

## Muestreo de Suelos

El análisis del suelo es una herramienta muy importante ya que nos permite cuantificar la propiedad edáfica que se analiza y en base a ello hacer las correspondientes recomendaciones.

La operación de toma de muestras incluye:

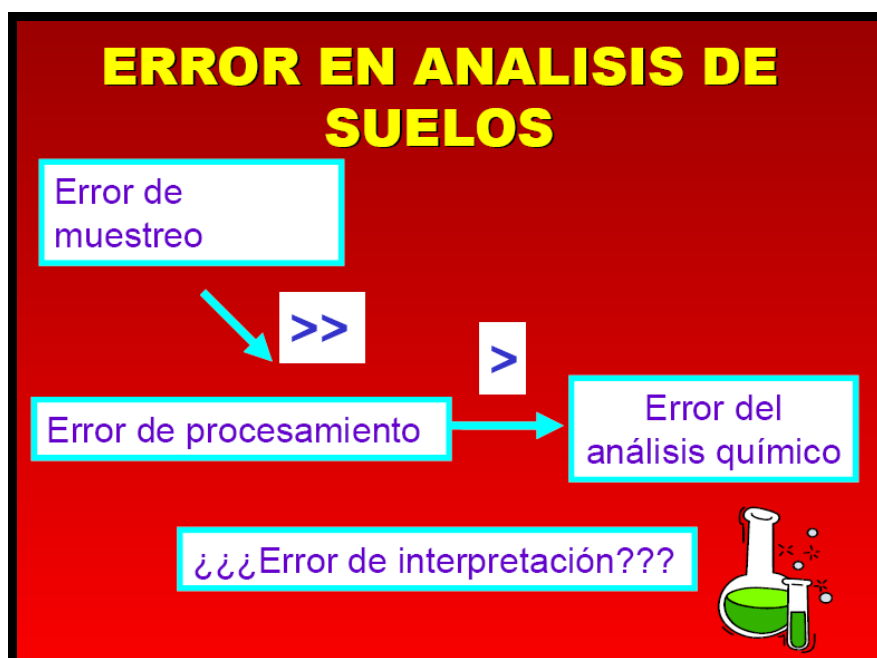
- Toma del material que forma el suelo
- El manejo y elaboración de la muestra
- Toma de fracciones de dicha muestra para la realización de determinaciones analíticas concretas

Aquí nos referiremos al primer aspecto, dejando las restantes para considerarlos en la fase de laboratorio.

Los principales interrogantes en la toma de muestras de suelo son:

- 1) Número de muestras/superficie o sea considerar la Variabilidad Horizontal o paisaje.
- 2) El momento del muestreo o Variabilidad Temporal.
- 3) La profundidad del muestreo o Variabilidad Vertical (ejemplo perfil de suelo con sus horizontes).

El suelo del que se toma la muestra debe ser considerado como un volumen, más que como un área, pues los agricultores cultivan el suelo sobre la base de su volumen. La importancia de la técnica de toma de las muestras de suelo puede ser resaltado recordando la conocida cita **“un análisis no tiene más valor que el valor de la muestra analizada”**.



### Tipo de Muestras

**A- Muestras simples:** Una muestra simple es aquella que se toma en forma individual, y como tal es llevada al laboratorio para las determinaciones analíticas. Puede ser **perturbada** o **no perturbada**.

Un buen número de propiedades físicas de los suelos (Densidad Aparente, Conductividad Hidráulica, Permeabilidad al Aire, Curvas de Capacidad Hídrica), exigen para su determinación *muestras de suelo no perturbadas*, es decir muestras donde el ordenamiento natural (estructural), del suelo no haya sido alterado, y las determinaciones serán efectuadas sobre cada muestra individual. Deben realizarse repeticiones de estas determinaciones a los fines de obtener un valor promedio de la propiedad determinada.

