

Tema 9

9.1. Variabilidad Espacial y Cartografía de Suelos



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



PROGRAMA
**RESILIENCIA
CLIMATICA**
BOSQUES CAFETALEROS



Banco Interamericano
de Desarrollo

Dr. Jesús A. Vilorio R.
Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Postgrado en Ciencia del Suelo

CONTENIDO

- Introducción a la variabilidad espacial del suelo.
- Predicción espacial de valores de propiedades de suelo.
- Composición de la variación espacial del suelo:
 - Variabilidad sistemática
 - Variabilidad aleatoria.
- Variables regionalizadas o espacialmente distribuidas.
- Modelos de variación espacial del suelo
 - El suelo como un conjunto de cuerpos naturales
 - El suelo como un continuo
 - El suelo como un continuo con unidades discretas o discontinuas

Variabilidad espacial del suelo

- El suelo forma un manto continuo sobre la superficie terrestre. Las características de este manto varían tanto vertical como horizontalmente.
- La variación vertical se manifiesta en forma de capas u horizontes reconocibles en perfiles de suelos.
- La variación horizontal se manifiesta como cambios de las propiedades del suelo, en función de su localización en el espacio geográfico. Como consecuencia, también varía la respuesta del suelo al uso y manejo.
- Se necesita disponer de información a escala apropiada, sobre la distribución espacial del suelo, para usar la tierra de manera sostenible.

Variabilidad espacial del suelo

- La variabilidad depende de la propiedad del suelo analizada. En general, las propiedades químicas son más variables que las físicas.
- Para algunas propiedades del suelo, más del 50% de su variabilidad en una parcela puede estar presente en cualquier metro cuadrado de esa parcela.
- La variabilidad espacial del suelo es una condición inherente al mismo, producida por la interacción entre los diferentes procesos y factores que intervienen en la formación de este cuerpo natural.

•

Las prácticas de manejo tienden a reducir la variabilidad del suelo en parcelas sometidas al mismo uso por largo tiempo. Por el contrario, tiende a aumentarla entre parcelas con usos diferentes



Influencia del uso
y manejo del
suelo

Variabilidad del
suelo: ¿Amenaza
u oportunidad?

En la medida que el suelo es más variable:

- La planificación del uso de la tierra es menos efectiva.
- Las prácticas de labranza, riego o fertilización no pueden ser aplicadas de manera uniforme o pueden producir resultados diferentes en distintos lugares.
- La interpolación y extrapolación de resultados de investigación es menos segura.

Ejemplos de usos de la tierra inadecuados, producto de un conocimiento insuficiente de la variación espacial de las condiciones del suelo, son comunes en el mundo entero.

Variabilidad del
suelo: ¿Amenaza
u oportunidad?

La variabilidad espacial del suelo, si es desconocida, es una amenaza

Sin embargo, una vez conocida, la variabilidad espacial del suelo representa una oportunidad para diversificar el uso de la tierra.

En este caso algunos autores utilizan el término PEDODIVERSIDAD o EDAFODIVERSIDAD, por analogía con biodiversidad

Por razones prácticas y económicas, las características internas del suelo pueden ser estudiadas solo en un número limitado de sitios de muestreo.

Pero a los usuarios les interesa la información de suelos no solo de los puntos de muestreo, sino también de cualquier punto de un área de su interés.

Para satisfacer las necesidades de información de los usuarios, el edafólogo debe:

1. Caracterizar el suelo en tantos puntos de muestreo como lo permitan los recursos disponibles.
2. Predecir los valores de propiedades relevantes del suelo en cualquier sitio no muestreado, a partir de la información obtenida en los puntos de muestreo.

Si las propiedades del suelo fuesen variables aleatorias, el valor en cualquier sitio de interés pudiera ser estimado por el promedio de los valores medidos en los puntos de muestreo.

Las variables estadísticamente aleatorias cumplen las siguientes condiciones:

1. Existe la posibilidad, por lo menos teórica, de repetir indefinidamente el evento (experimento, medición, muestreo) que atribuye un valor numérico definido a la variable.
2. Los valores de la variable son mutuamente independientes. Esto es, el resultado de un experimento o una medición no puede estar influenciado por el resultado de experimentos o mediciones precedentes.

