Muestreo y Análisis de Suelo: Punto de Partida hacia un Diagnóstico de Fertilidad.

Ing. Agr. Gustavo N. Ferraris. Desarrollo Rural INTA Pergamino.

El análisis del suelo es una herramienta muy importante para la elaboración de una recomendación de fertilización, ya que nos permite cuantificar la oferta de nutrientes del suelo. La diferencia entre esta oferta y la demanda del cultivo, a partir de la definición de un rendimiento objetivo, indica la cantidad de nutrientes que deberá agregarse por fertilización.

Dos motivos que justifican la realización de un análisis de suelos:

1. Se han determinado relaciones consistentes entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la respuesta de los cultivos a la fertilización.
2. Realizados en forma sistemática a través del tiempo, permiten conocer como evoluciona la fertilidad de un lote.

La importancia del muestreo.

El muestro es el primer paso de una análisis químico de suelo, y el más critico, ya que se constituye en la fuente de error más común (Petersen and Calvin, 1986). Ya en los albores de esta práctica, Cline (1944) expresó que el límite de exactitud está dado por el muestreo y no por el análisis. Esto sucede porque a través de pocas muestras (generalmente no más de 1 kg de suelo) se pretende representar la disponibilidad de nutrientes de miles de toneladas de suelo. Tanto es así que 1 kg de suelo significa el 0,0000005 % del peso medio de 1 ha (0-20 cm). Adicionalmente, Si tomamos en cuenta que dentro de la superficie que queremos representar existe una gran variabilidad, la dificultad para realizar un buen muestreo es aún mayor. La variabilidad se ve incrementada cuando un campo ingresa en un sistema de siembra directa continua, por la acción residual de las líneas de fertilización, la acumulación de residuos, aplicación de fertilizantes en la superficie del suelo y el reciclado de nutrientes hacia estratos superiores del suelo (Anghinoni et, al., 2003).

Calidad de un muestreo:

La calidad de un muestreo se caracteriza a través de dos parámetros: Precisión y Exactitud (Swenson et al, 1984).

Precisión: describe la reproducibilidad de los resultados.

Exactitud: indica cuán cercano está el valor del análisis respecto del verdadero del lote que se está muestreando.

Ambas dependen del número de muestras. Ej: Un lote en el que se muestrea con una exactitud de +- 10 % y 90 % de precisión, si tomamos 10 submuestras 9 de cada 10 muestras deberían estar en +- 10 % del valor real del lote.

Toma de muestras:

Existen diferentes maneras de recorrer un lote con el objetivo de obtener una muestra representativa. La más sencilla consiste en recorrer un lote al azar, recolectando submuestras que luego son mezcladas para formar una muestra compuesta que es enviada al laboratorio (Figura 1.a). El inconveniente de este tipo de muestreo es que frecuentemente no se tiene en cuenta la variabilidad existente en cabeceras y sectores no homogéneos del lote. Otro plan de muestro consiste en dividir el campo en subunidades homogéneas (por ej. loma y bajo,), dentro de las cuales se toman muestras compuestas al azar, evitando cabeceras y cualquier desuniformidad que pueda aparecer en el lote como sectores engramonados o rodeos de suelo de menor calidad "suelos

overos". Este tipo de muestreo es conocido como muestreo al azar estratificado (Figura 1.b) (Darwich, 2003). Una variante es el muestreo en áreas de referencia (Figura 1.c), que consiste en muestrear intensamente un sector homogéneo del lote, que se asume representativo del lote completo. Estos dos últimos tipos de muestreo son los más recomendable para hacer recomendaciones de fertilización a campo, cuando no se realizará una aplicación variable de fertilizantes. El tipo más intensivo de muestreo es el muestreo en grilla (Figura 1.d). En el, las muestras son tomadas a intervalos regulares en todas las direcciones, analizándose por separado. Es muy preciso y refleja la variabilidad del lote, pero no siempre el retorno económico derivado de una mejor fertilización alcanza para justificar el costo de este tipo de muestreo.