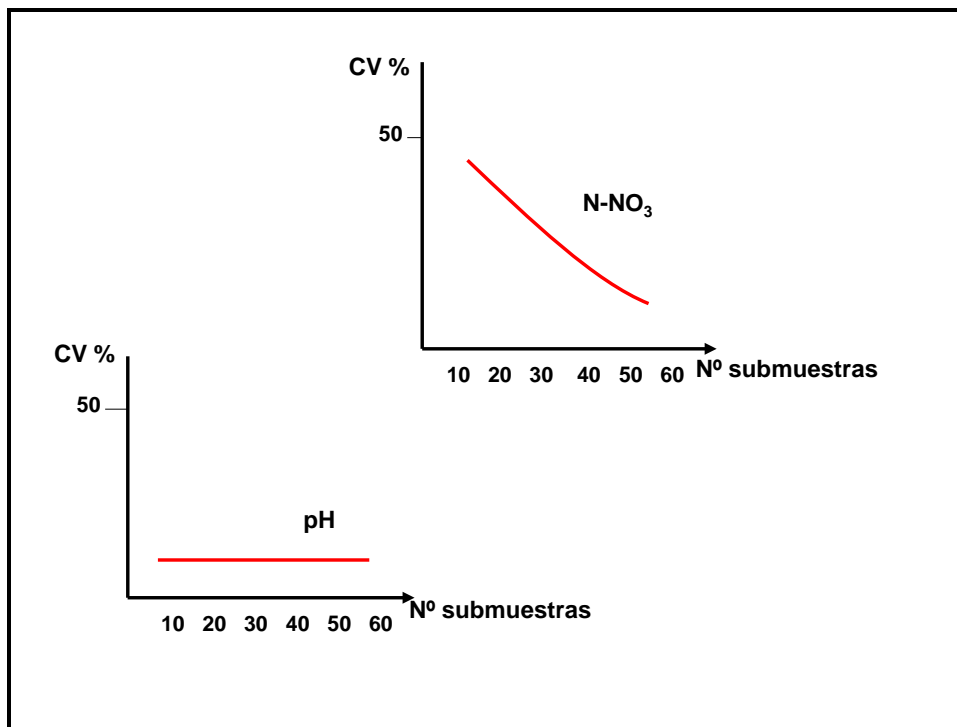
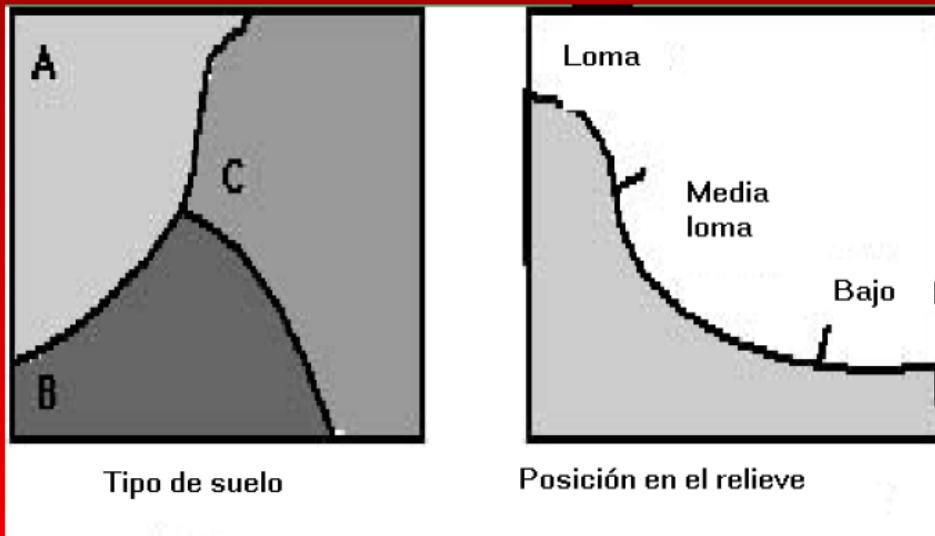
**B- Muestra compuesta:** Una muestra compuesta es aquella constituida por un conjunto de muestras simples, convenientemente mezcladas, y llevadas al laboratorio para el análisis correspondiente. Siempre **es perturbada**. Una muestra compuesta da un valor analítico medio de la propiedad determinada, representativo del volumen de suelo del que se tomó la muestra compuesta. Este valor es equivalente a la media de los valores de las muestras simples o individuales que componen la muestra compuesta, si hubiesen sido analizadas individualmente. El número de muestras simples necesarias para constituir una muestra compuesta depende de la variabilidad de la propiedad a analizar en el área en estudio. A mayor variabilidad mayor número de muestras simples.

