

Maapeo del suelo a nivel de finca con métodos Geoestadísticos: Estudio de caso en el Valle del Cauca



Jaime Lozano (jlozano3899@gmail.com), Germán Lema (g.lema@cgiar.org),
Glenn Hyman (g.hyman@cgiar.org) y Edgar Amézquita (e.amezquita@cgiar.org)

Introducción

La agricultura de precisión es una herramienta útil para el uso eficiente, racional y sostenible de los recursos destinados al sector agropecuario. En las tierras planas del Valle del Cauca, Colombia, la práctica de la agricultura de precisión está limitada debido a la poca disponibilidad de datos requeridos para su aplicación, por falta de conocimientos metodológicos y de inversión. Los estudios detallados son muy costosos y se desconoce el tipo de diseño de muestreo que se debe emplear para las condiciones particulares de suelos del Valle del Cauca, incluyendo el número de muestras representativas y los parámetros que se deben utilizar.

Para contribuir en la solución de estas limitaciones se estudió la distribución geoespacial de propiedades físicas y químicas en suelos de la estación experimental del CIAT. Se analizó la base de datos de suelos que el CIAT posee desde hace 35 años (Howeler, 1986), junto con estudios más actualizados. Se buscó la interpolación más precisa empleando métodos como Kriging, Cokriging y la Distancia Inversa Ponderada, probando diferentes opciones dentro de cada uno de ellos para buscar el más adecuado. Se analizó estadísticamente el error de interpolación variando la cantidad de muestras en busca del método óptimo.

Objetivo

Determinar la densidad correcta de muestreo y escoger el método más adecuado para la elaboración de mapas de las características (químicas y físicas) de los suelos en tierras planas del Valle del Cauca.

Materiales y Métodos

Materiales:

PC's, Geoestadistical Analyst, ArcGis, Hawth's Analyst Tools, Base de datos de Howeler (1800 datos tomados a una distancia de 50 m, en el año 1971 en la granja CIAT).

Métodos:

Para las variables Manganeseo, Calcio, Magnesio, CIC, Limo y Arcilla se seleccionó, sistemáticamente al azar, el 25 % de los 1800 datos de Howeler (Figura 1). Se dividió la base de datos en 18 grupos de 100 datos cada uno y de cada grupo se seleccionaron 25 puntos al azar, logrando de esta manera que los puntos escogidos estuvieran distribuidos a través de la granja CIAT.

Esta muestra de 450 datos se usó en el presente estudio y los 1350 datos restantes se utilizaron como control.

Se comparó el desempeño de diferentes métodos de interpolación tomando como criterio el *Root Mean Square*.

Los métodos de interpolación que se compararon fueron: El Determinístico: *Inverse Distance Weight*, y los Probabilísticos: *Kriging* y *Co-Kriging*. Dentro de los dos últimos se compararon los modelos Esférico, Gaussiano y Circular.

Resultados

➤ *Inverse Distance Weight* (IDW) fue el método de interpolación que mostró las mejores predicciones para todas las variables (Tabla 1, 2 y 3).

➤ Se puede optimizar el Exponente (Power) en el método de la *Inverse Distance Weight* (Tabla 1).

➤ La distancia (Lag) óptima entre puntos para la variable Magnesio (Mg) fue de 160 m. (Figura 2).

➤ El modelo esférico fue el mejor dentro de la interpolación con Kriging para Mg. (Tabla 2).

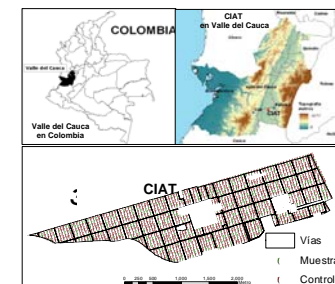


Figura 1. Mapa del CIAT con la distribución de los 1800 puntos de muestreo del estudio de Howeler

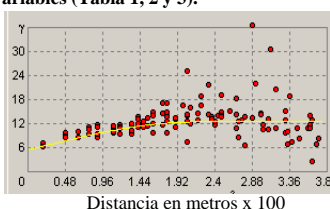


Figura 2. Semivariograma para la variable Mg, con lag (316.7) y número de lags (12), por defecto.

| Exponente | Vecinos | | | | Promedio | | | | Raíz cuadrada del cuadrado medio del error | | Tipo de pendiente |
|-----------|-------------------|----------|--------|----------------|----------------|-----------------|---------|---------|--|---------|-------------------|
| | Vecinos Incluidos | Incluido | Ángulo | Semi-éje Mayor | Semi-éje Menor | Modo del Sector | Muestra | Control | Muestra | Control | |
| 1 | 7 | 7 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | 0.0210 | -0.1447 | 1.9080 | 1.9440 | 1 |
| 1 | 15 | 10 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | 0.0324 | -0.1355 | 2.0260 | 2.0550 | 1 |
| 1 | 20 | 10 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | 0.0496 | -0.1366 | 2.0840 | 2.1060 | 1 |
| 2.5623 | 20 | 10 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | 0.0175 | -0.1452 | 1.8540 | 1.8750 | 1 |
| 2.5623 | 15 | 10 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 3 | 0.0125 | -0.1399 | 1.8550 | 1.8660 | 1 |
| 2.5623 | 7 | 7 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | 0.0074 | -0.1338 | 1.8550 | 1.8540 | 1 |
| 6 | 20 | 10 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | -0.0335 | -0.1207 | 2.0000 | 1.9650 | 1 |
| 6 | 15 | 10 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | -0.0341 | -0.1241 | 2.0090 | 1.9680 | 1 |
| 6 | 7 | 7 | 0 | 1417.9 | 1417.9 | 0 | -0.0332 | -0.1224 | 2.0140 | 1.9700 | 1 |