Por ejemplo: control de calidad en una fabrica de alimentos procesados.

Composición de la variación espacial del suelo

- La variabilidad del suelo es producto de la interacción entre diferentes procesos que intervienen en el modelado del paisaje y la formación del suelo. Estos procesos actúan a diferentes escalas espaciales y sus efectos se superponen unos sobre otros.
- La variabilidad espacial del suelo se puede dividir en una fracción aleatoria y otra sistemática.
- La variabilidad aleatoria del suelo es aquella que no se puede explicar.
- La variabilidad sistemática, en cambio, se puede atribuir a causas entendibles y predecibles, asociadas a la interacción entre los factores formadores de suelo.

La composición de la variación espacial del suelo se puede representar por medio de la siguiente ecuación:

$$V = S + A$$

donde V = Variación total, S = Variación sistemática y A = variación aleatoria.

Se reconocen dos tipos diferentes de variabilidad sistemática:

1. Tendencia espacial: son cambios de los valores de una propiedad del suelo, que se ajustan a un patrón predecible de distribución en el terreno.

Por ej. el aumento del espesor del horizonte A desde el tope hasta el pie de una ladera.

2. Dependencia espacial: los valores de las propiedades del suelo medidos en puntos de muestreo vecinos tienden a ser similares, y se hacen cada vez más diferentes a medida que aumenta la distancia entre puntos de muestreo.



Componentes de la variabilidad espacial del suelo.

La ecuación que representa la constitución de la variabilidad espacial del suelo es ahora:

$$V = T + D + A$$

donde V = Variación total, T = tendencia espacial, D = dependencia espacial y A = variación aleatoria.

Las propiedades del suelo no son variables estadísticamente aleatorias son, más bien, variables espacialmente distribuidas, porque:

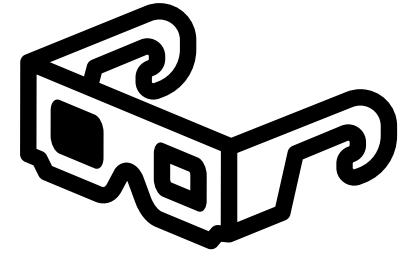
- La información sobre ellas son datos obtenidos en puntos de muestreo.
- Los valores de estos datos dependen de su localización en el espacio geográfico.

Para inferir los valores de las propiedades del suelo en cualquier sitio del área de interés, es necesario aplicar modelos de predicción espacial.

Los resultados de estos modelos se representan en forma de mapas de suelos.

Ejemplo de variable espacialmente distribuida:
% de arcilla en el horizonte superficial del suelo.





Los métodos disponibles hoy en día para predecir cómo es el suelo entre puntos de muestreo se fundamentan en uno de los siguientes modelos de variación espacial del suelo:

1. El suelo es un conjunto de cuerpos naturales.
2. El suelo es un continuo.
3. El suelo es un continuo con unidades discretas.

Este modelo considera que:

El continuo suelo está formado por un conjunto de cuerpos individuales, cada uno de los cuales ocupa un espacio determinado y tiene una morfología particular.

El suelo como un conjunto de cuerpos naturales.



Los cuerpos naturales de suelo son hipótesis representadas por cuerpos artificiales (“polipedones o polipediones”), que son clasificados taxonómicamente y mostrados en mapas detallados o semidetallados de suelos.

El modelo supone que:

1. Los cuerpos de suelo que pertenecen a la misma clase forman un grupo natural y son similares en muchos atributos.
2. Las características de diagnóstico usadas como base para la clasificación taxonómica de los cuerpos de suelo tienen un alto grado de covarianza con otras propiedades del suelo.
3. Consecuentemente, la clasificación es útil para múltiples propósitos.

Supuestos del
modelo del suelo
como conjunto
de cuerpos
naturales

Supuestos del
modelo del suelo
como conjunto
de cuerpos
naturales

3. Cada clase de suelo tiene una región de ocurrencia característica y generalmente ocupa posiciones particulares en el paisaje.
4. Como resultado, el suelo es representado en un mapa como un conjunto de cuerpos geográficos individuales, separados por discontinuidades o límites
5. Los cambios más importantes de los atributos del suelo tienen lugar a lo largo de los límites entre las delineaciones del mapa.