Una marcada diferencia en el muestreo de suelos para análisis físicos y para análisis químicos, es que para estos últimos se toman *siempre muestras perturbadas*, que luego pueden constituir muestras compuestas, sobre las cuales se obtendrá un valor medio representativo. La toma de muestras compuestas reduce el número de muestras a analizar.

La toma y composición de muestras compuestas debe satisfacer un mínimo de condiciones, a saber:

1. Todas las muestras individuales debe ser del mismo volumen y representar un **mismo** espesor de suelo.
2. Las muestras deben tomarse al azar, atravesando transversalmente las direcciones de las operaciones de cultivo y los accidentes naturales, tales como la pendiente y la red de drenaje.
3. Tomar un número suficiente de muestras individuales en correspondencia con la variabilidad de la propiedad estudiada y las dimensiones (volumen) del área muestreada.
4. No deben producirse interacciones químicas en el material de la muestra compuesta.
5. La unidad de suelo escogida para formar una muestra compuesta debe ser **homogénea** para el objetivo del análisis. Un campo debe dividirse en varias áreas, estratificarse, en función de las heterogeneidades que presente. Definidas estas áreas homogéneas, se constituyen muestras compuestas de cada unidad homogénea por separado.

## Unidades de muestreo



Para disminuir el CV% se debe incrementar el N° de muestras según la propiedad a analizar

### CUIDADOS EN LA TOMA DE MUESTRAS

- En cada punto elegido, eliminar la cobertura vegetal, limpiar la superficie del suelo descartando todo lo que sea rastrojo o restos de césped.
- Utilice elementos limpios: Tomar cada submuestra con un barreno o con una pala eliminando los bordes laterales. Luego, coloque las submuestras (que correspondan a la misma muestra compuesta) en un

balde o bolsa de plástico limpio. El zinc de los baldes contamina las muestras. Las bolsas que se utilicen deben ser nuevas. Bajo ninguna circunstancia utilizar bolsas en las que se hubieren guardado semillas, alimentos balanceados y mucho menos en bolsas de fertilizantes, ya que alterarán las muestras.

- Juntar el material de las submuestras, desmenuzando los terrones o agregados hasta un tamaño de aprox. 1 cm. mezclar muy bien.
- Muestree lejos de canales, caminos, terrazas, montículos, viejas líneas de alambrados. También evite tomar la muestra cerca de bebederos, dormideros, aguadas ó donde reposa más tiempo el ganado.
- Evite tomar muestras donde existe acumulación de materiales extraños, hormigueros, depósitos de estiércol, suelo recién erosionado, sitios donde se aplicó cal o fertilizantes recientemente, suelos con color diferente.
- Identifique cada muestra en función del área y profundidad que representa.
- Indicar los datos del cultivo a ser fertilizado.



**Procedimiento para muestreo de suelos con pala**



**Bolsa con muestra de suelo**

**OBJETIVOS DEL ANÁLISIS:** Los análisis de suelo pueden perseguir diferentes objetivos tales como:

1. Relevamiento y cartografía.
2. Evaluación de la Fertilidad Física.
3. Evaluación de la Fertilidad Química:
  - Parámetros que no varían en el corto plazo.
  - Parámetros que varían en el corto plazo.
4. Evaluación de Salinidad y/o Sodicidad

