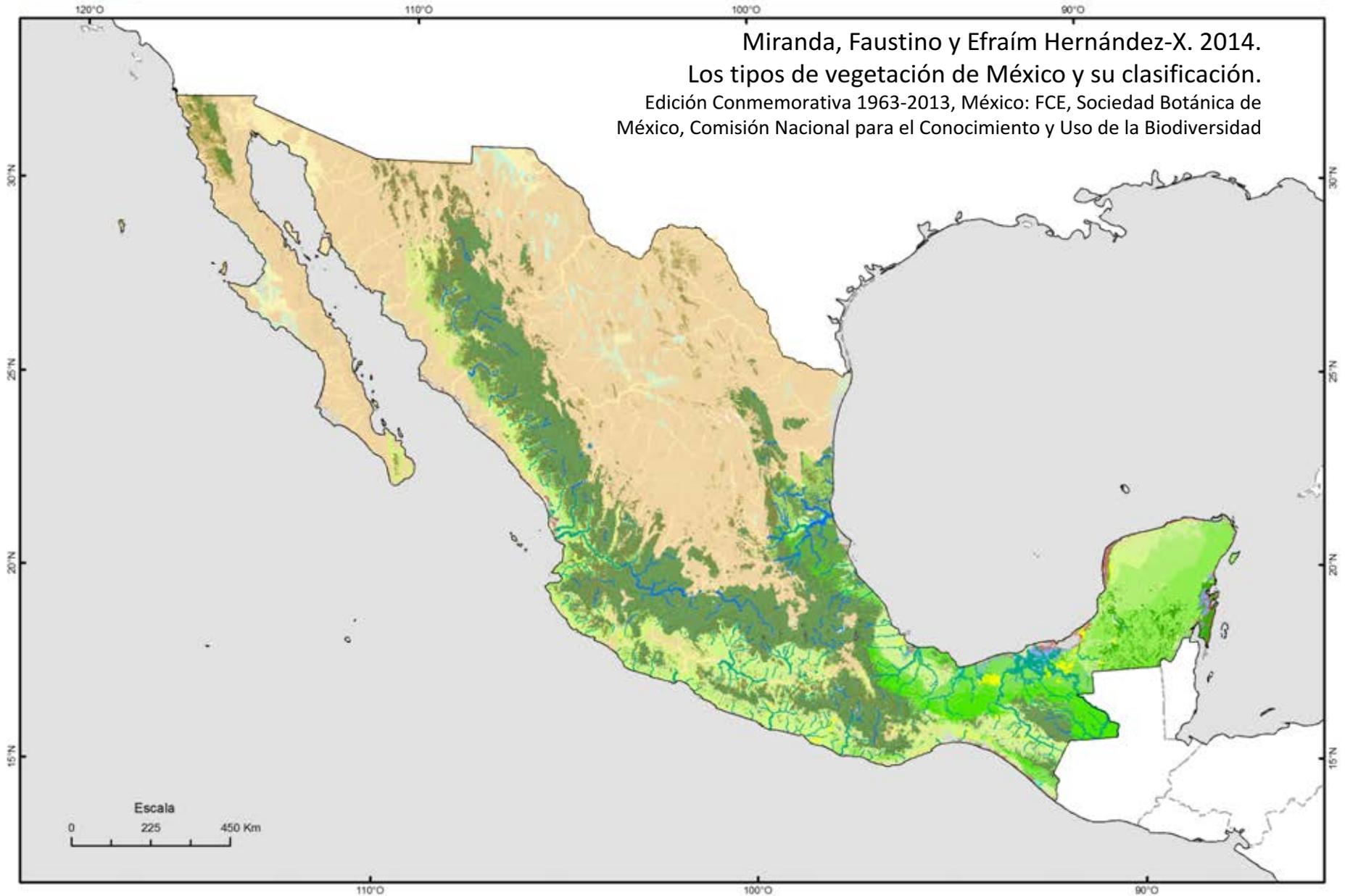


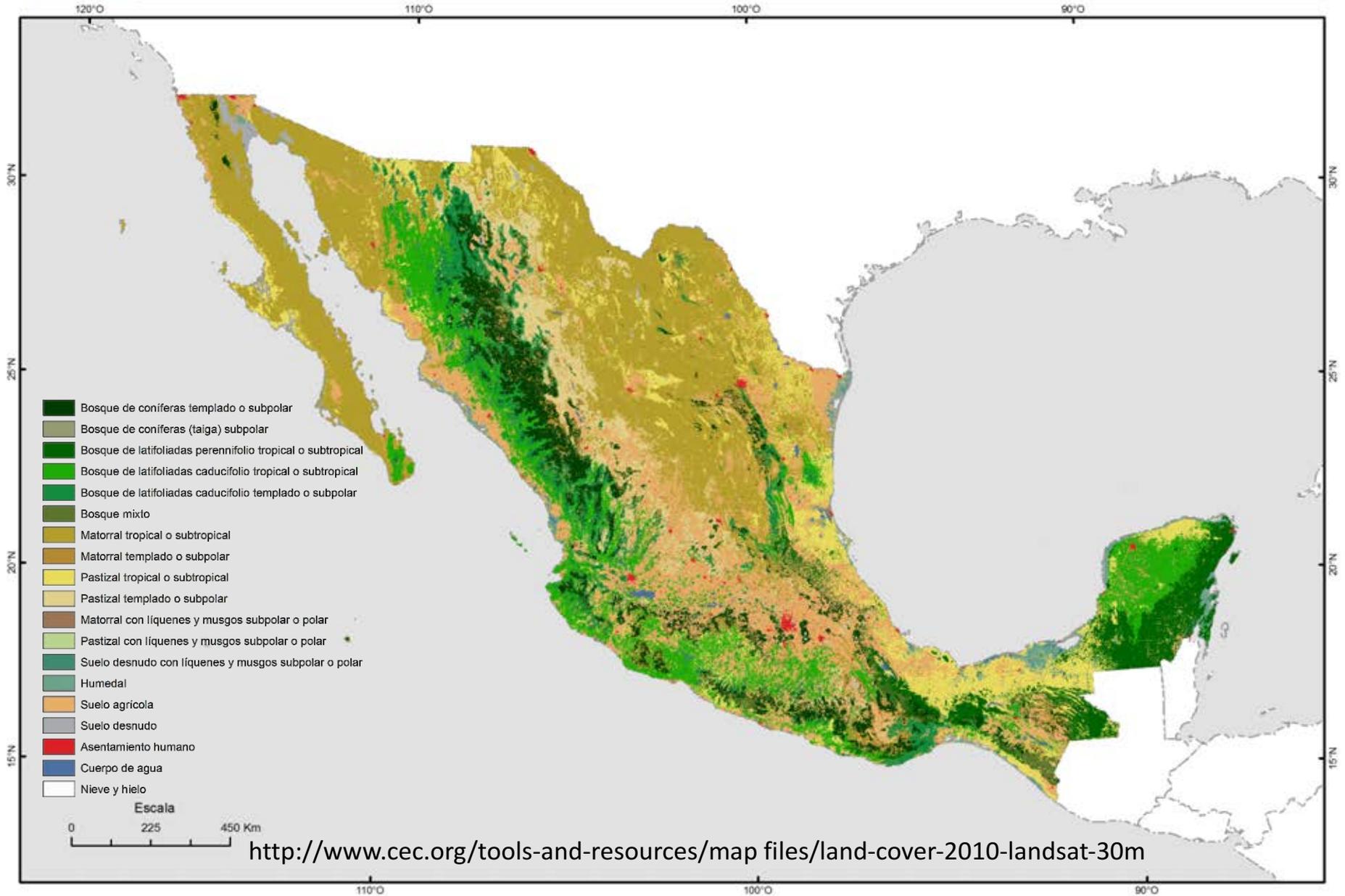
CONABIO

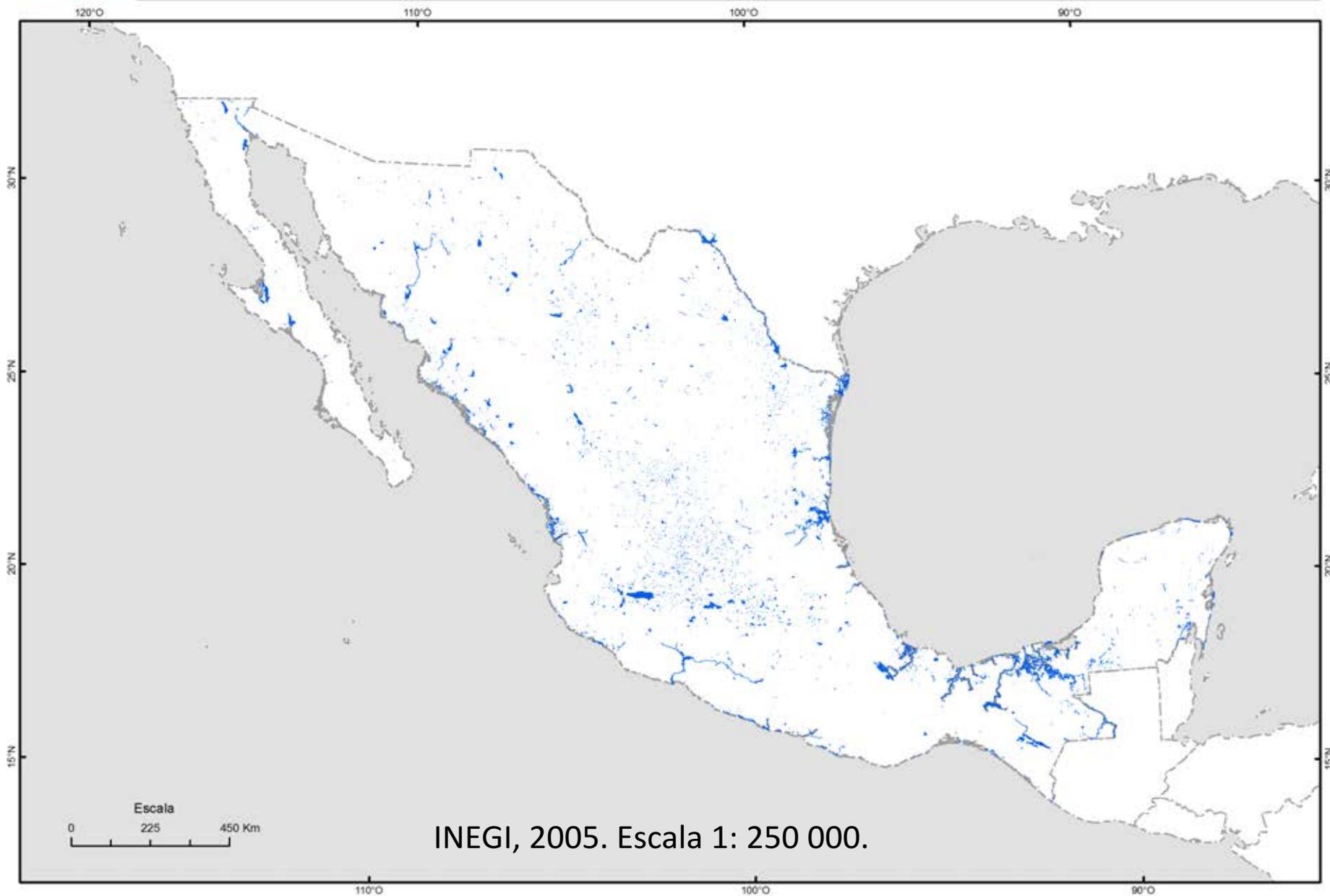
# Mosaico MODIS



Miranda, Faustino y Efraím Hernández-X. 2014.  
Los tipos de vegetación de México y su clasificación.  
Edición Conmemorativa 1963-2013, México: FCE, Sociedad Botánica de  
México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad







INEGI, 2005. Escala 1: 250 000.

¿Qué es el suelo?

Un cuerpo natural

¿los suelos?