Límite abrupto entre suelo con ripio superficial (primer plano) y suelo con ripio profundo (al fondo), en altiplanicie del Sur del estado Guárico (Venezuela).



Límite abrupto entre suelo con grava superficial (en primer plano) y suelo sin grava (al fondo), en altiplanicie del Sur del estado Guárico (Venezuela).

suelo sin grava



suelo con grava superficial



Este modelo se sustenta en los siguientes argumentos:

1. Los procesos que generan la variabilidad del suelo tienden a originar cambios graduales de las propiedades edáficas a lo largo de un continuo, en lugar de cuerpos discretos con límites abruptos.

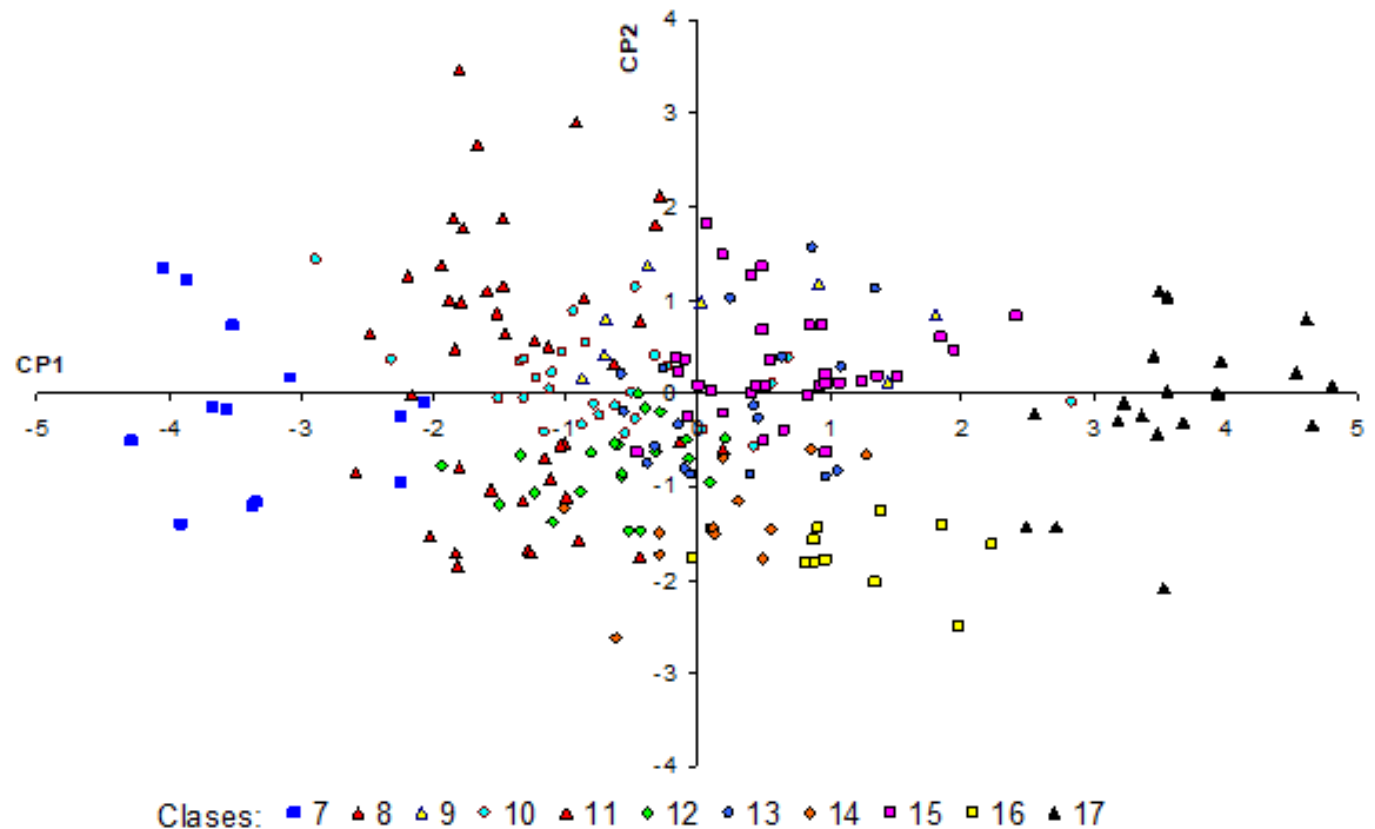


El suelo como un
manto continuo

El suelo como un
manto continuo

2. Estudios realizados con métodos multivariados han probado que, en conjuntos de datos de suelo, los grupos naturales se encuentran débilmente definidos o no existen.

