

## DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

René Bernier Villarroel, Ing. Agrónomo M.Sc.  
Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
INIA  
E-mail: rbernier@remehue.inia.cl

### INTRODUCCION

La cantidad de fertilizante que se debe aplicar a un cultivo o pradera es una de las principales decisiones que tiene que tomar un productor antes de establecer un cultivo en el campo o aplicar la fertilización de mantención a una pradera establecida. La decisión que se tome debe asegurar que el cultivo o pradera tenga un resultado exitoso y económicamente rentable.

La inversión en fertilizantes representa una parte importante de los costos de producción. Por esto, una fertilización lo más próxima a las necesidades reales de las plantas, contribuirá, por una parte, a que éstas no se vean restringidas en su crecimiento por limitaciones de nutrientes, y por otra, que la inversión en fertilizantes sea sólo la necesaria para obtener un retorno adecuado.

Otra ventaja que se presenta, es que la dosis adecuada de fertilizantes asegura la estabilidad del recurso productivo ( el suelo ), sin provocar efectos no deseados en el medio ambiente.

El suelo es un medio natural de donde las plantas obtienen los elementos minerales (elementos esenciales) que requieren para su nutrición. Sin embargo, ocurre que por razones naturales, derivadas de la calidad de los materiales originales que dieron formación al suelo, o a situaciones inducidas, como son la extracción por los cultivos o praderas (sin la reposición correspondiente) y las pérdidas por erosión o mal manejo del recurso, éste no puede suministrar los elementos nutricionales en la cantidad adecuada.

La explotación agrícola de los suelos ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y las salidas de algunos nutrientes esenciales. Como consecuencia de esto, se ha producido un déficit en el aporte de los elementos que es necesario suplir mediante la fertilización.

Este desbalance es posible evaluarlo, con cierta precisión, a través del **análisis químico de suelo**.

## **Muestreo de suelos.**

El valor tecnológico del análisis de suelo depende de la exactitud de cada una de las siguientes fases :

- Toma de muestras de suelo
- Extracción y determinación de los nutrientes disponibles
- Interpretación de los resultados del análisis
- Recomendación de fertilizantes y/o enmiendas

En cada una de estas fases pueden ocurrir errores que pueden afectar el resultado del análisis y por consiguiente la recomendación de fertilizantes y/o enmiendas a aplicar.

Los errores debidos a muestras mal tomadas, son generalmente los más significativos, porque no se pueden corregir en las fases subsiguientes. Una muestra mal tomada puede causar errores de un 50% o más en el diagnóstico de la fertilidad de un suelo.

La recolección de una muestra representativa es esencial para una correcta recomendación de fertilizantes y/o enmiendas y posibilita la obtención de rendimientos económicos.

El muestreo es la fase más crítica de un programa de fertilización en base al análisis de suelo, por los siguientes motivos :

- el suelo es un cuerpo heterogéneo en sus propiedades químicas,
- la heterogeneidad química del suelo es acentuada por las prácticas de fertilización, encalado y por los cultivos,
- desconocimiento de los principios del muestreo de las personas que lo realizan,
- insuficiente información complementaria para la interpretación de los análisis, como : fertilización anterior, encalado, rendimiento de los cultivos anteriores, topografía, etc.

## Muestra representativa.

Muestra de suelo se define como aquella cantidad de tierra compuesta por varias porciones de igual tamaño ( submuestras), obtenidas de diversos puntos del área que se desea analizar y mezcladas en forma homogénea.

## Equipo de muestreo.

El equipo básico de muestreo incluye un balde limpio, bolsas plásticas, barreno de tubo, barreno de fertilidad o pala ( jardinera, recta ).

Para la selección de la herramienta que se utilizará debe considerarse la textura del suelo, ya que algunas de éstas no pueden ser empleadas eficientemente. Por ejemplo, en suelos muy arenosos o muy arcillosos los barrenos resultan poco prácticos..

Para texturas medias es más aconsejable el uso del barreno de fertilidad, pudiendo ser reemplazado por el barreno de tubo o el barreno holandés, que cuentan con cuchillas cortantes, especiales para texturas finas.

La pala jardinera puede ser usada en un amplio rango de texturas, pero tiene el inconveniente de hacer más lento el muestreo al realizar una excavación para cada submuestra, dejando el suelo con un exceso de agujeros.



Fig.1. Elementos de muestreo

## Toma de una muestra representativa.

Una muestra representativa es aquella que mejor refleja las condiciones de fertilidad de un área específica. Para que exista representatividad, la muestra de suelo debe ser compuesta de varias submuestras de igual tamaño.