Cuerpos naturales distintos unos de otros

Un medio de producción agrícola

Un recurso para la vida campesina y para la producción de alimentos y bebidas para todos.

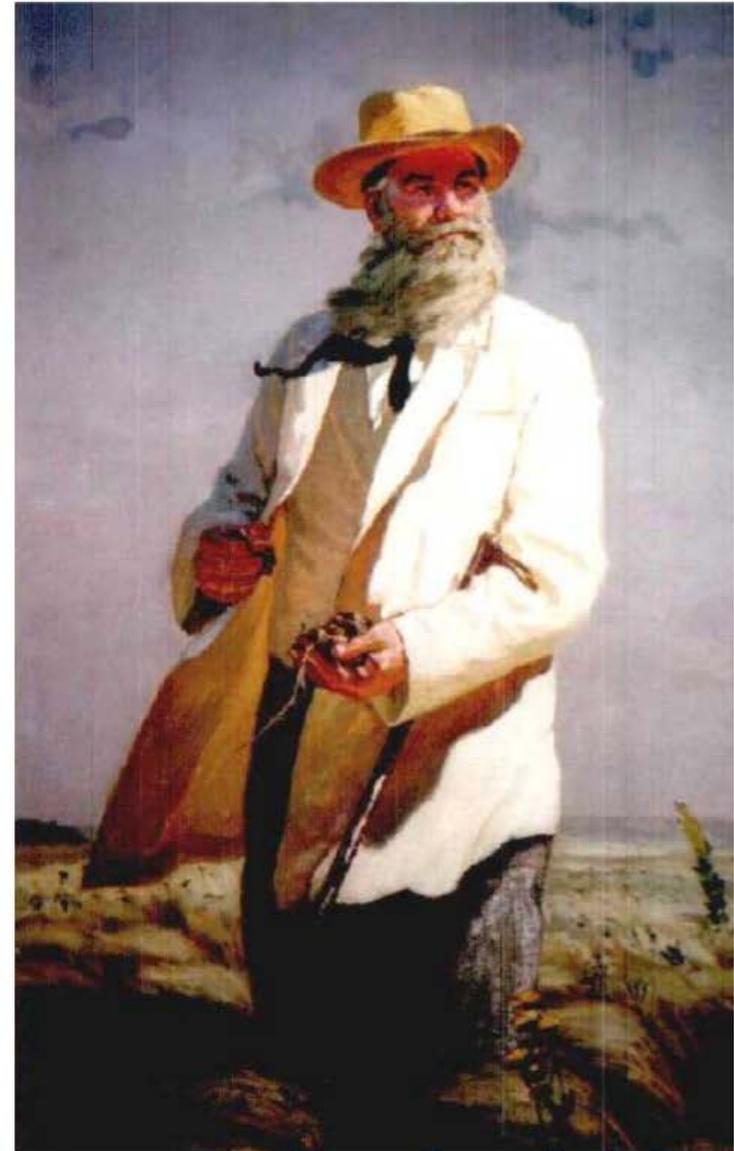
Proveedor de un servicio ambiental

Respuestas diferentes para la misma pregunta.

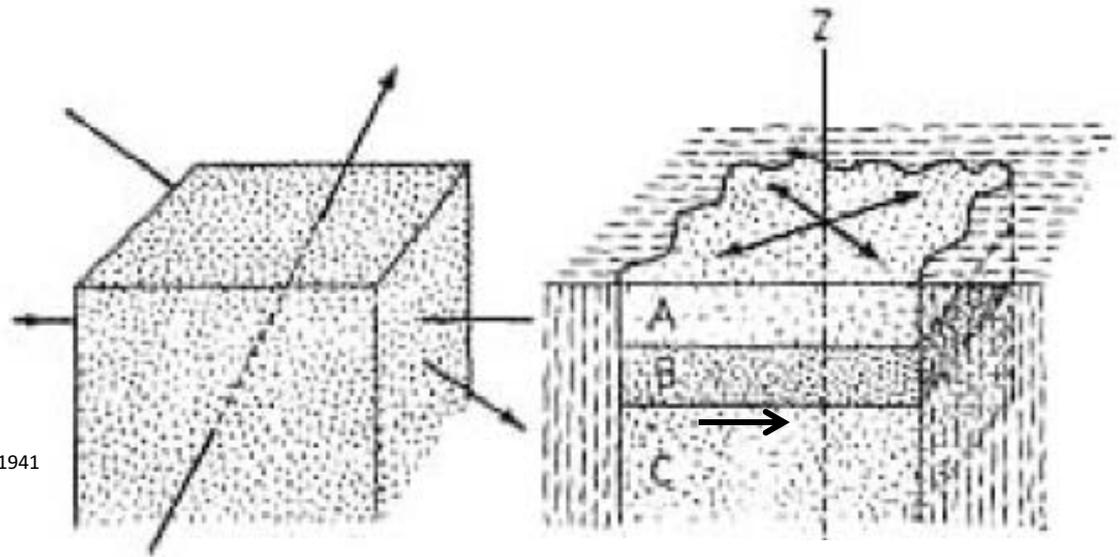
"Los suelos son el resultado de una interacción muy complicada entre el clima, los organismos vegetales y animales, el contenido y estructura del material parental, y, finalmente la edad"(Dokuchaev, 1883)

$$\Pi = f(K, O, \Gamma)B$$

- $\Pi$  = suelo
- $K$  = clima
- $O$  = organismos vivos
- $\Gamma$  = material parental
- $B$  = edad

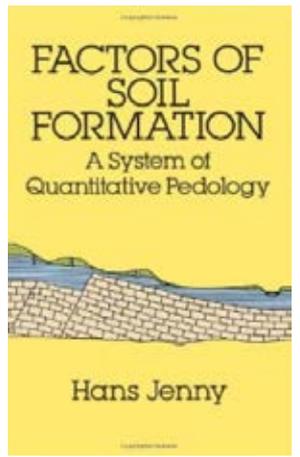
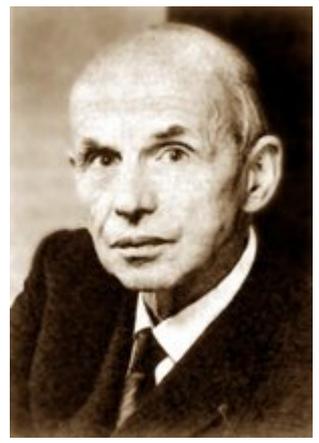


1941



Material parental es isotrópico

Los suelos son derivados y se comportan de manera anisotrópica



La distribución espacial de las características de los suelos no es aleatoria, depende de la dirección.

**Macro**  
**Meso**  
**Micro**  
**Nano**

$x, y, z$

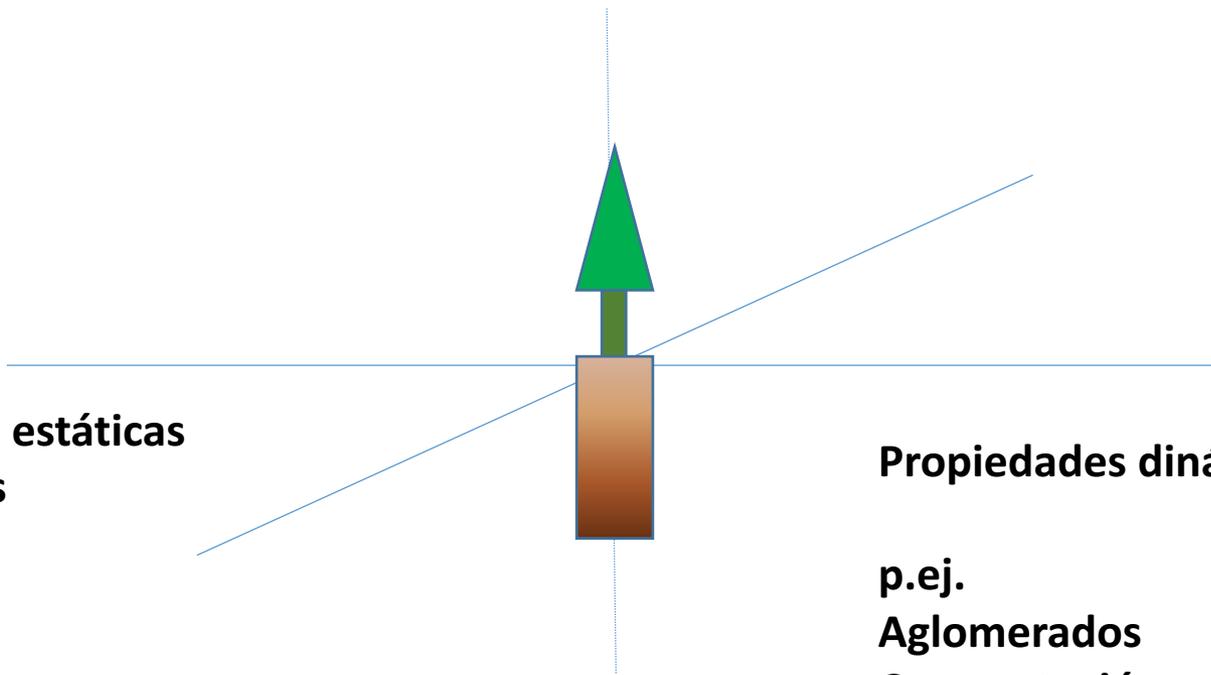
**Propiedades estáticas  
de los suelos**

p.ej.  
**Textura**  
**Pedregosidad**  
**Profundidad**

**Propiedades dinámicas**

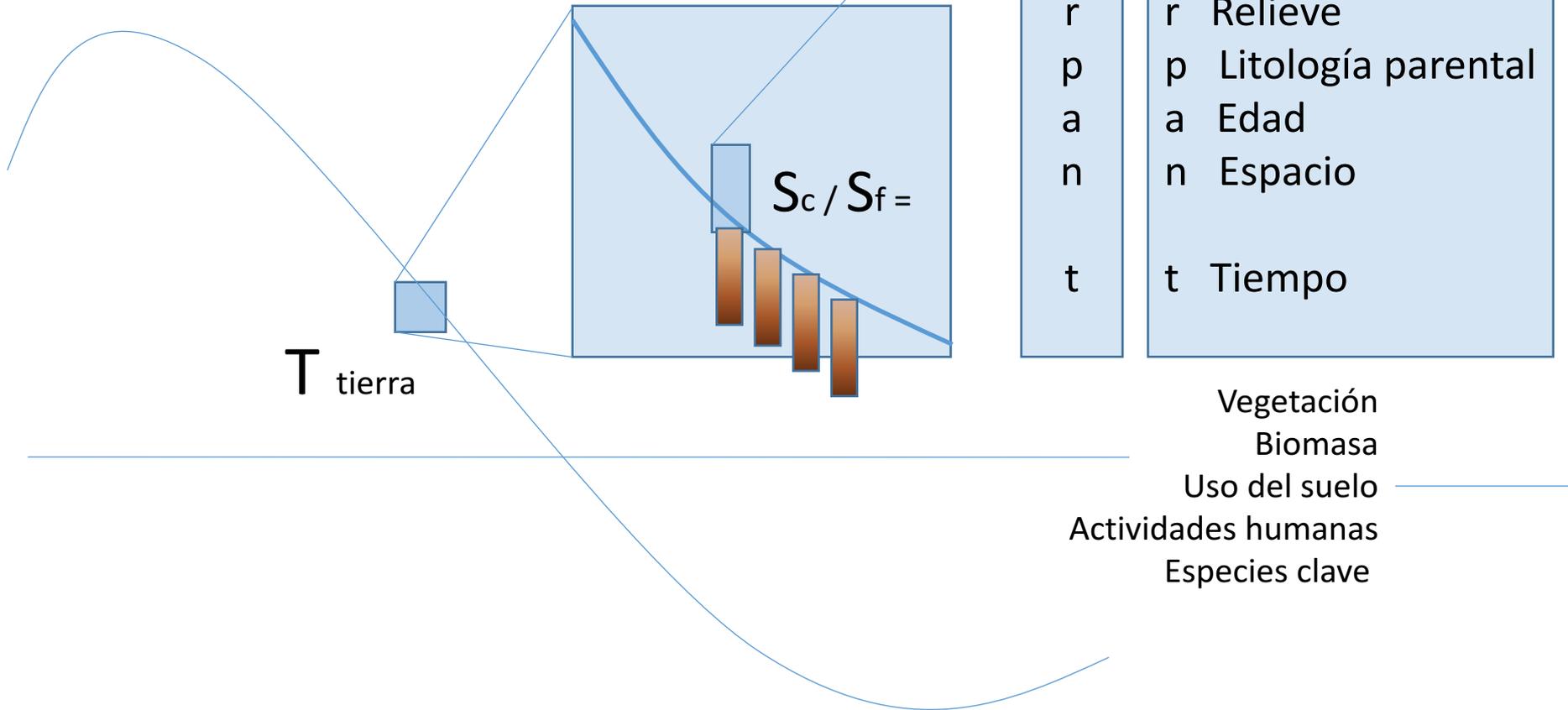
p.ej.  
**Aglomerados**  
**Compactación**  
**Materia orgánica**