En el siguiente gráfico de dispersión de los componentes principales 1 (CP1) y 2 (CP2) de suelos aluviales recientes de la depresión del lago de Valencia (Venezuela), cada clase de suelos ocupa un espacio particular; pero los límites entre clases tienden a ser graduales.

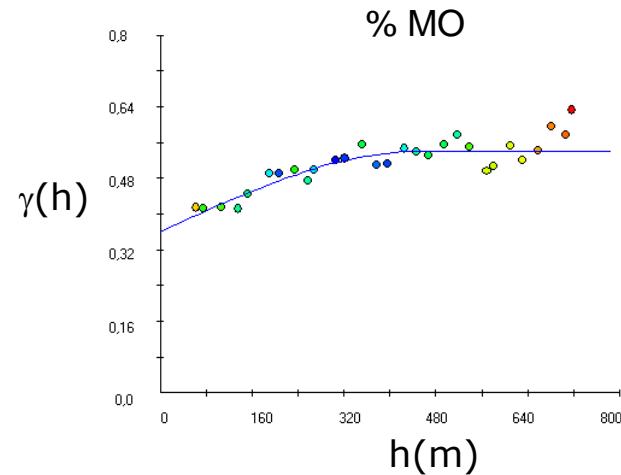
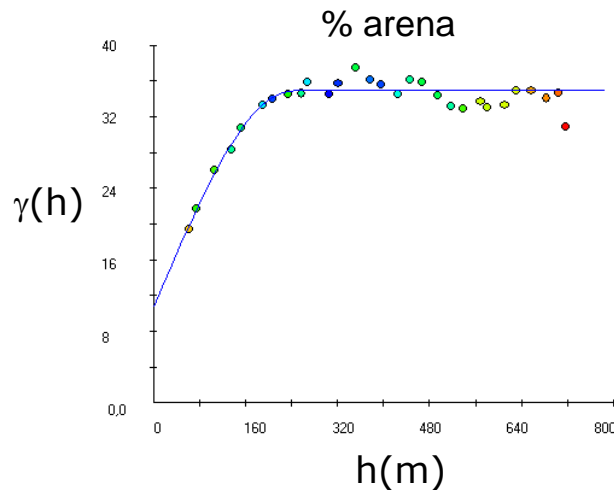