5. Evaluación de Propiedades Biológicas
6. Evaluación de la Calidad del Suelo

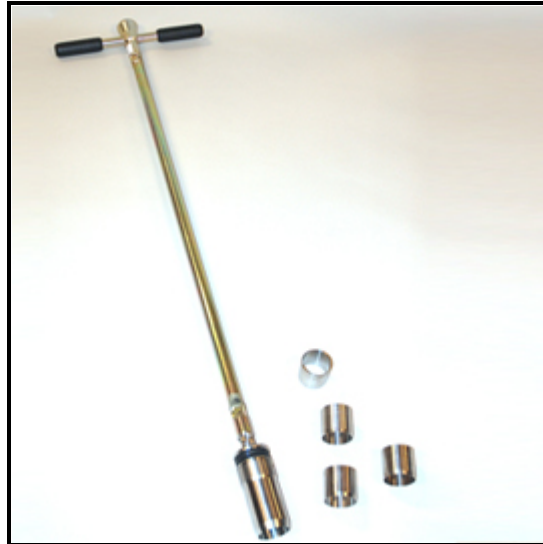
**1- Relevamiento y cartografía:** Para este tipo de estudio los pasos a seguir en la técnica de muestreo son:

- **Aperturas de calicatas.**
- **Muestras Simples de cada horizonte.**
- **Profundidades variables.**
- **Confeción de Mapas Básicos de Suelos ó Interpretativos**

**Toma de muestras de perfiles de suelos:** Debe tenerse en cuenta el intervalo dentro del cual se producen variaciones en el tipo de suelo. Es necesario realizar el análisis de por lo menos **tres perfiles modales** del suelo en cuestión, antes de generalizar sus características. En todos los casos se toman muestras simples perturbadas de cada capa u horizonte delimitado, con ayuda de la pala, comenzando por la **base del perfil**. También para algunas determinaciones especiales (DA, K, Estabilidad estructural entre otros), pueden tomarse muestras no perturbadas de cada horizonte, con cilindros especiales. Las muestras se colocan en bolsitas de tela, papel parafinado o de plástico de 1 a 2kg. De capacidad. Una tarjeta con el número del perfil y de la muestra se coloca en el interior de la misma y otra con las mismas indicaciones es anudada al cordón con que se cierra la bolsita.

**2- Evaluación de la Fertilidad Física:** Fertilidad física: se refiere a la mayor o menor capacidad de un suelo para transmitir aire o agua. Para obtener mejores resultados en estas determinaciones conviene que en el momento de la toma de muestras el suelo esté húmedo (capacidad de campo o próximo), pero no barroso (saturado). Tampoco muestrear si el suelo se encuentra muy seco ya que puede haber alteración del material. El estado de humedad ideal es el que se logra 2 o 3 días después de una lluvia. Las propiedades de suelo a determinar en este estudio pueden ser:

- **Textura**
- **Estructura**
- **DA**
- **Conductividad hidráulica**
- **Estabilidad Estructural**
- **Curvas de Capacidad Hídrica**



**Barreno para determinar DA**



**Estimación al tacto de la textura**



**Determinación superficial de la DA**

**3- Evaluación de la Fertilidad Química y Físico-química:** Fertilidad química: se refiere a la cantidad y tipo de nutrimentos que el suelo le aporta a la planta desde la solución al suelo y la fase sólida como reservorio los sólidos inorgánicos parcialmente solubles, los compuestos orgánicos mineralizados, los iones adsorbidos y los complejos organominerales.

La profundidad de muestreo para estos análisis está determinada por el nutriente o la propiedad a determinar. Así, la materia orgánica (Carbono orgánico por una constante) y el pH se miden habitualmente en capa superficial (0-20 cm) ya que es la profundidad donde ejercen mayor influencia. Para fósforo- $\text{PO}_4^{=}$  también se ha recomendado la misma profundidad. Con respecto a los nutrientes móviles (caso de Nitrógeno- $\text{NO}_3^-$  y Azufre- $\text{SO}_4^{=}$ ) los métodos de diagnóstico consideran en general que existen buenas correlaciones entre la disponibilidad del elemento en capa superficial (0-20 cm) y en profundidad (0-60 cm).