$t_- t_0 t_+$



# Modelo conceptual: Suelos

$$S_{\text{clase}} / S_{\text{función}} =$$



Dependiendo de la variable a modelar el sistema de inferencia espacial se adapta a distintos flujos de trabajo

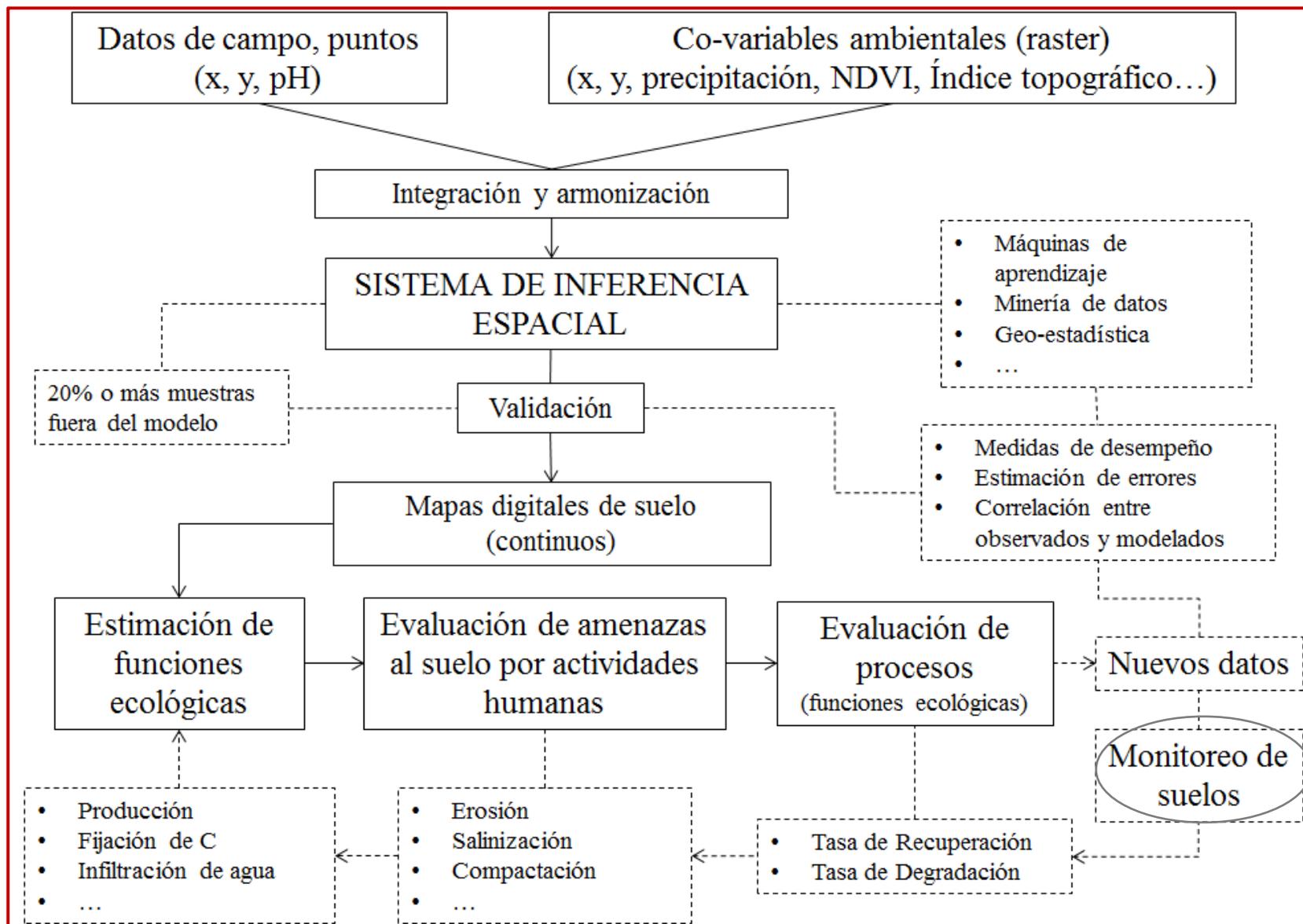
Algoritmos para la predicción

Covariables

Profundidad a la que se modela

Ensamble de predictores

Medidas de incertidumbre



# Avances en el mapeo digital de suelos dentro de la CONABIO

## 1.- Publicación de 12 covariables.

- Corrección del modelo digital de elevación (Fill)
- Exposición
- Área de captación
- Área de captación modificada
- Pendiente de captación
- Curvatura del perfil
- Curvatura del plano y general
- Índice de planicidad de valles (MRVBF)
- Índice de planicidad de crestas (MRRTF)
- Pendiente
- Índice topográfico de humedad
- Balance hídrico.

Metadatos y mapas en Geoportal

## 2.- Profundidad del suelo (hasta el material parental)

## 3.- Modelación de ocho variables físicas del suelo, de acuerdo a lo propuesto por el [globalsoilmap.net](http://globalsoilmap.net).

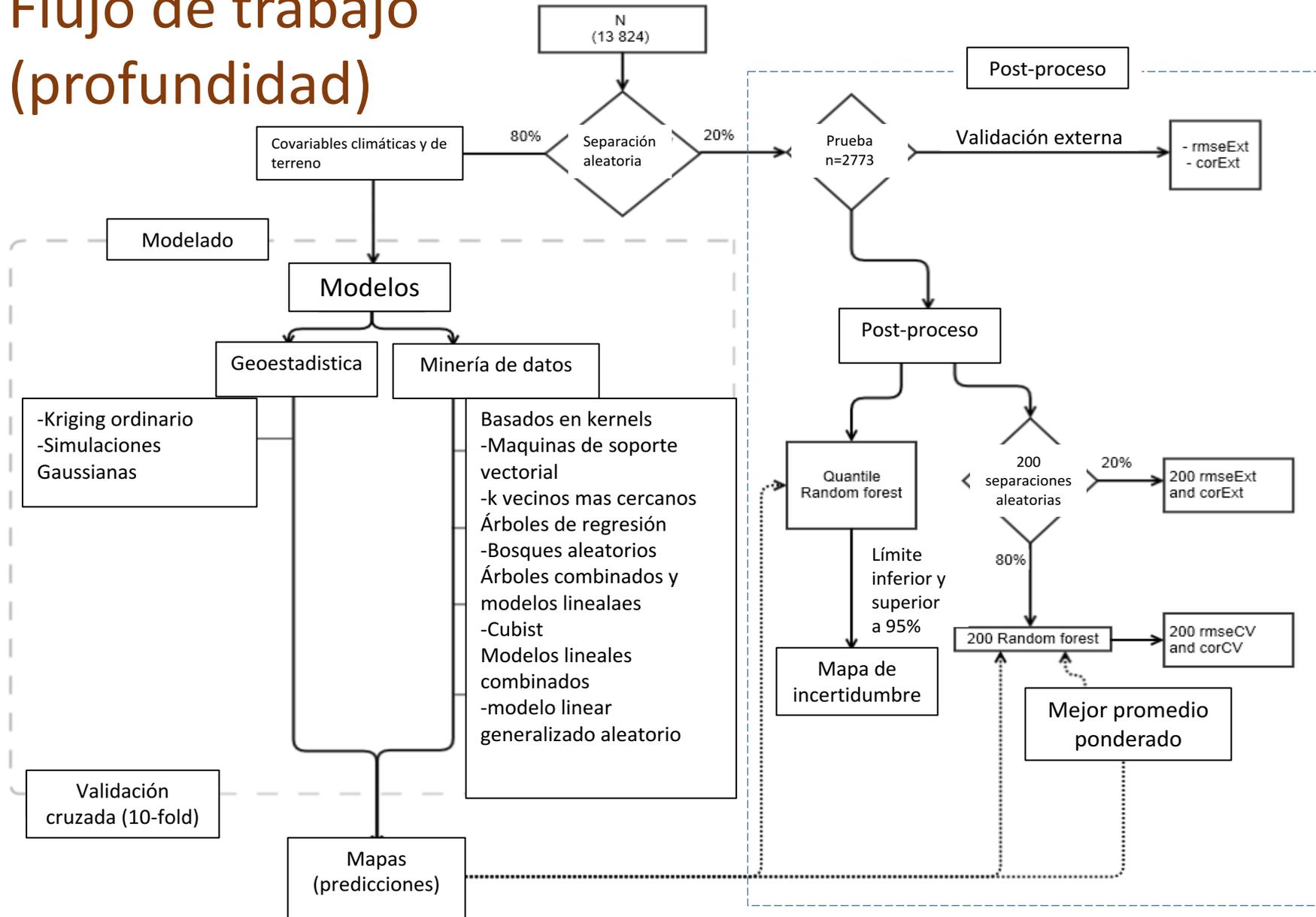
- Textura, que incluye 3 variables
- Materia orgánica
- pH
- ***Fragmento rocoso***

1-05, 15-30, 30-60, 60-100, 100-200 cm.

- *Color del suelo seco*
- *Color del suelo húmedo*

Horizonte superficial.