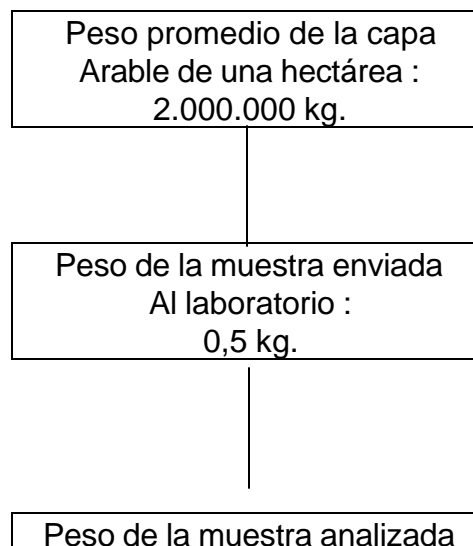
El número de submuestras por muestra está dado por la variabilidad que presenta el nutriente más móvil dentro de los que se desea analizar. Estudios realizados en la Décima Región, señalan que dicha variabilidad se compensa con 15 a 20 submuestras por unidad de muestreo.

Las unidades de muestreo deben separarse y representarse mediante un croquis de ubicación del predio, teniendo en cuenta características tales como pendiente, cultivos o manejo anteriores, textura, laboreo, antecedentes históricos, características del drenaje, etc.

La unidad de muestreo debe tener una superficie no mayor de 20 ha, dependiendo de las características de homogeneidad presentes. En los suelos de la Décima Región, que presentan una marcada variabilidad espacial, topográfica y de fisiografía hacen recomendable reducir el tamaño de la unidad de muestreo a no más de 10 ha. para asegurar una adecuada representatividad.

Por cada unidad de muestreo debe existir una muestra compuesta.

La cantidad de suelo que se utiliza en el análisis es de apenas 5 a 10 gramos, de acuerdo al esquema que se presenta, por lo tanto es necesario seguir rigurosamente todas las instrucciones para obtener muestras representativas.



<p>En el laboratorio : 0,005 - 0,01 kg.</p>
---

Considerando que normalmente una muestra de suelo compuesta corresponde de 10 a 20 ha. la representatividad de la muestra enviada al laboratorio se torna en un factor de suma importancia para una correcta recomendación de fertilizantes y/o enmiendas.



Fig. 2. Muestreo con pala recta

Al utilizar la pala es importante que la cantidad de tierra obtenida en cada punto sea similar de modo de que todos los sectores del área muestreada queden igualmente representados.

Una vez colectadas todas las submuestras, éstas se mezclan en el balde (o saco limpio). Después de homogeneizar la muestra de suelo, se extrae una pequeña cantidad de tierra y se introduce en una bolsa plástica nueva, que debe tener una capacidad de al menos medio litro, para su posterior envío al laboratorio.

En los potreros existen sectores que no se deben muestrear por no corresponder a la generalidad de la unidad de muestreo, evitando así afectar la representatividad de la muestra.

Se debe tener especial cuidado de no muestrear cerca de acequias, drenes o sectores inundados, cerca de la entrada de potreros o de construcciones, sectores en que se han acumulado residuos vegetales, tales como silos, parvas, etc. No colectar muestras sobre fecas o manchas de orina. Es recomendable distanciarse unos 10 metros de cercos vivos, árboles u otras barreras.

### **Epoca de muestreo.**

En general, las muestras de suelo pueden ser colectadas en cualquier tiempo. Sin embargo, por razones prácticas es recomendable tomar las muestras 1 ó 2 meses antes

de la siembra de cultivos anuales. En cambio, para praderas es aconsejable colectarlas, por lo menos, 1 mes antes de la fertilización de otoño o primavera.

Es necesario tener en cuenta que el proceso de tratamiento de la muestra de suelo en el laboratorio, desde que es recepcionada hasta que se emite el informe y la recomendación, puede tardar hasta 15 días.

### **Profundidad de muestreo.**

Las muestras de suelo para cultivos se deben obtener a una profundidad de 0 a 20 cm, es decir, explorando la fertilidad de la capa arable. Para praderas, la profundidad de la zona de muestreo debe ser entre 0 y 10 cm, puesto que a esa profundidad se registra la mayor densidad y actividad de raíces de las plantas forrajeras..

### **Envasado y almacenaje de la muestra de suelo.**

Una vez mezclada y homogeneizada, la muestra de suelo debe ser envasada en una bolsa de polietileno nueva, con el objeto de evitar la contaminación de la misma. Cualquier elemento extraño a la muestra de tierra puede inducir a errores en el análisis químico, con la consecuente falla en su interpretación.