Las propiedades de suelo a determinar en este estudio pueden ser:

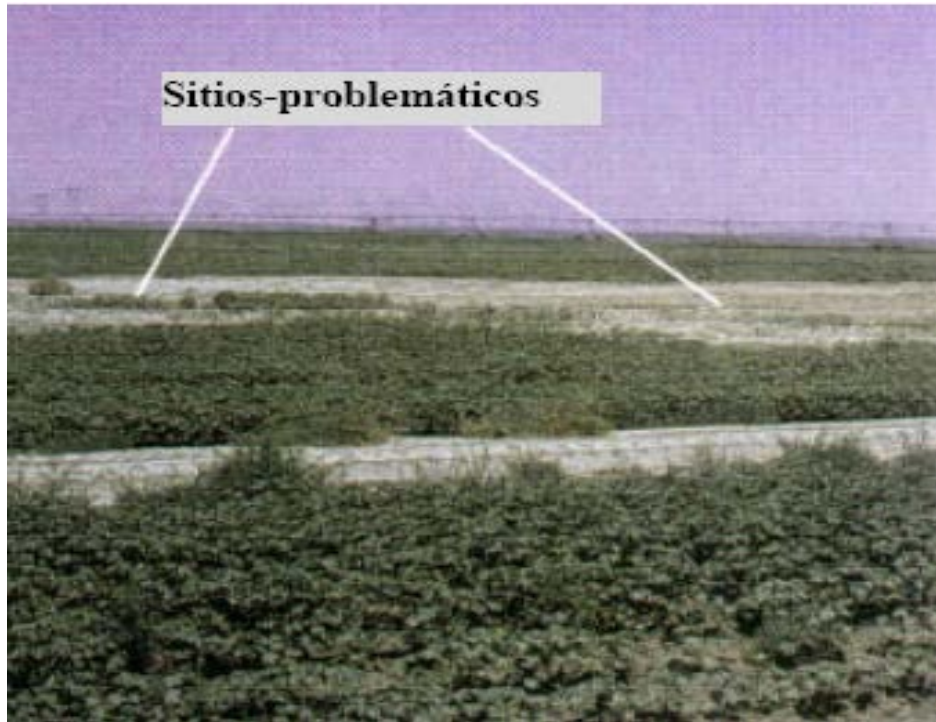
- **Carbono orgánico**
- **Carbono particulado**
- **Nitrógeno total**
- **Nitrógeno inorgánico ( $\text{NO}_3^-$ )**
- **Fósforo asimilable**
- **Azufre asimilable**
- **Micronutrientes**
- **Cationes de cambio (Ca, Mg, Na, K)**
- **Capacidad de Intercambio de Cationes**
- **pH**
- **Conductividad Eléctrica**

**NOTA:** Para realizar un análisis de parámetros que varían en el corto plazo caso del Nitrógeno disponible (Nitratos) se deben colocar las muestras en lugar frío (heladera) hasta su envío, y mantenerlas frescas (en hielo de ser posible) durante el traslado. No deben transcurrir en ningún caso más de 48 hs. desde la toma de muestras y la llegada al laboratorio.

**4- Evaluación de la Salinidad y/o Sodicidad:** Las recomendaciones para este estudio se basan principalmente en que:

- **La concentración de sales puede variar según la distancia vertical, horizontal y el tiempo transcurrido entre muestreos y ocurrencia de riego, lluvia, inundaciones.**
- **Toda costra salina que aflore a la superficie se extrae por separado.**
- **Si hay desarrollo de perfil se muestrea por horizontes.**





Manchones salinos que deben ser muestreados por separado

**5- Evaluación de la Propiedades biológicas:** Las recomendaciones para este estudio implica el hecho de trabajar con muestras no perturbadas y manejadas con ciertos cuidados ( $T^{\circ}C$ ,  $H^{\circ}$ , entre otros). Se puede medir la actividad biológica a través de:

- Sistema Radicular
- Respiración Edáfica
- Actividad de Lombrices



Estudio del desarrollo radicular con el uso de trinchera



**5- Evaluación de la Calidad y Salud del suelo:** La evaluación de esta propiedad se basa en el uso de un conjunto de **indicadores**, entendiéndose como tal toda aquella variable seleccionada (propiedad de naturaleza física, química o biológica) y cuantificada que es muy sensible al manejo permitiendo monitorear el deterioro o la mejora en el uso del suelo. Muchos indicadores interactúan con otros y por lo tanto los valores de uno son afectados por uno o más de los parámetros seleccionados. Ejemplo de algunos indicadores:

- **Carbono orgánico y sus fracciones.**
- **Nitrógeno total.**
- **Infiltración.**
- **Densidad Aparente.**
- **pH.**
- **Estabilidad Estructural.**

### **TOMA DE MUESTRAS DE PARCELAS EXPERIMENTALES**

Se entiende como parcela el área mínima de un campo de ensayo que recibe un tratamiento determinado y es conducida como una unidad.