# Flujo de trabajo (profundidad)



# La profundidad del suelo

California mediterránea

Desiertos de América del norte

Grandes planicies

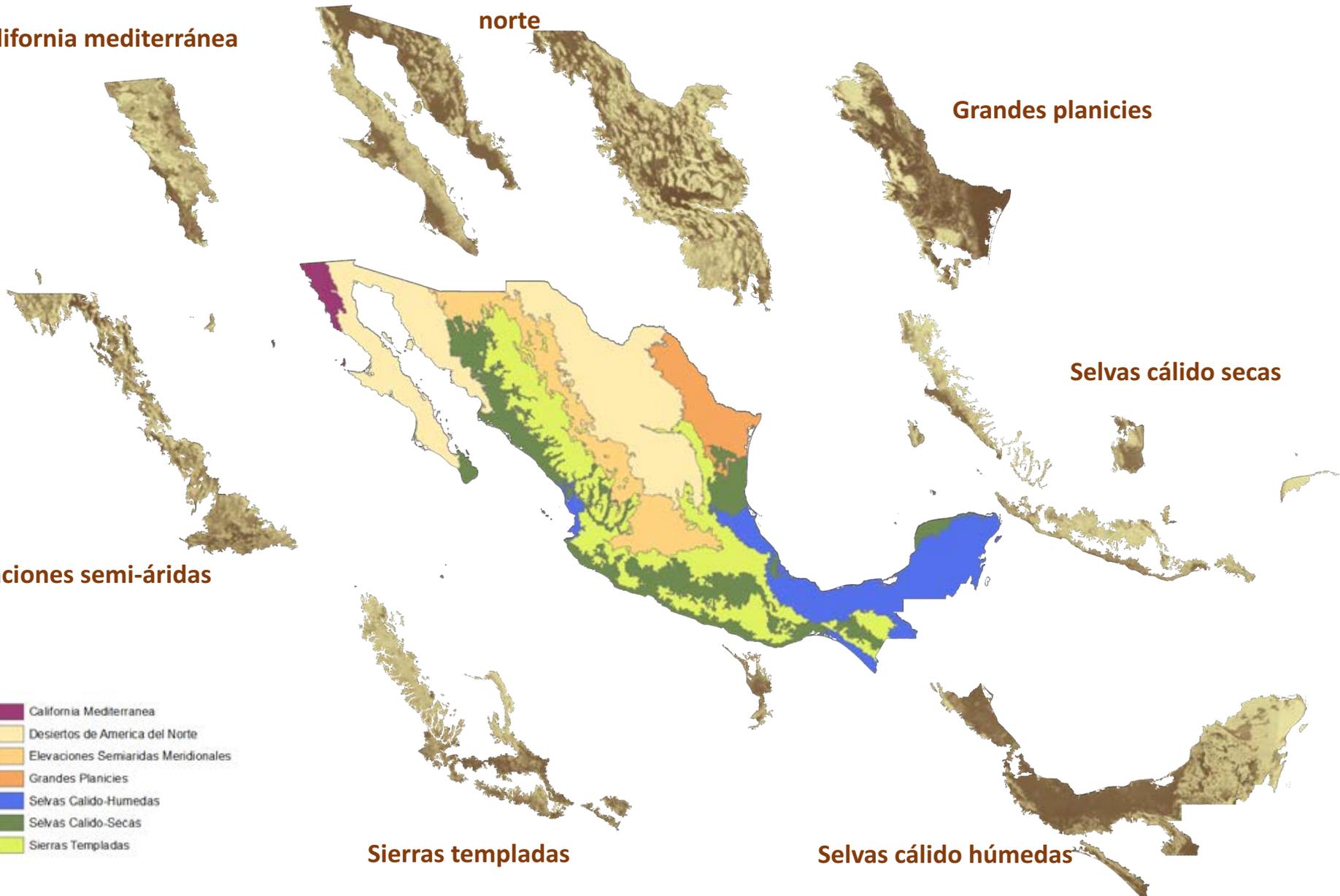
Selvas cálido secas

Elevaciones semi-áridas

Sierras templadas

Selvas cálido húmedas

- California Mediterranea
- Desiertos de America del Norte
- Elevaciones Semiaridas Meridionales
- Grandes Planicies
- Selvas Calido-Humedas
- Selvas Calido-Secas
- Sierras Templadas



# Profundidad 1 km (clima y terreno)

## Disponibilidad de datos

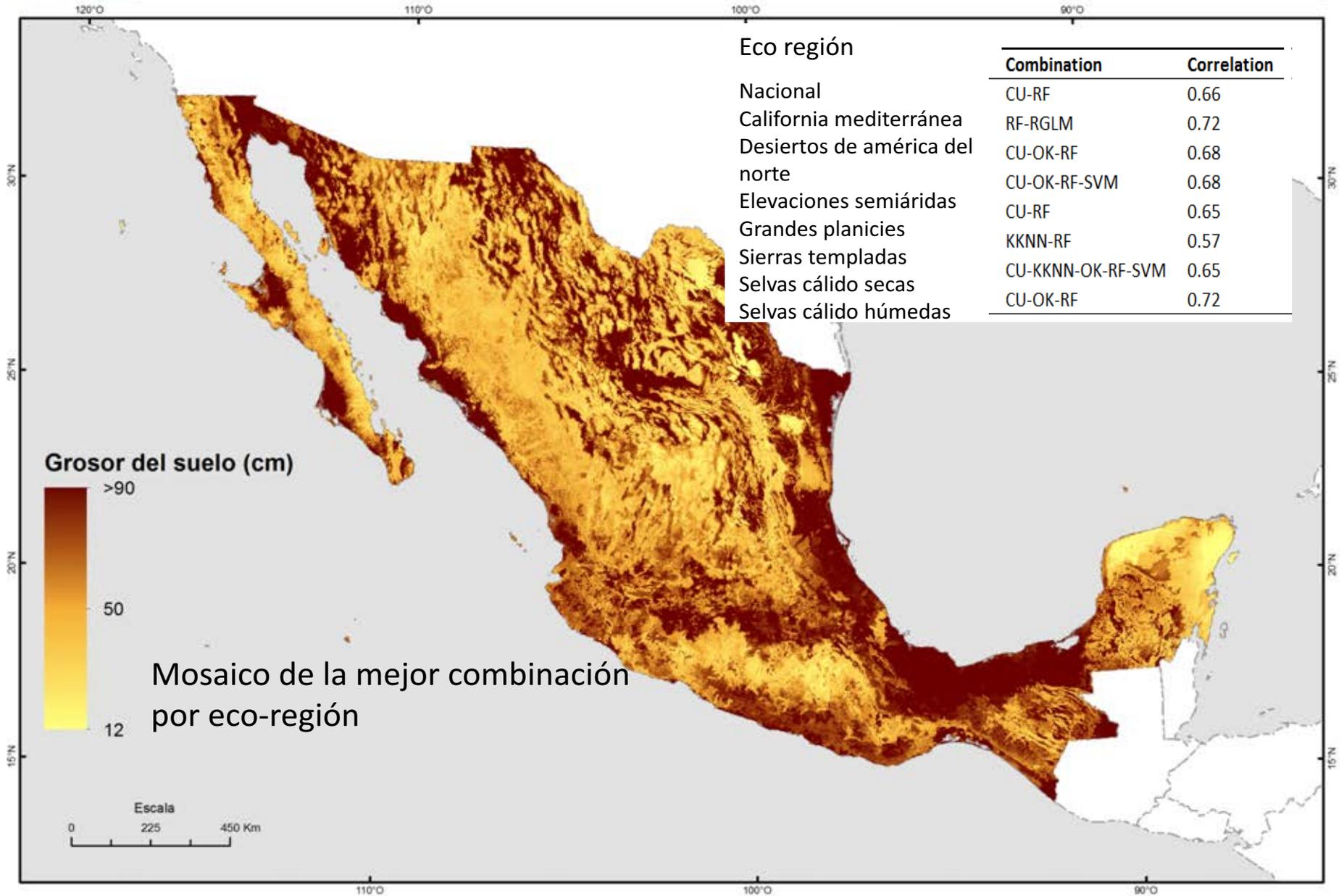
Eco región	Área	Entrenamiento	Prueba
Nacional	1943863	11090	2773
California mediterránea	25291	209	55
Desiertos de américa del norte	556985	3312	810
Elevaciones semiáridas	228625	1343	356
Grandes planicies	106832	606	154
Sierras templadas	431614	2024	463
Selvas cálidos secas	318314	1971	535
Selvas cálidos húmedas	276202	1622	397

## Covariables

- Altitud
- Exposición
- Curvatura
- Área de captación
- Pendiente
- Longitud de la pendiente
- Índice topográfico de humedad
- Desviación estándar de la altitud
- Balance hídrico
- Precipitación anual acumulada
- Estacionalidad de la precipitación
- Temperatura media anual
- Estacionalidad de la temperatura
- Distancia a la red de drenaje
- Clase de suelo
- Tipo de roca
- Edad de la roca (límites inferior y superior)
- Índice de planicidad de valles

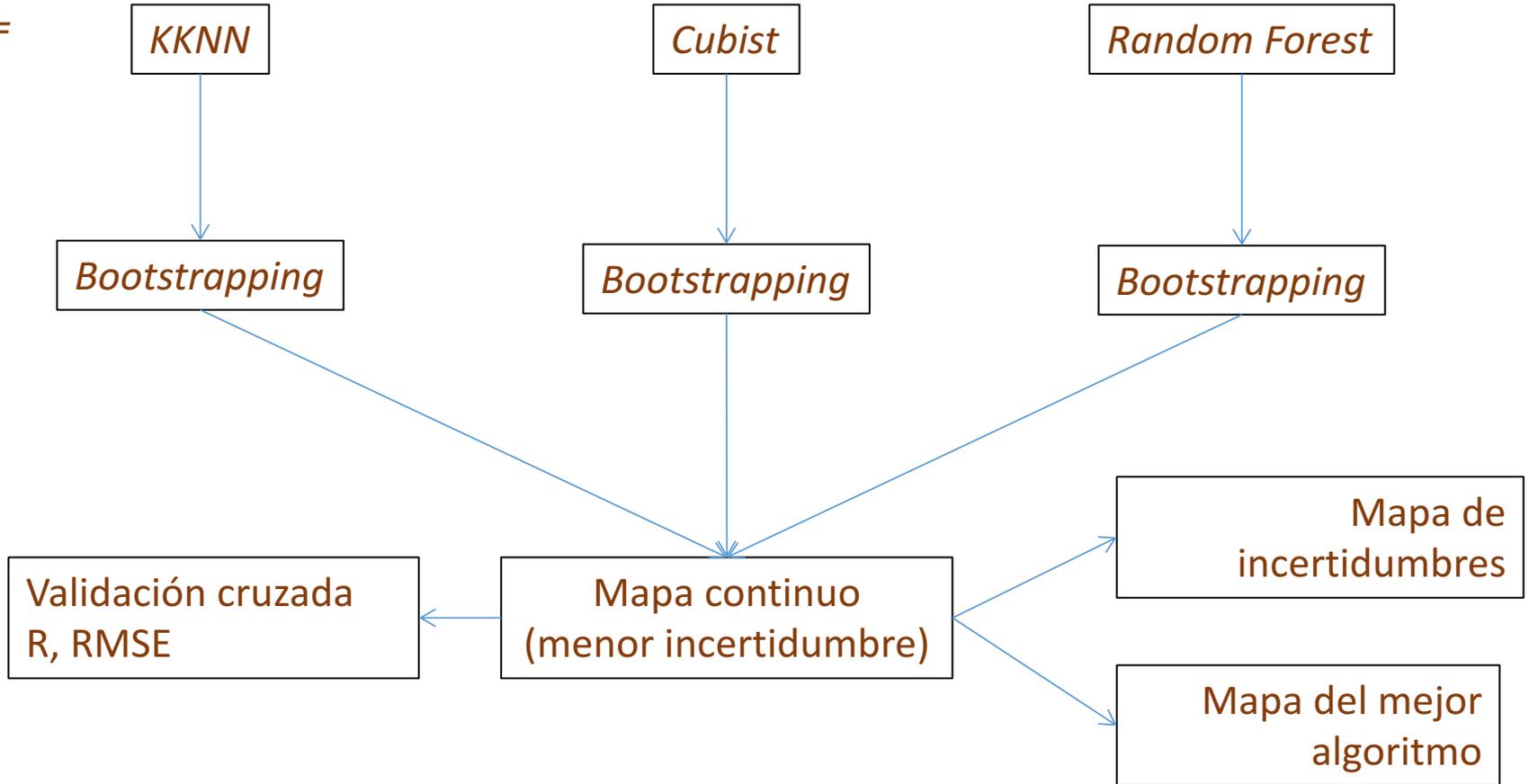
## MODELOS

- KNN
- RANDOM FOREST
- CUBIST
- SVM
- RANDOM GLM



$$S = f(\text{SCORPAN})$$

$f =$



Propiedades modeladas a  
profundidades específicas  
(1000m)