Tabla 1. Simulación para Magnesio comparando tres valores de *Exponente Weight* dentro del método de interpolación *Inverse Distance Weight*.

| Modelo | Tamaño de la distancia (Lag) | Raíz cuadrada del cuadrado medio del error | # Lags | Modelo | Tamaño de la distancia (Lag) | Raíz cuadrada del cuadrado medio del error | # Lags | Modelo | Tamaño de la distancia (Lag) | Raíz cuadrada del cuadrado medio del error | # Lags |
|---------|------------------------------|--|--------|----------|------------------------------|--|--------|-----------|------------------------------|--|--------|
| Sférico | 1000 | 2.145 | 7 | Circular | 1000 | 2.166 | 7 | Gaussiano | 1000 | 2.278 | 7 |
| Sférico | 600 | 2.144 | 7 | Circular | 600 | 2.157 | 7 | Gaussiano | 600 | 2.283 | 7 |
| Sférico | 300 | 2.116 | 7 | Circular | 300 | 2.159 | 7 | Gaussiano | 300 | 2.278 | 7 |
| Sférico | 150 | 1.935 | 7 | Circular | 150 | 1.953 | 7 | Gaussiano | 150 | 2.038 | 7 |
| Sférico | 50 | 1.832 | 7 | Circular | 50 | 1.848 | 7 | Gaussiano | 50 | 1.866 | 7 |
| Sférico | 1000 | 2.145 | 12 | Circular | 1000 | 2.166 | 12 | Gaussiano | 1000 | 2.278 | 12 |
| Sférico | 600 | 2.144 | 12 | Circular | 600 | 2.155 | 12 | Gaussiano | 600 | 2.281 | 12 |
| Sférico | 300 | 2.124 | 12 | Circular | 300 | 2.137 | 12 | Gaussiano | 300 | 2.277 | 12 |
| Sférico | 150 | 2.096 | 12 | Circular | 150 | 2.123 | 12 | Gaussiano | 150 | 2.231 | 12 |
| Sférico | 50 | 1.984 | 12 | Circular | 50 | 1.971 | 12 | Gaussiano | 50 | 1.915 | 12 |
| Sférico | 1000 | 2.145 | 20 | Circular | 1000 | 2.166 | 20 | Gaussiano | 1000 | 2.278 | 20 |
| Sférico | 600 | 2.144 | 20 | Circular | 600 | 2.155 | 20 | Gaussiano | 600 | 2.281 | 20 |
| Sférico | 300 | 2.110 | 20 | Circular | 300 | 2.134 | 20 | Gaussiano | 300 | 2.268 | 20 |
| Sférico | 150 | 2.120 | 20 | Circular | 150 | 2.131 | 20 | Gaussiano | 150 | 2.281 | 20 |
| Sférico | 50 | 1.888 | 20 | Circular | 50 | 1.914 | 20 | Gaussiano | 50 | 1.983 | 20 |

Tabla 2. Simulación para Magnesio comparando tres modelos dentro del método de interpolación Kriging.

| Variable | Inverse Distance Weight (IDW) | | Kriging | |
|----------|-------------------------------|---------|---------|---------|
| | Muestra | Control | Muestra | Control |
| Mg | 1.855 | 1.868 | 1.863 | 1.901 |
| Mn | 18.820 | 15.310 | 19.770 | 16.690 |
| Ca | 2.425 | 2.729 | 2.824 | 2.951 |
| CIC | 3.222 | 3.522 | 3.890 | 4.073 |
| Limos | 3.480 | 4.360 | 4.032 | 4.811 |
| Arcilla | 4.715 | 5.558 | 5.088 | 5.763 |
| M. O. | 0.709 | 0.770 | 0.733 | 0.753 |

Tabla 3. Raíz cuadrada del cuadrado medio del error de *Inverse Distance Weight* y *Kriging*.

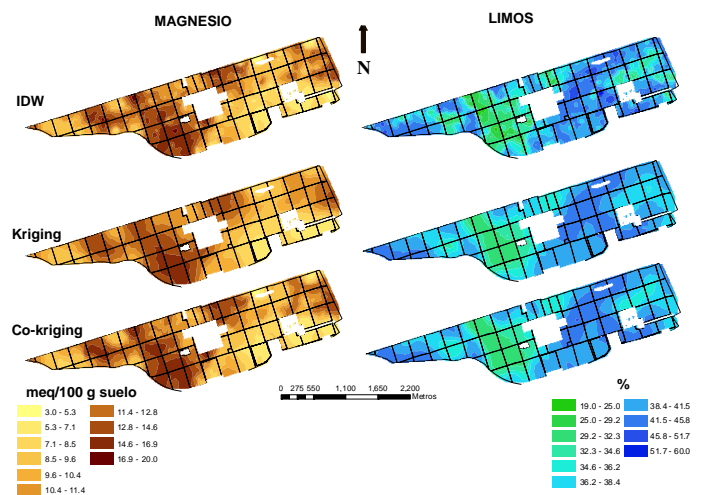


Figura 3. Mapas de interpolación de Magnesio y Limos por *Inverse Distance Weight*, *Kriging* y *Cokriging*

Conclusiones

- ✓ Para un estudio detallado de propiedades químicas y físicas de suelos no es necesario utilizar la densidad de puntos que usó Howeler.
- ✓ Para las variables de este estudio los métodos Determinísticos funcionaron mejor que los Probabilísticos, posiblemente por el método y la densidad del muestreo.
- ✓ Se deben considerar los usos y las intervenciones llevados a cabo en los últimos 30 años para el desarrollo de futuros levantamientos.

Bibliografía

HOWELER, R. H. Los suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical en Palmira, Colombia. Cali: CIAT, 1986. Iv.; ilus. (Documento de Trabajo No. 16).