El suelo como un
manto continuo

El suelo como un manto continuo

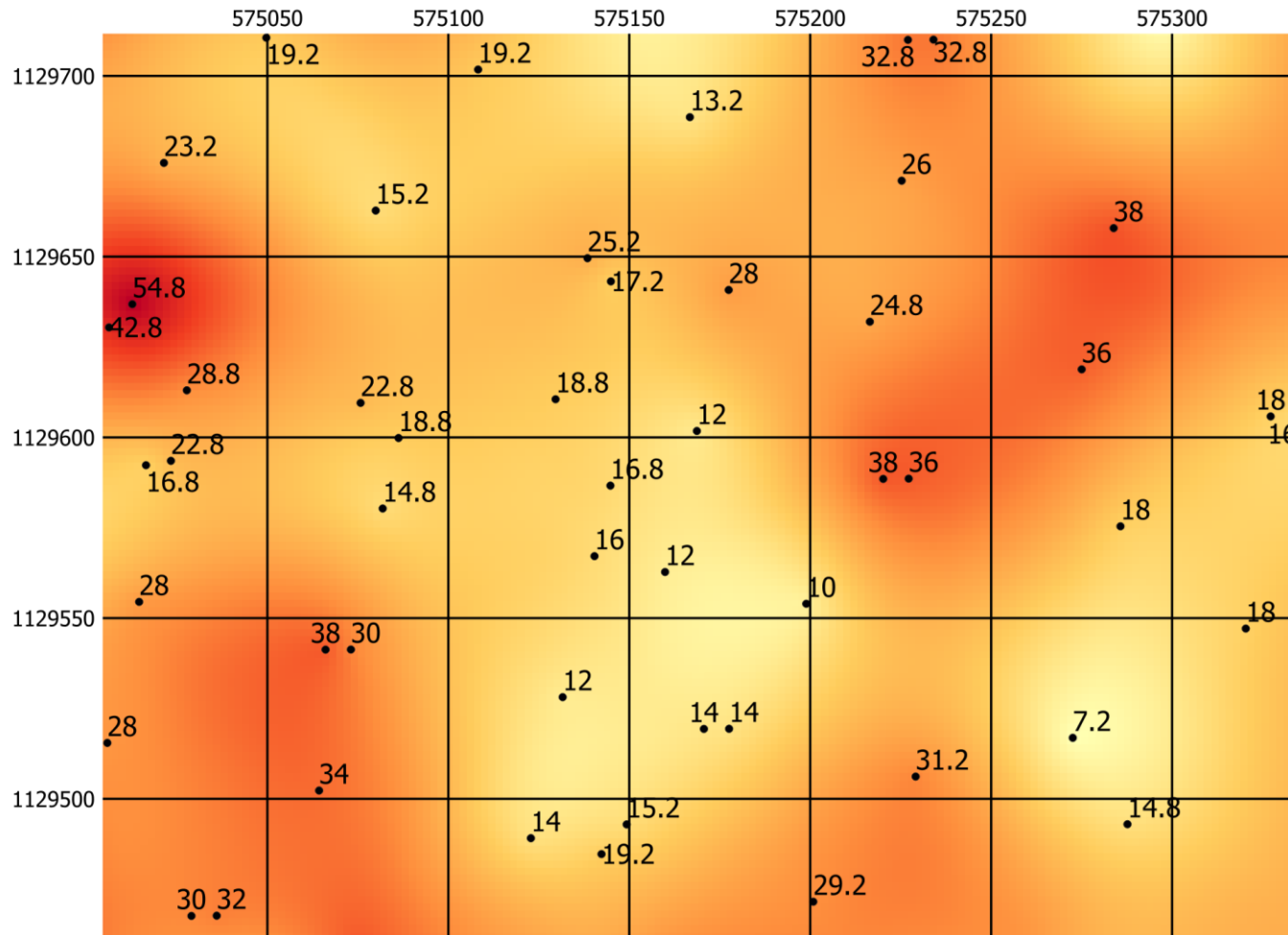
3. El uso de variogramas ha probado que la estructura de variación espacial no es la misma para diferentes características del suelo.

Por consiguiente, las características relevantes para un determinado tipo de uso de la tierra pueden tener un patrón de variación espacial distinto al de las propiedades de diagnóstico de las clases de suelo



Variogramas de propiedades del suelo en el campo
experimental del CENIAP, Maracay, Estado Aragua, Venezuela

Mapa % de arcilla en el horizonte superficial del suelo, producido por interpolación numérica entre puntos de muestreo