Cada mapa está asociado a una  
medida de incertidumbre

La cartografía digital de suelos

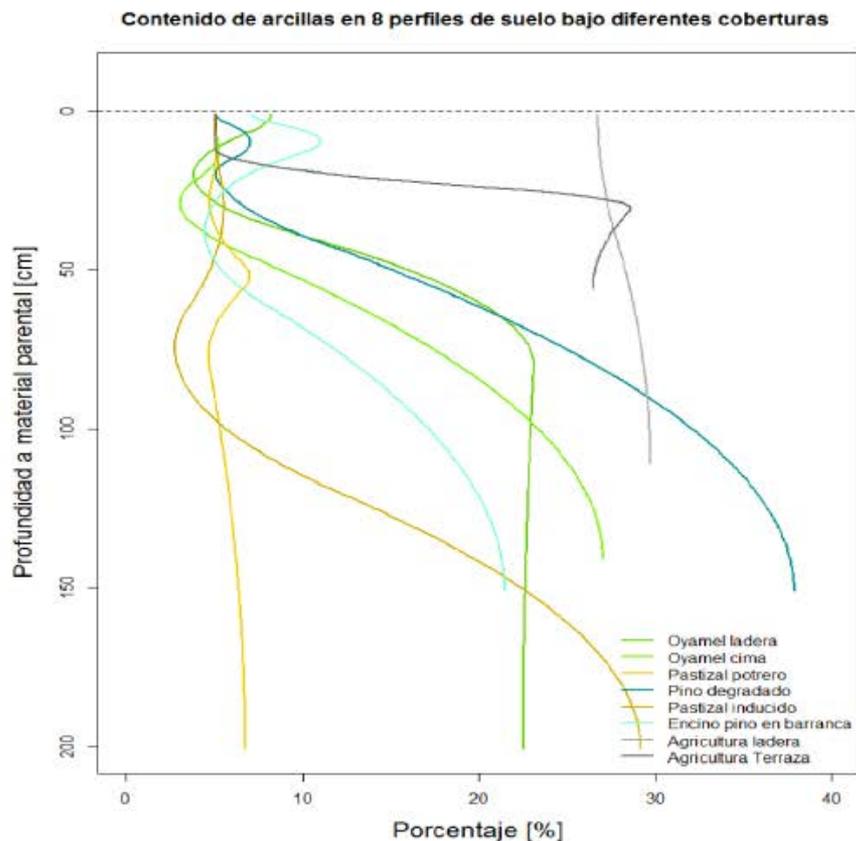
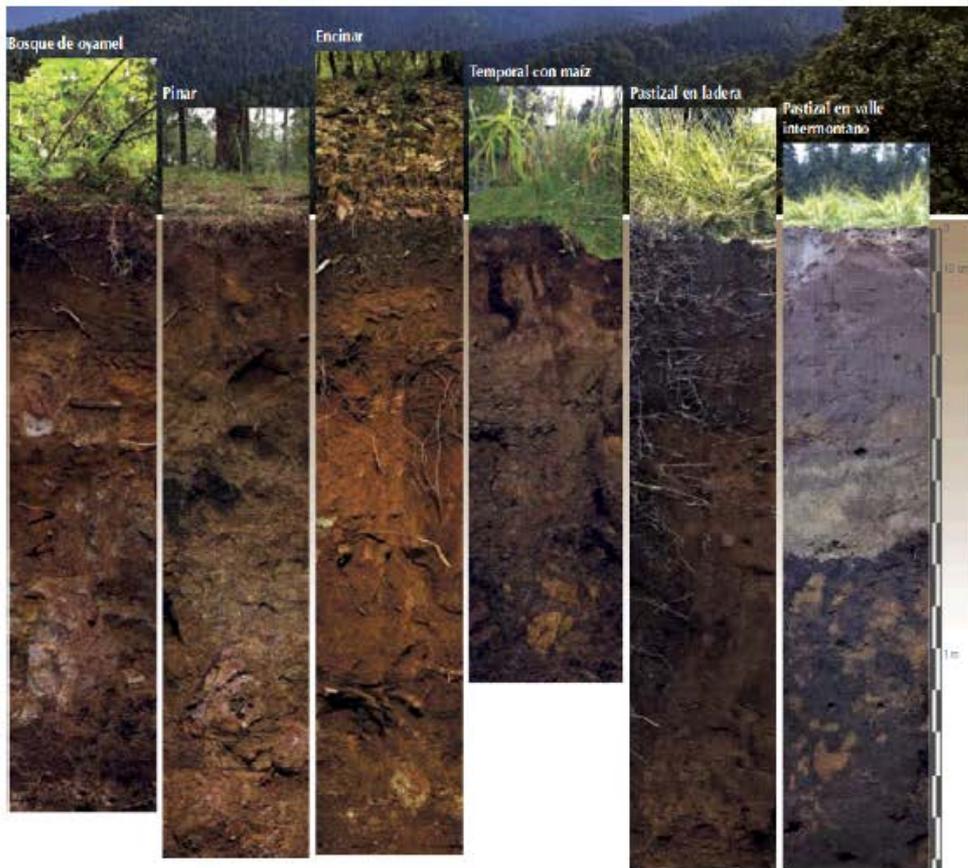
Inferir/deducir acerca de los suelos de un lugar a partir de datos de los suelos en otro lugar.

La modelación a partir de datos puntuales y covariables continuas

Los datos patrimoniales en perfiles y polígonos

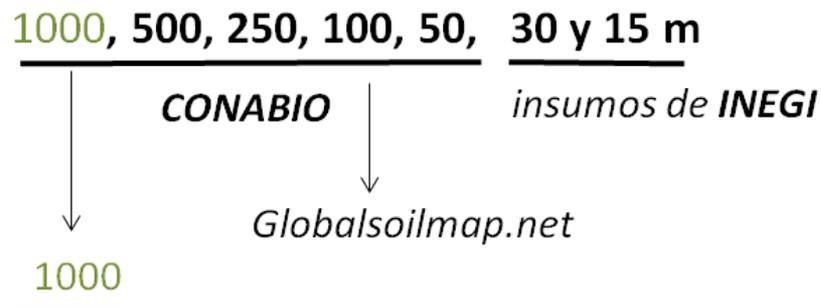
La matriz de covariables

# Modelos de la distribución vertical de las propiedades del suelo (*Splines*) según las especificaciones del *GlobalSoilMap.Net*



i.e. 8 perfiles de suelo de San Nicolás Totolapan Ajusco, Mexico City, Mexico.

Escalas de trabajo:



### Propiedades de suelo a mapear propuestas por el *GlobalSoilMap.Net*

- Producir estimados para cada propiedad con medidas de incertidumbre
- Modelar a seis profundidades específicas: 0 – 5, 2.5 – 15, 15 – 30, 30 – 60, 60-100, 100-200

1. Carbono orgánico (g/kg)
2. Textura Arena(%), Arcilla (%), Limo (%) & Fragmento rocoso (%)
3. pH
4. Profundidad a la roca madre (m)

A partir de estos estimados se calcularán 2 propiedades usando funciones de pedo-transferencia

5. Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>)
6. Agua aprovechable (mm/m)

De manera opcional

7. Capacidad efectiva de intercambio catiónico (mol/kg)
8. Conductividad eléctrica (dS/m -> deciSiemens por metro)

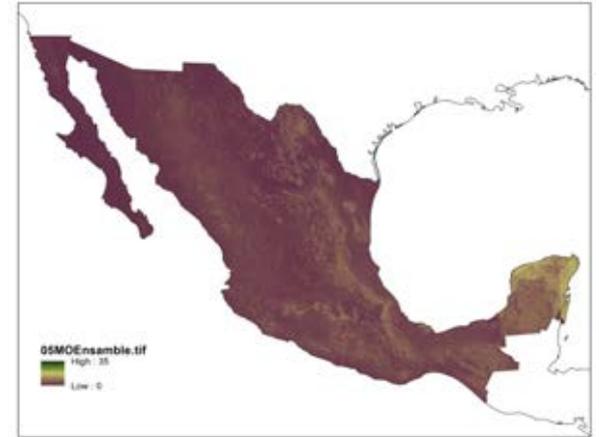
# Propiedades modeladas (1000m<sup>2</sup>)



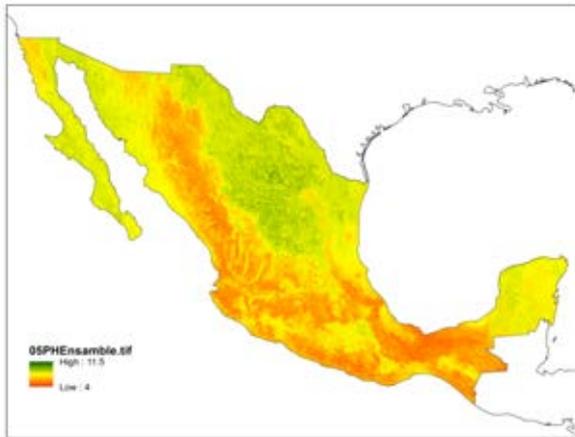
Arcilla



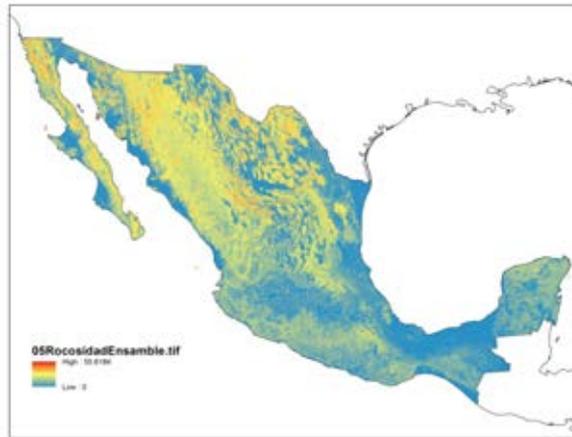
Arena



Materia Orgánica



pH

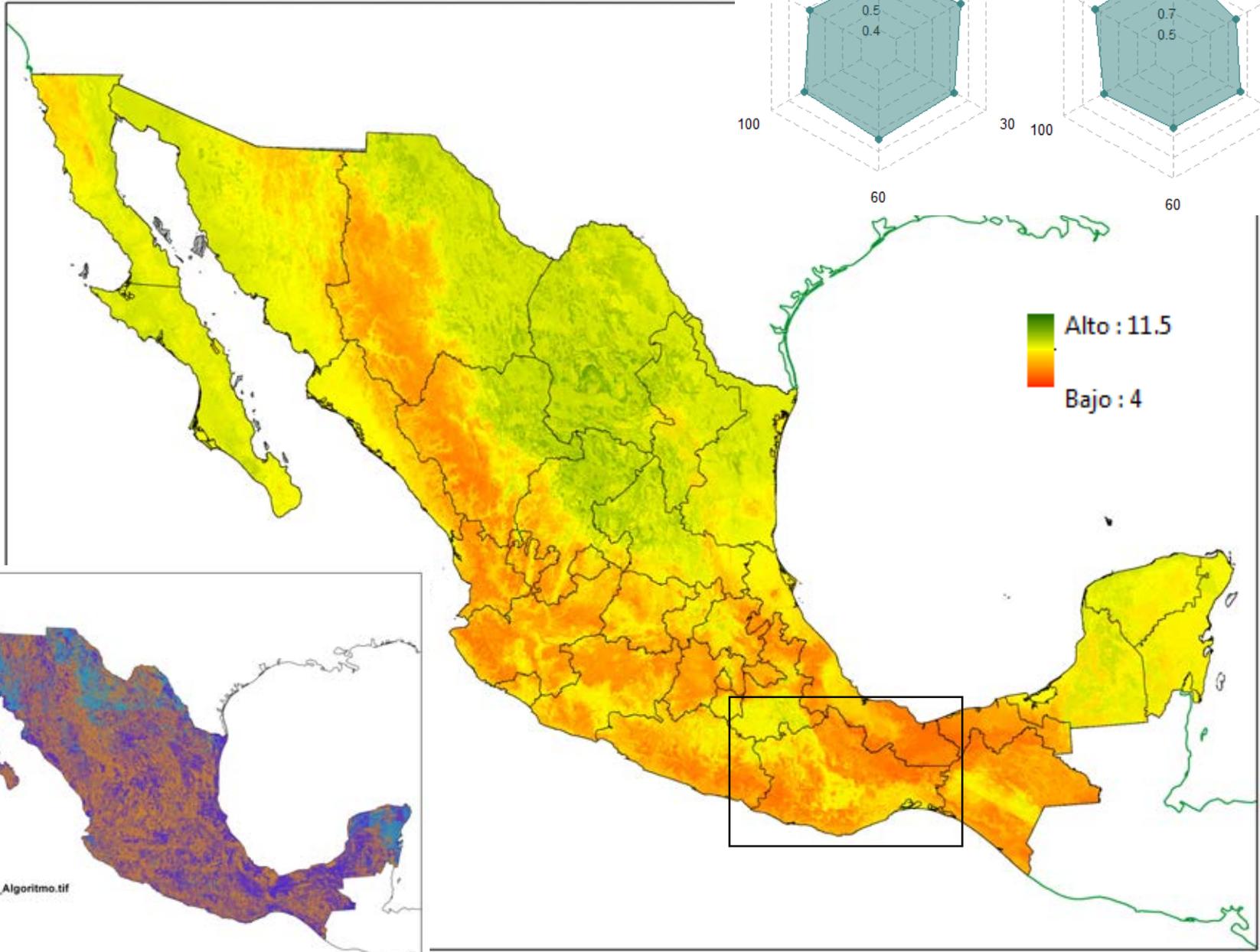


Pedregosidad



Color (seco)