- Cuando el conjunto de parcelas corresponde a un mismo tipo de suelo, se tomará una muestra de suelo de cada parcela como unidad.
- Cuando dentro de una parcela existe más de un tipo de suelo y en las diferentes parcelas éstos se encuentran en diferentes proporciones, resulta difícil obtener muestras de suelos que sean válidas.

Para la obtención de las muestras se delimita cada parcela mediante estacas o una cuerda y luego el operador avanza a lo largo de cada parcela siguiendo una trayectoria en zigzag, sacando una muestra cada 2 ó 3 pasos según sea el tamaño de la parcela, evitando tomar muestras de las borduras. Se toman así entre 10 y 30 muestras individuales de cada parcela que se reúnen para constituir la muestra compuesta, la que se coloca en bolsitas adecuadas, claramente etiquetadas e individualizadas. En general se obtiene una muestra compuesta de cada una de las repeticiones del tratamiento.

### **TOMA DE MUESTRAS PARA EL MANEJO DE SITIO ESPECÍFICO (AGRICULTURA DE PRECISIÓN)**

Las tecnologías de computación han sido recientemente combinadas con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para hacer el manejo de nutrientes más localizado a sitios específicos que el practicado por la práctica agrícola actual.

El sistema de sitio específico para el manejo de la fertilización es una parte integral de lo que normalmente se refiere como **Agricultura de Precisión (AP)**. Este sistema puede contribuir a asegurar que los nutrientes sólo sean usados en los sitios y en las cantidades que cada sitio específico lo requiere, sobre la base de los valores de los análisis realizados en cada sitio. Esto evita trabajar sobre los valores promedios como es la práctica usual, lo que lleva a que algunos sitios sean *sobrefertilizados* y otros *subfertilizados*.

El manejo de la fertilización por sitio específico presenta así ventajas económicas y ambientales, al evitar la sobreutilización de fertilizantes. Lógicamente, el sistema debe ser acompañado por una mayor densidad de muestreo del suelo que sirva de base para establecer las áreas de fertilización diferencial. A tal efecto, y aunque en teoría se pueden aplicar distintos sistemas para la toma de muestras, en la práctica el lote es dividido en celdas mediante una grilla, pudiendo cada celda llegar a cubrir desde 900 m<sup>2</sup> (grilla de 30x30m) a 1 ha (grilla de 100x100m), según sea la variabilidad del nutriente en cuestión y las extensiones a manejar. De cada celda se obtiene una muestra compuesta georeferenciada (constituida por 15-20 muestras simples).

Las recomendaciones para la aplicación de los nutrientes resultan de los valores de los tests edáficos que son ploteados en un mapa, usando un programa estadístico de computación, normalmente geoestadístico, para estimar la localización de los límites entre áreas de diferentes rangos de contenido del nutriente (por ejemplo alto, medio y bajo). Usando este mapa y un equipo computarizado de aplicación de dosis variables de fertilizantes, ligado al sistema satelital, es posible modificar automáticamente la cantidad del fertilizante aplicado según los requerimientos de cada área, en la medida que el aplicador avanza a través del lote.