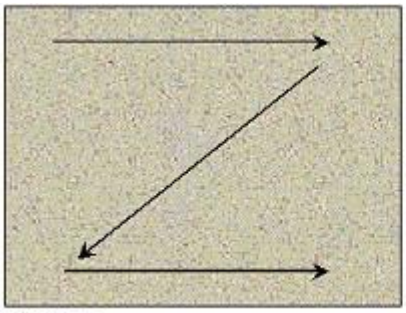
Figura 1.a

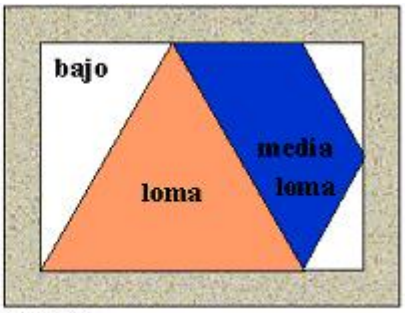

Figura 1.b

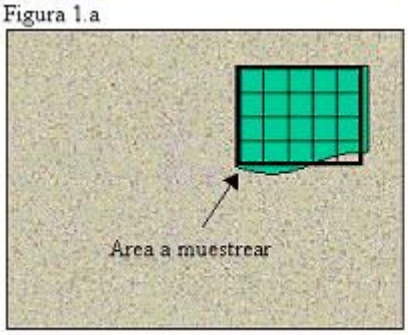

Figura 1.c

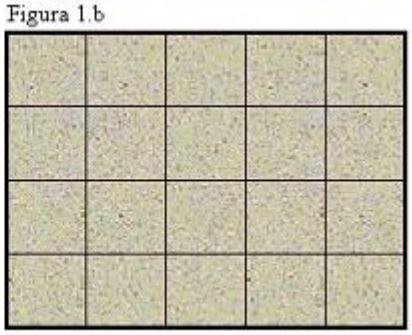
Figura 1.d

Figura 1: Tipos de posibles de muestreo de un lote: **a)** Muentreo al azar**b)** Muestreo al azar estratificado **c)** Muestreo en áreas de referencia **d)**Muestreo en grilla.

A nivel práctico, ¿qué impacto tiene la variabilidad?

Para responder a este interrogante, debe entenderse que la fertilidad de un lote no presenta una distribución normal. Una variable con distribución normal se distribuye siguiendo la forma de una campana, y el valor promedio (media) coincide con el valor mas frecuente (moda). En cambio, al evaluar el contenido de nutrientes de un lote encontramos muchos puntos con fertilidad algo por debajo del promedio, y unos pocos muy por encima. De esta manera, el valor promedio (lo que medimos a través del análisis) es superior al valor más frecuente en el lote. Entonces, fertilizando en base al promedio, una gran parte del lote puede resultar subfertilizada. La forma de atenuar esta distribución de los nutrientes es realizar un muestreo intenso (es decir, un elevado número de "piques"), de modo que el impacto de los valores muy altos quede diluido en un gran número de submuestras.

La variabilidad puede manifestarse en parcelas tan pequeñas como un ensayo. Así lo demuestra un experimento realizado en 9 de Julio dentro del Módulo de investigación del Proyecto Fertilizar. El valor promedio de fósforo del ensayo era de 18 ppm y, de acuerdo con este resultado, no se esperaba respuesta a la

fertilización. Sin embargo, este valor surgía del promedio de dos repeticiones con bajo fósforo (5 ppm, Figura 3.a) y otras dos con alto fósforo (30 ppm, Figura 3.b). Así se explica que las dos primeras repeticiones hayan presentado respuesta positiva al agregado del nutriente, y las dos restantes repeticiones no. La recomendación basándose en el promedio hubiese sido no fertilizar, sin embargo, el promedio enmascaraba áreas con deficiencias de fósforo.