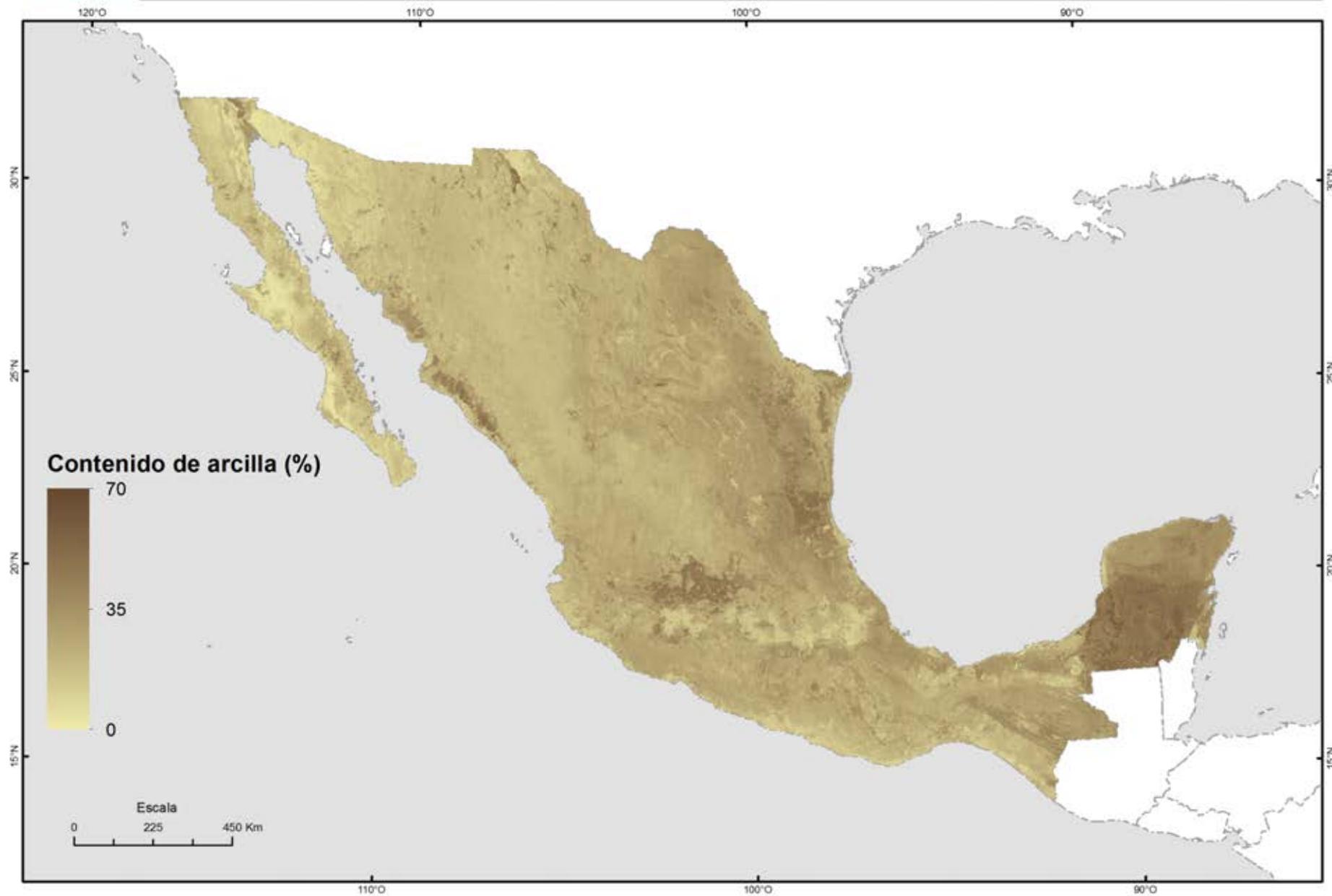
# pH, modelos de contexto





CONABIO

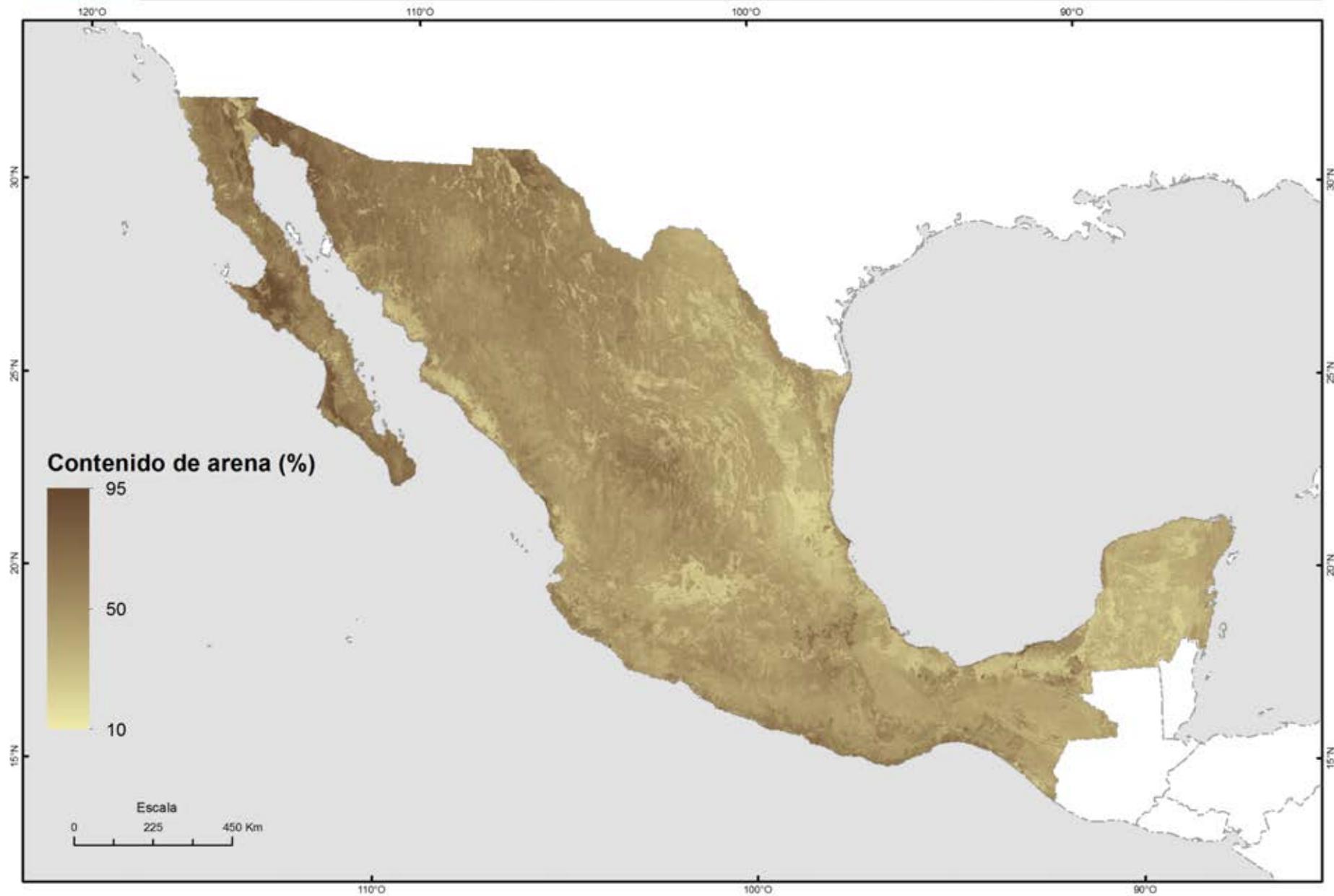
# Arcilla





CONABIO

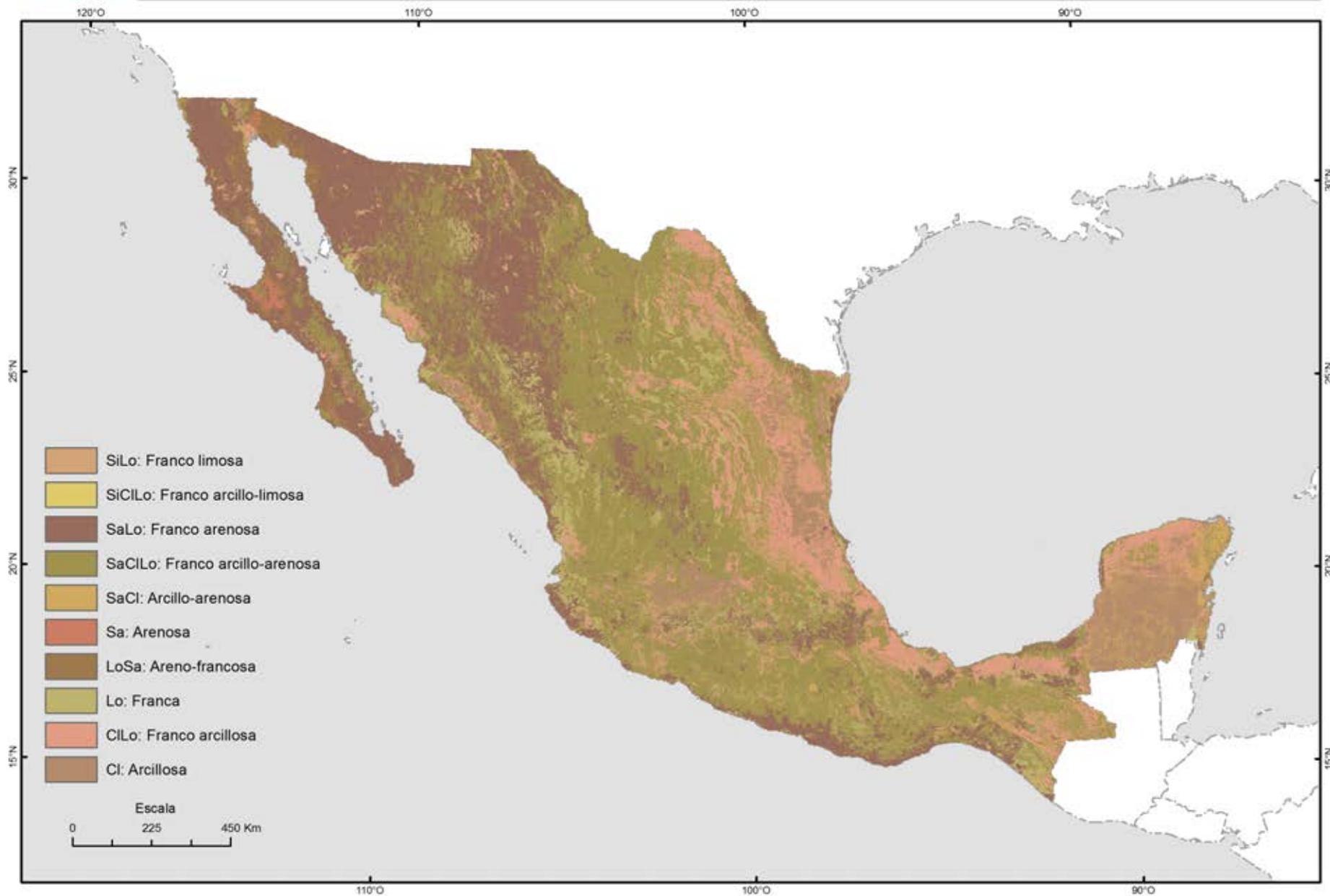
# Arena





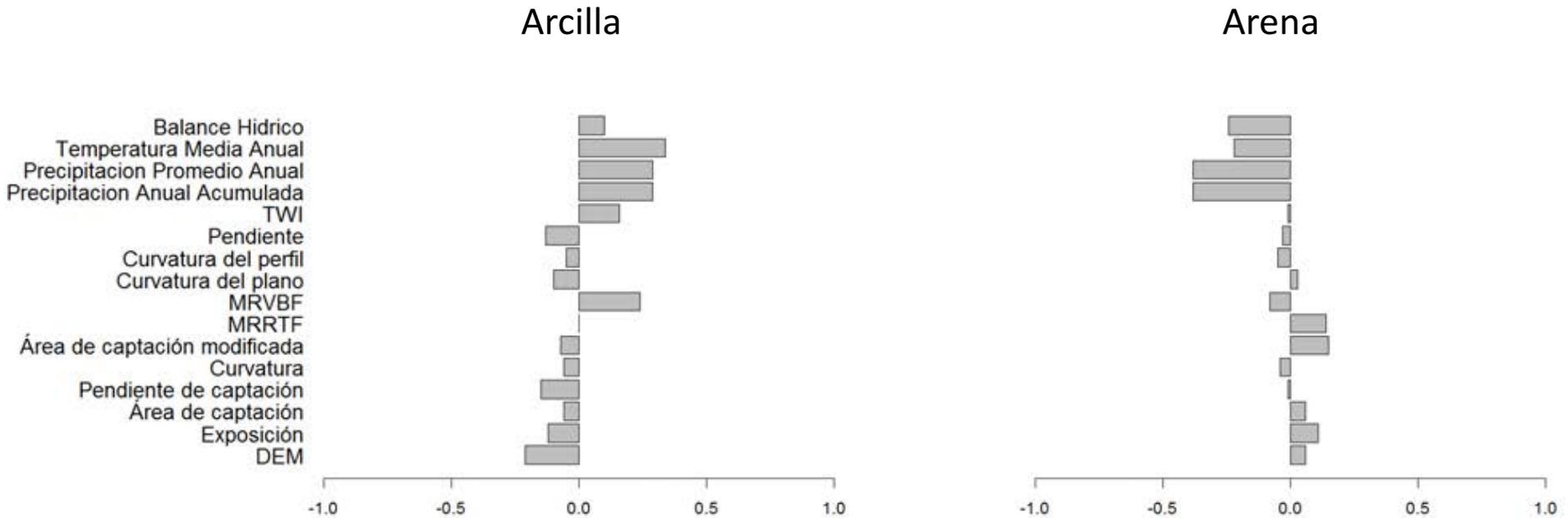
CONABIO

# Clase textural

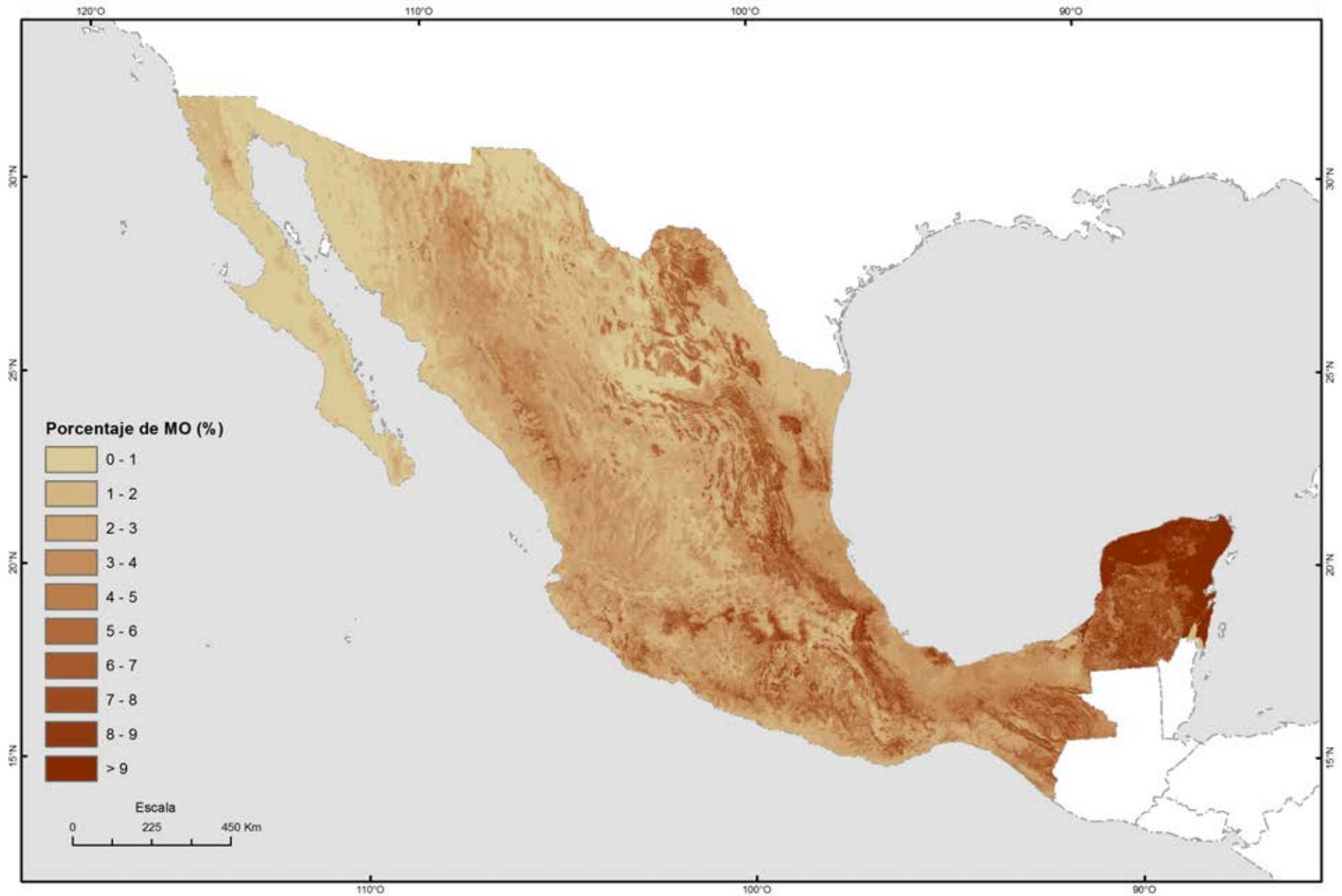


# Covariables para los modelos de las propiedades del suelo

8608 perfiles provenientes de la información patrimonial del INEGI