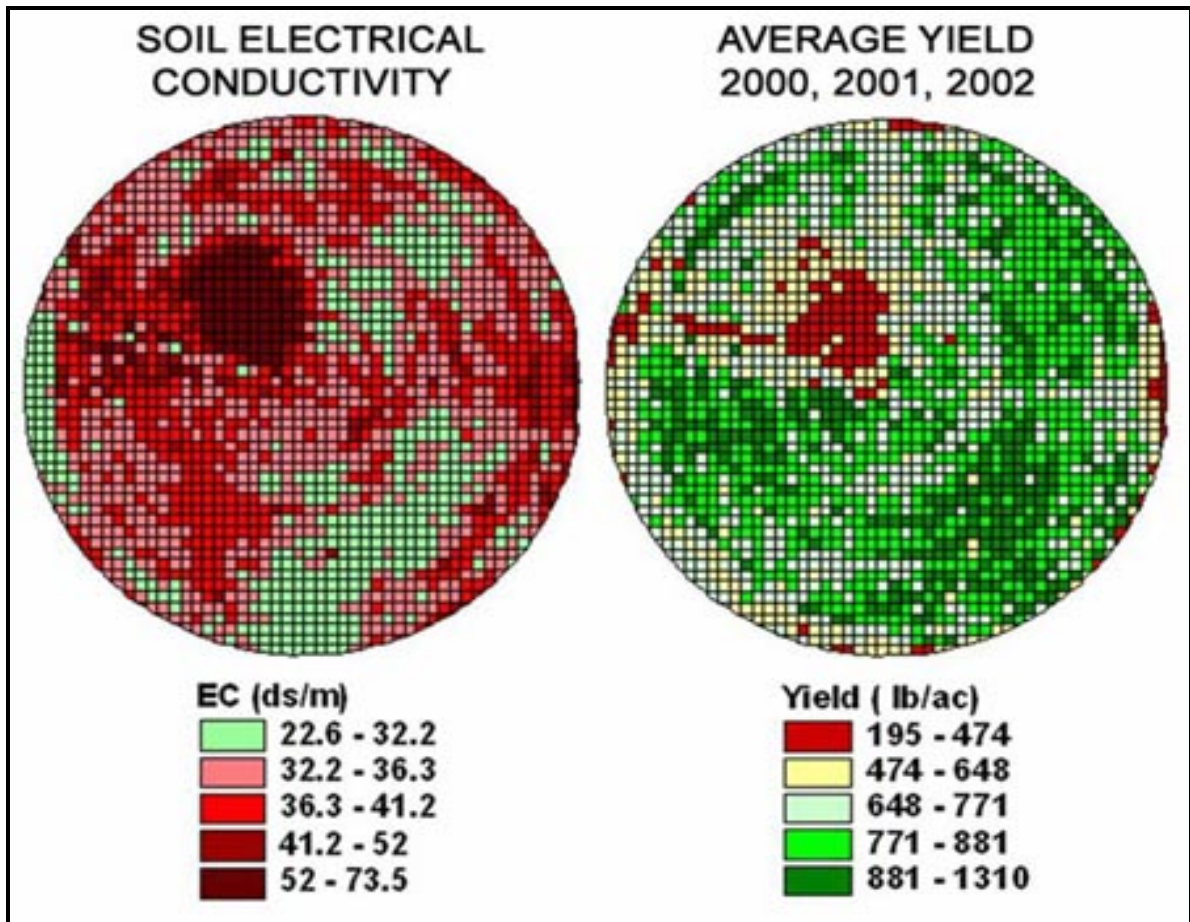
El inconveniente principal radica en que, en el mejor de los casos, tan solo suele considerarse la información edafológica de los centímetros superficiales de los suelos, así como que los mapas georeferenciados que estos generan (se requiere que sean a escalas muy detalladas) son costosos para el productor.

En resumen la AP utiliza herramientas que permiten la obtención y análisis de datos georeferenciados para mejorar el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de los insumos. Esta incluye el uso de GPS, monitores de rendimiento, sensores de suelo, percepción remota y aplicación variable de insumos (en sembradoras, fertilizadoras y pulverizadoras) para el manejo diferencial de los cultivos.

La AP trabaja basada en la **variabilidad**, tanto natural como inducida.

### **Objetivo de la agricultura de precisión**

- Obtener un mapa o zonificación tridimensional espacialmente georeferenciado del predio, en función de su productividad potencial.
- El agricultor podrá maximizar beneficios y reducir los impactos ambientales mediante la toma de decisiones basada en una información bastante más precisa de lo usual.



Mapas de Rendimiento de un cultivo y CE del suelo