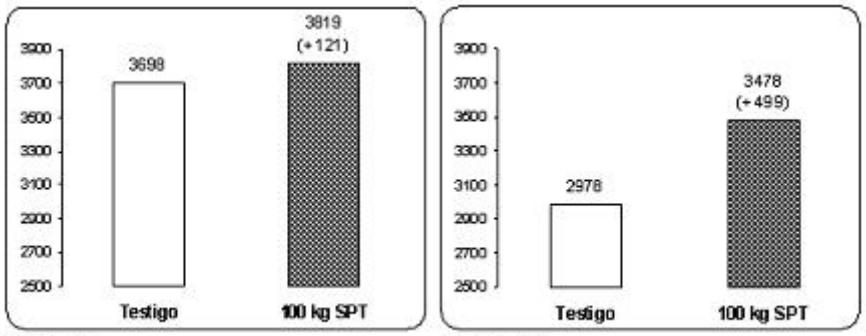

Figura 3.a Figura 3.b

Figura 3: Rendimiento y respuesta media de dos repeticiones con distinto nivel de fósforo disponible a la siembra: **a)** Bloque I y II, 5 ppm; **b)** Bloque III y IV, 30 ppm. 9 de Julio, Módulo de investigación Proyecto Fertilizar, Campaña 2000/01.

Número de submuestras a recolectar en un lote

Como se mencionara anteriormente, la exactitud y la precisión del muestreo, es decir, la calidad del mismo, depende del número de submuestras que se tomen en cada lote. Para ilustrar esta afirmación, vale mencionar un trabajo realizado en Iowa, EE UU (Mallarino, citado por Darwich, 2003) en el cual se presentan los intervalos de confianza (es decir, en cuantas ppm puede variar el valor real del lote respecto del que estamos midiendo) para P disponible medido en la profundidad de 0-20 cm (Figura 4). Se observa que cuando se toman solamente 5 submuestras en un lote, el resultado del análisis estará en un rango de (+ 9 ppm) respecto el verdadero valor del lote, por lo tanto, no es aceptable para realizar recomendaciones de fertilización. En cambio, cuando se recolectan 20 submuestras, el intervalo de confianza se reduce a (+- 1,5 ppm), lo cual representa un grado de precisión razonable. Dada la tendencia asintótica de la curva, no se justifica la recolección de más de 20 submuestras, ya que se logran muy pequeños incrementos en el nivel de precisión. Cabe destacar que el número de muestras a tomar prácticamente no varía con el tamaño del lote (Swenson, 1984), al menos hasta una superficie de alrededor de 50 has, pasada la cual es recomendable dividir el lote en dos o más fracciones que no sobrepasen esta superficie.

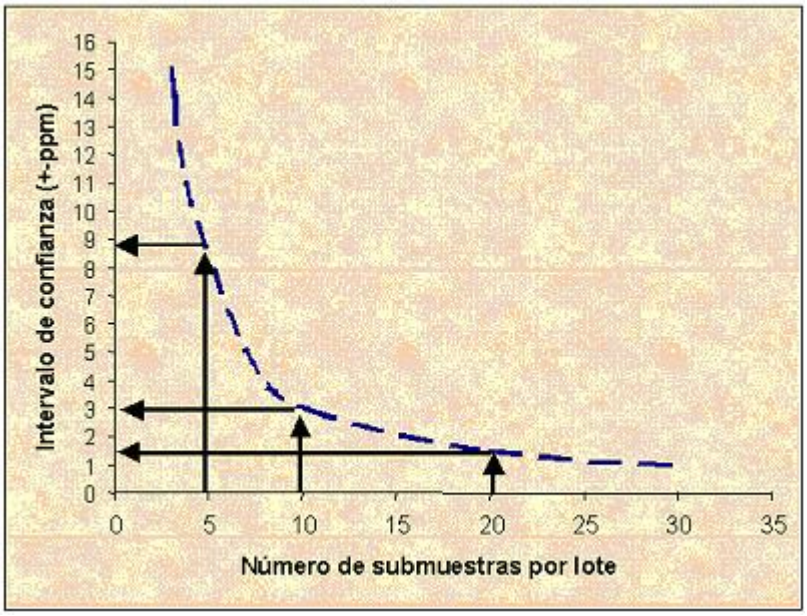

Figura 4: Precisión del análisis de P disponible en relación al número de submuestras recolectadas en el lote (Adaptado de Mallarino, citado por Darwich, 2003).

Consideraciones finales:

El análisis de suelo es una herramienta eficaz como punto de partida de una estrategia de fertilización. Sin embargo, presenta un aspecto crítico en la toma de la muestra a analizar, ya que esta debe representar un suelo de por sí heterogéneo. Entender y saber interpretar esta variabilidad es la clave para aprovechar el potencial de esta herramienta.