Exploración de las correlaciones entre las variables predictivas y las de respuesta

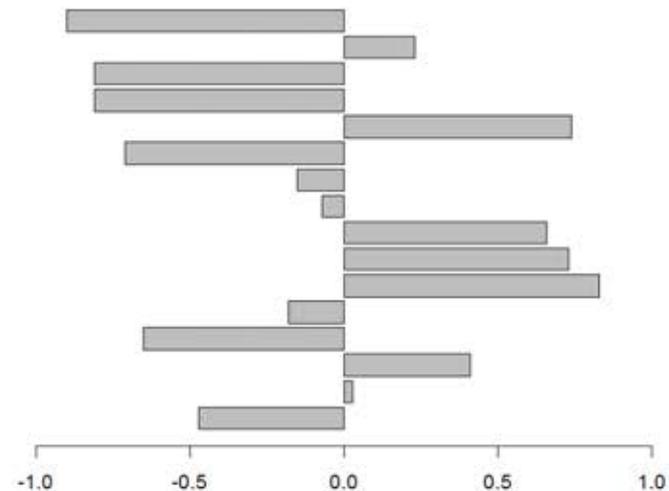
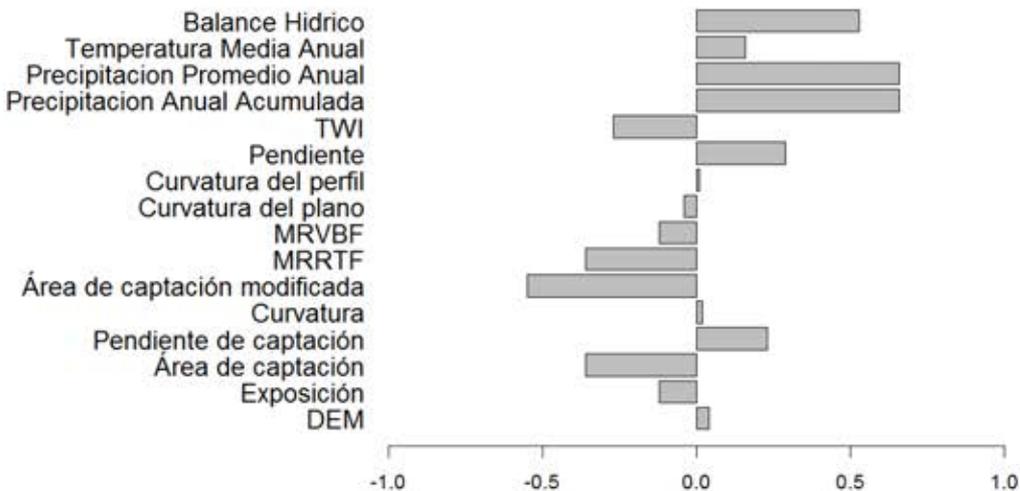


# Covariables para los modelos de las propiedades del suelo

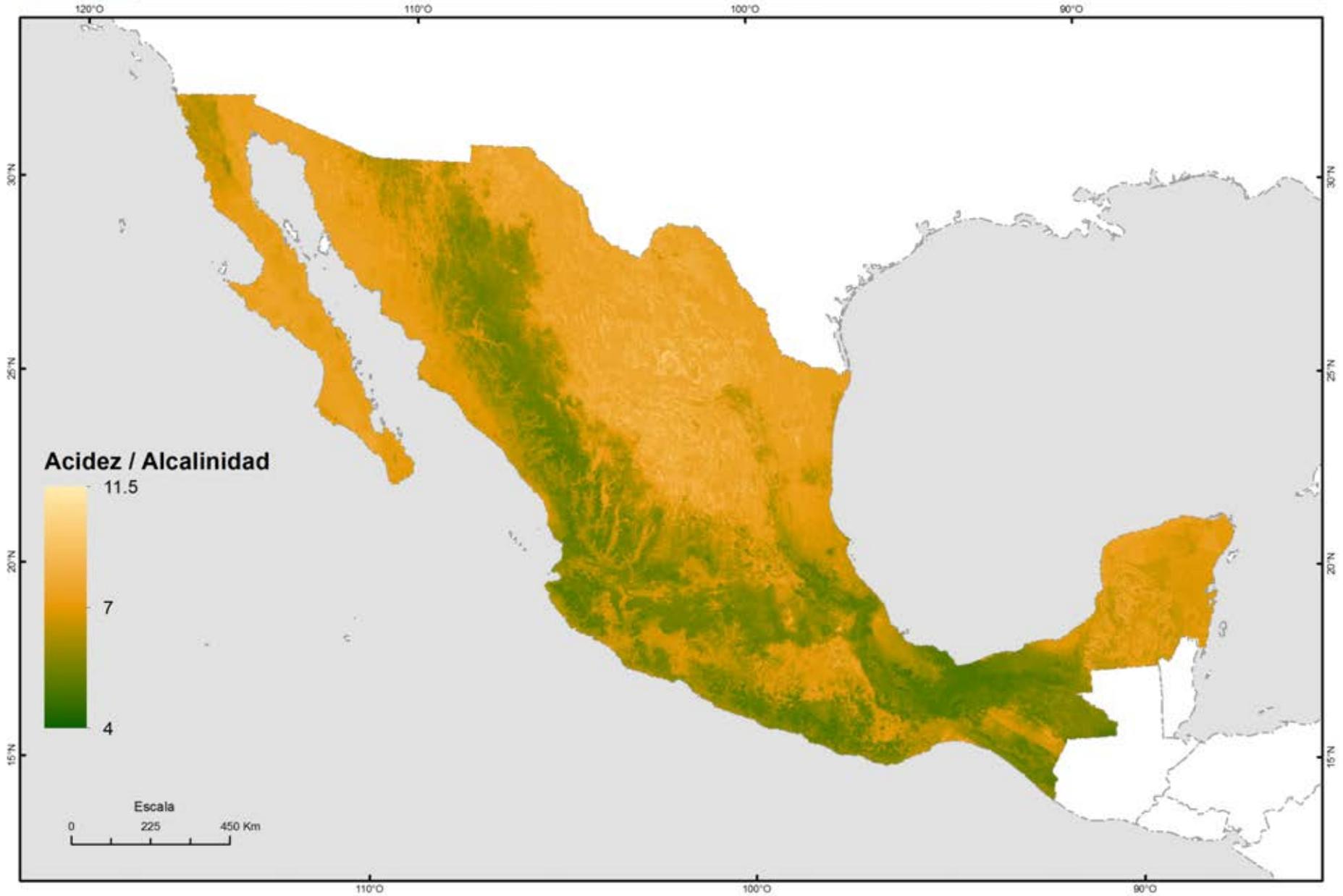
## 8608 perfiles provenientes de la información patrimonial del INEGI