El suelo como un continuo

• Puntos de muestreo

% Arcilla

8.47

19.1

29.6

40.2

50.8

El suelo como un
continuo con
unidades
discontinuas

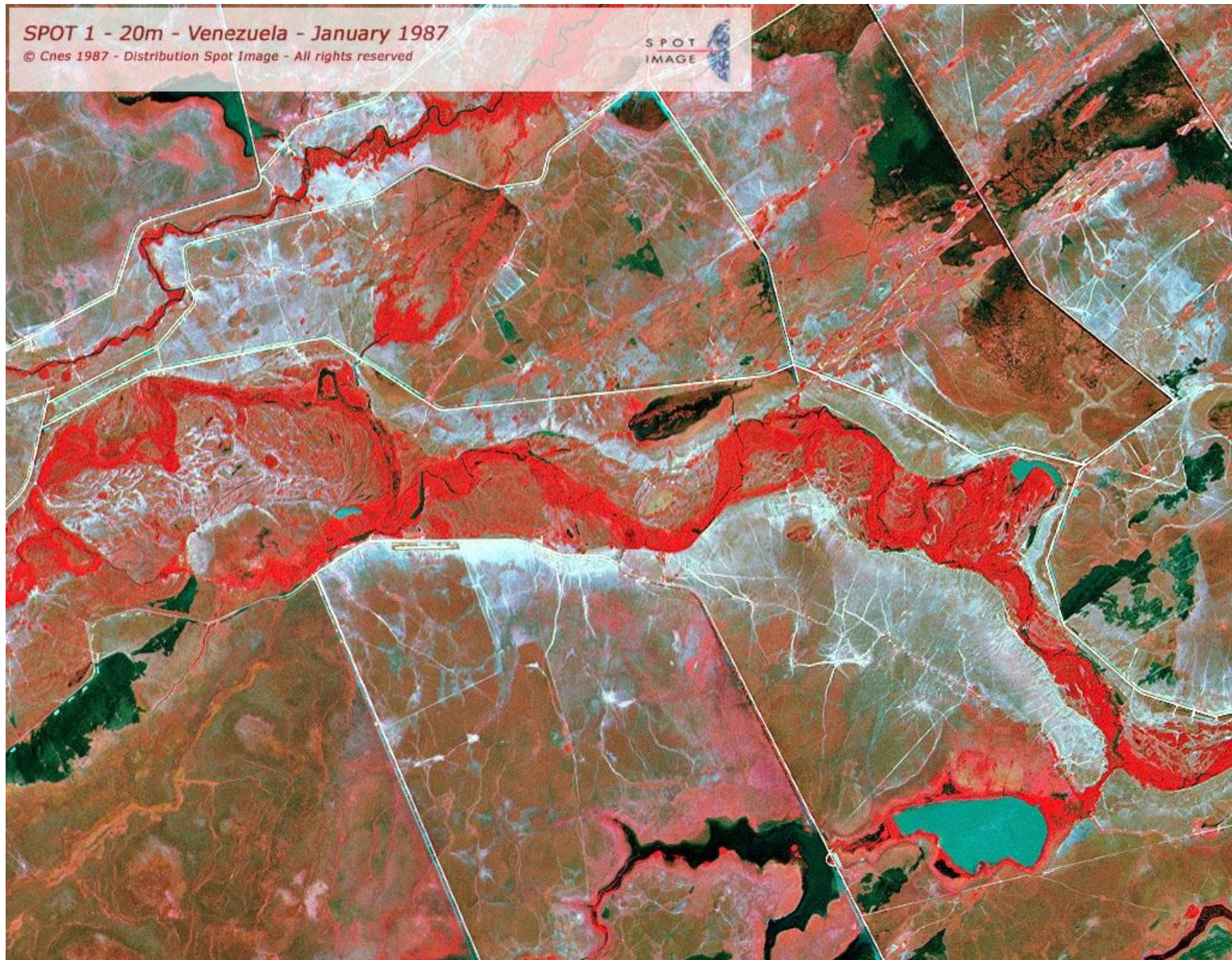
Este modelo plantea que:

En la naturaleza, las situaciones donde cuerpos de suelo pueden ser delineados por medio de límites nítidos son probablemente tan frecuentes como aquellas con variaciones graduales.

Consecuentemente, la estructura de variación espacial del suelo debería ser analizada por medio de la aplicación de los dos enfoques anteriores, de manera complementaria.

Ejemplo:

- La siguiente figura es una imagen del satélite SPOT de un sector de los llanos del estado Barinas. La vegetación boscosa se observa de color rojo intenso. Los cuerpos de agua se observan de color negro o azul claro, de acuerdo a su profundidad. Los suelos más arenosos tienen menor contenido de humedad y tienden al color blanco.
- Se observa que la variación espacial del suelo, inferida a partir de los cambios de color en la imagen, es continua con algunos límites abruptos.