### materia orgánica

### potencial Hidrógeno



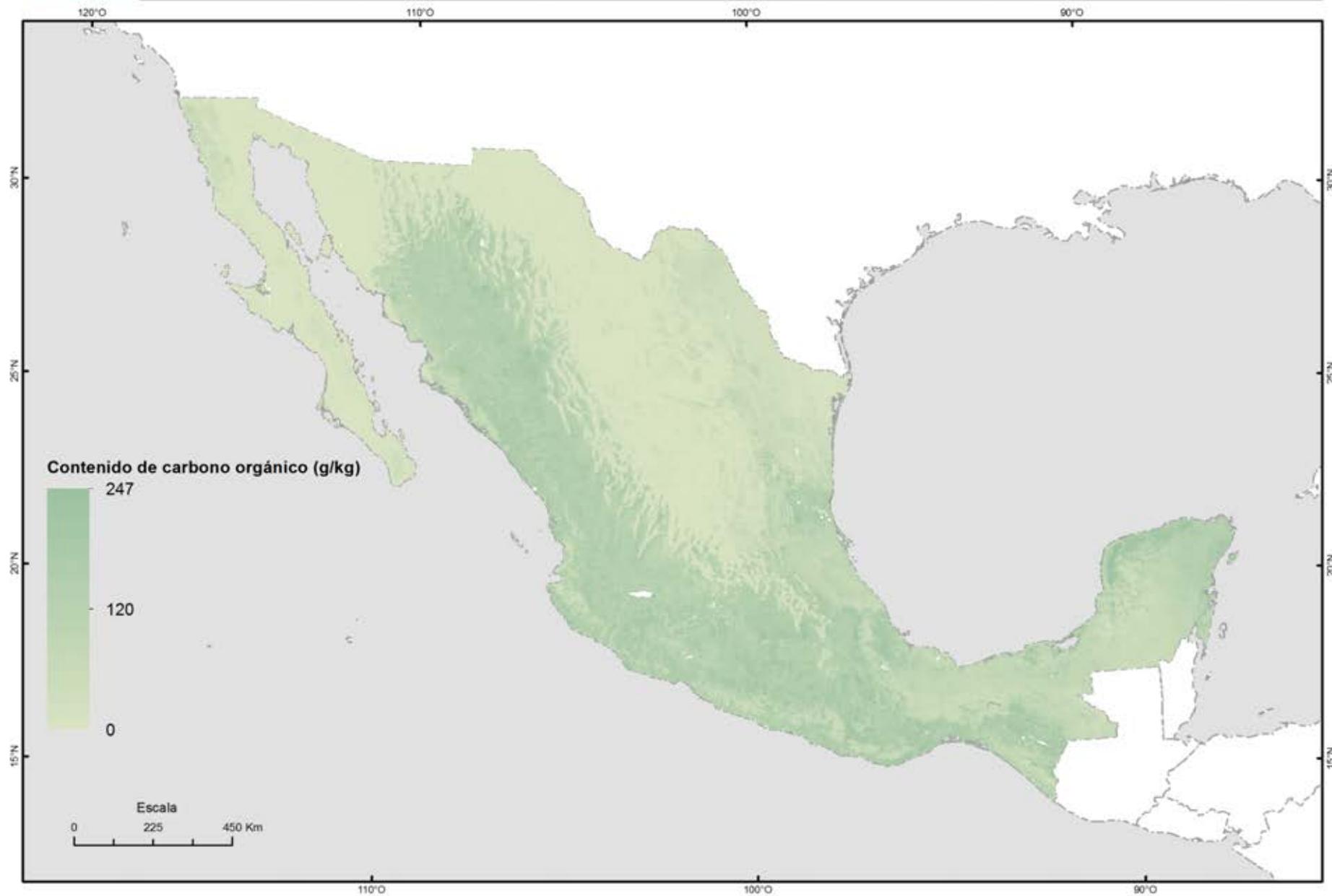
Correlaciones entre variables predictivas y de respuesta,





CONABIO

# Carbono orgánico



El suelo,  
los suelos

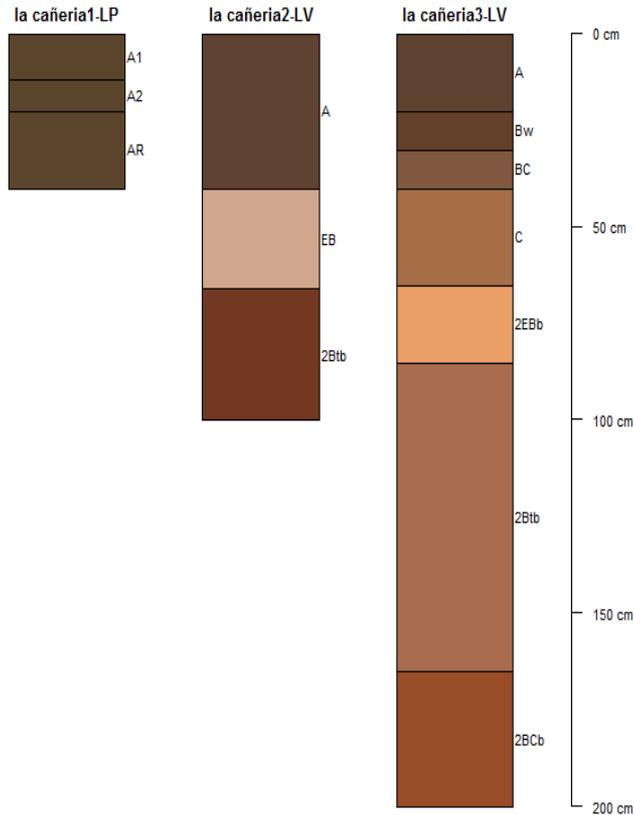
La tierra,  
las tierras

El territorio,  
los territorios





# Finca la cabaña



La cañería 1



La cañería 2



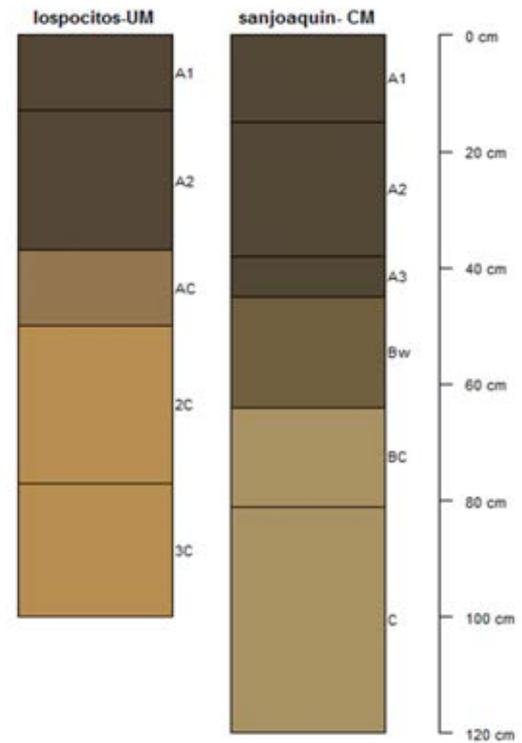
La cañería 3



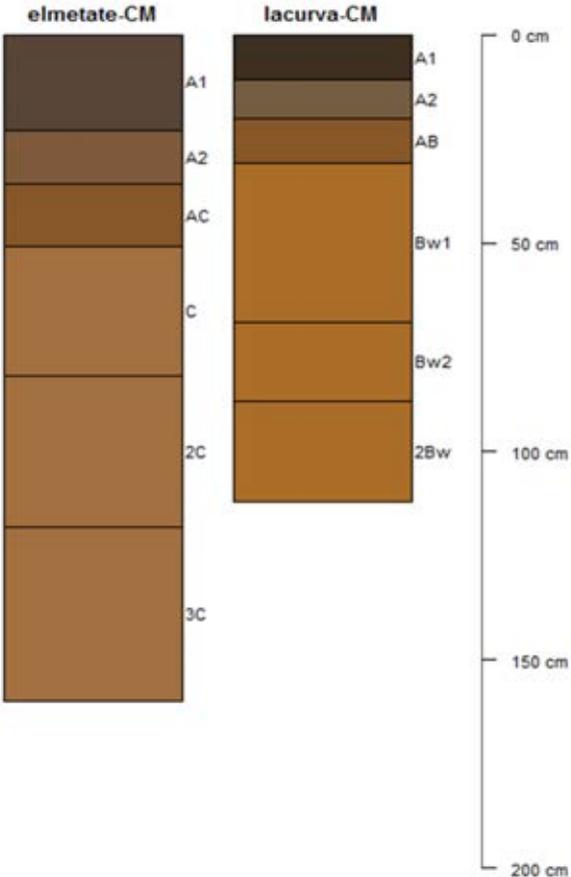
Krasilnikov P., Norma Eugenia García-Calderón and Elizabeth Fuentes-Romero. 2007. Pedogenesis and slope processes in subtropical mountain areas, Sierra Sur de Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 24, núm. 3, p. 469-486.

# Finca Vista hermosa

## Los pocitos



# Finca San Juanito



El metate



La curva



## **Siguientes pasos...**

- **México (Nuevos datos están siendo levantados por las instituciones encargadas)**

*Modelos Multiescala (100, 250, 500, 1000m)*

*Modelar otras variables del suelo relevantes para el manejo*

- **CONABIO**

*Fomentar el uso de los productos derivados del mapeo digital de suelos (comunicación y entrenamiento)*

*Mantener el estado del arte en la modelación de propiedades del suelo*

*Mejorar la interoperabilidad de los modelos y las medidas de incertidumbre de las propiedades del suelo a sus funciones*

*Validación de campo junto a productores y usuarios*

*Construir capacidades para el mapeo digital de suelos dentro de México*



CONABIO  
1992-2017  
XXV ANIVERSARIO



## Coordinación Nacional Dr. José Sarukhán

### *Coordinación de planeación para el uso de la biodiversidad*

**Claudia Aguilar**  
*Biodiversidad y recursos biológicos*

**Carlos Arroyo**  
*Geomática y Visualización*

**Fabiola González**  
*Territorio y desarrollo rural*

**Jorge Larson**  
*Coordinador*

**Javier Rodríguez**  
*Suelos y Agua*

**Yabín Salmerón**  
*Servicio social UAM, Suelos*

**Mario Guevara**  
*University of Delaware*