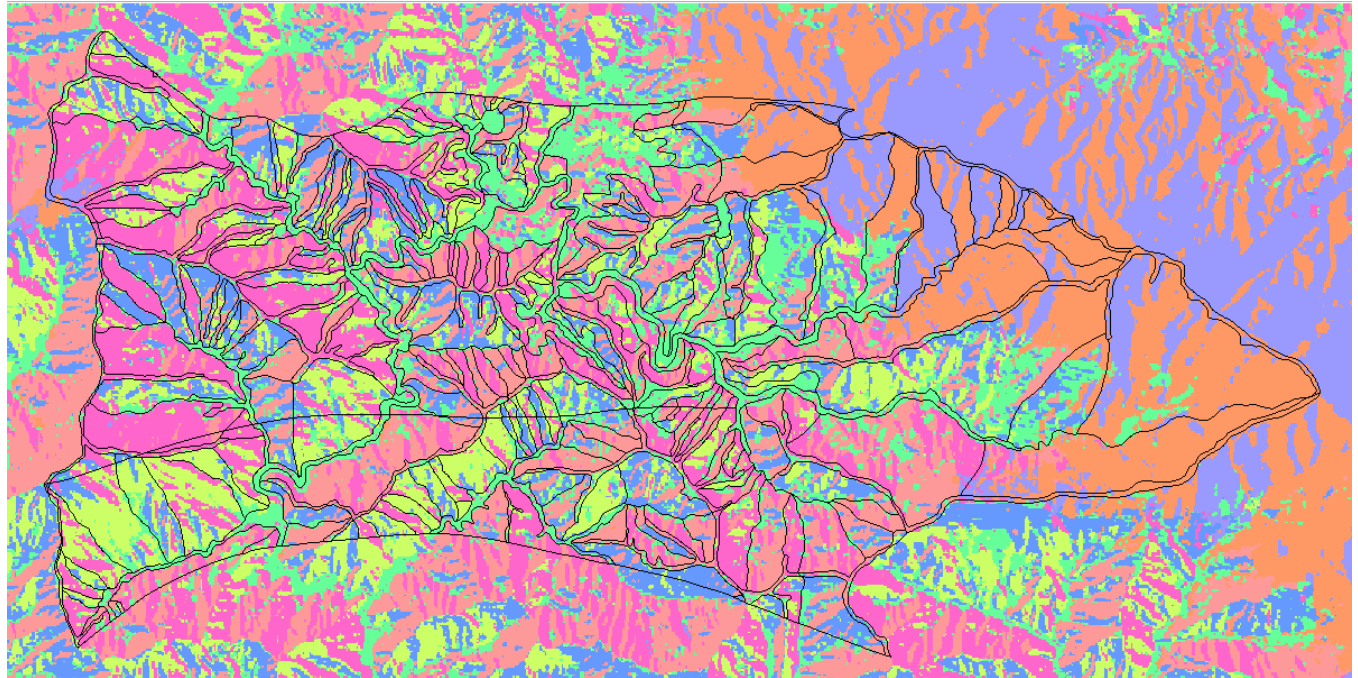


Postgrado en Ciencia del Suelo -
2016

La debilidad del
modelo discreto
constituye la
fortaleza del
modelo continuo
y viceversa

- El modelo discreto desagrega la variación espacial del suelo en un conjunto de unidades diferentes (cuerpos de suelo), separadas por límites que un observador entrenado puede reconocer en el paisaje.
- Pero no permite desagregar la variación continua del suelo presente dentro de cada cuerpo de suelo.
- Los métodos basados en el modelo continuo permiten representar la variación gradual del suelo; pero no pueden ser aplicados a través de límites abruptos.

El suelo como un
continuo con
unidades
discretas



La Figura muestra un mapa de paisajes y suelos en la cuenca del Río Caramacate, estado Aragua, Venezuela. Cada color representa una clase diferente de paisaje-suelo. Se observa que el suelo varía en forma continua; pero se pueden distinguir algunas unidades discretas separadas entre sí por líneas de color negro.

Síntesis

- Los tres modelos descritos pueden ser combinados en un sistema de información geográfica (SIG) para crear una imagen entendible del paisaje y el suelo, que sirva de apoyo la toma de decisiones.
- El SIG debe contener no sólo el mapa de suelos en formato digital sino también los datos básicos obtenidos en los puntos de muestreo del suelo, apropiadamente caracterizados y georreferenciados.
 - Con base en estos datos y la diversidad, cada vez mayor, de métodos disponibles para su análisis y procesamiento, es potencialmente posible generar una gran variedad de mapas de propósitos específicos, en función de las necesidades de los usuarios.
 - Sin embargo, el aprovechamiento de toda la potencialidad de un SIG de suelos requiere mejores procedimientos de adquisición de datos de suelo en el campo.