La muestra envasada (claramente identificada) debe ser remitida con prontitud al laboratorio para ser estabilizada y procesada.

El almacenaje de la muestra en condiciones de temperatura ambiente o superior y con la humedad que contiene, puede inducir el proceso de incubación, lo que provoca importantes transformaciones en la composición química de la muestra.

La materia orgánica presente en los suelos, en especial en la Décima Región, en condiciones de humedad y temperatura determinadas, es atacada por microorganismos provocando los procesos señalados.

### **Identificación de la muestra.**

Cada muestra compuesta debe ser perfectamente identificada, en términos de su procedencia, fecha de colecta, profundidad a la cual fue colectada, potrero, sector y superficie que representa.

La muestra debe ir acompañada por la hoja de identificación, cuya información ayudará a la interpretación y recomendación producto del análisis químico.

## **ANALISIS DE SUELO. Metodología e interpretación.**

Todas las plantas requieren de elementos nutritivos para completar su desarrollo normal. Estos elementos se denominan esenciales, y deben estar disponibles para los cultivos cuando éstos los requieran. En general, se estima que el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) representan probablemente el 80 a 90% de los problemas nutricionales del mundo, apareciendo con menos frecuencia deficiencias de los otros nutrientes.

Antes de decidir si es necesario aplicar un fertilizante y cuánto hay que aplicar, en caso que haya que hacerlo, es preciso demostrar que el suelo no es capaz de proporcionar un determinado nutriente en cantidad suficiente para alcanzar un rendimiento cercano al máximo posible en un agrosistema dado.

La función que debe desempeñar el profesional o técnico de terreno es diagnosticar la condición de suministro de los elementos esenciales del suelo y establecer las estrategias y soluciones para que el nivel de dichos nutrientes sea suficiente para el crecimiento óptimo de los cultivos.

Para cumplir con el diagnóstico se puede recurrir a diferentes métodos, entre los que destacan el análisis foliar, ensayos biológicos y el análisis de suelo.

### **Análisis de suelos.**

El análisis químico de suelos consiste en extraer, mediante una solución química, una fracción del total del elemento esencial para el crecimiento de las plantas y luego medir la cantidad solubilizada con procedimientos químicos adecuados.

La interpretación agronómica del resultado de un análisis químico utilizado con fines de diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, requiere de otras informaciones adicionales, como la relación entre el resultado analítico y el porcentaje del rendimiento máximo que es posible alcanzar con ese nivel de disponibilidad, y la respuesta que se puede esperar al aplicar un fertilizante que contenga el elemento analizado.

Este procedimiento se denomina CALIBRACION y está fundamentado en numerosos experimentos de campo, sobre diferentes suelos, para diferentes elementos nutritivos y para diferentes cultivos.

A raíz de la puesta en marcha del Programa de Recuperación de Suelos Degradados, por el Ministerio de Agricultura, que dentro de su reglamentación establece el uso del análisis de suelos para postular a algunos subprogramas, fue necesario normalizar las metodologías analíticas utilizadas por los laboratorios de suelos del país y establecer un sistema de evaluación y posterior acreditación de los mismos.

Como resultado de dicho proceso se han acreditado 18 laboratorios de suelos en todo el país, de los cuales 5 corresponden a la Décima Región. El sentido de la acreditación es que todos los laboratorios registrados bajo esta norma ofrecen la misma confiabilidad en sus resultados, por lo que resulta indiferente la utilización de uno u otro servicio de análisis de suelo.

### **Recepción de la muestra.**

La muestra de suelo debe ser colectada de acuerdo a las estrictas normas detalladas en el capítulo anterior, observando cuidadosamente todas las etapas.

Un vez cumplida la etapa el muestreo, la muestra de suelo es enviada al laboratorio respectivo en donde es recepcionada y registrada cuidadosamente, anotando todos antecedentes que describen el sitio de muestreo y su entorno, datos muy importantes al momento de la interpretación y posterior recomendación de fertilizantes. Cada muestra debe ir acompañada de un formulario debidamente llenado con los antecedentes que se solicitan en él.

### **Secado al aire.**

Debido a que el suelo es un complejo de factores químicos, físicos y biológicos que interactúan en forma muy dinámica, es necesario estabilizar la muestra de suelo, de modo de que no se produzcan transformaciones indeseables, alterando la composición original de dicha muestra. Para esto se somete al secado (se debe moler si es necesario) al aire ambiente, forzándolo levemente para acelerar el proceso.

### **Tamizado de la muestra.**

Los métodos convencionales de análisis de suelo establecen que la extracción de los nutrientes se debe realizar poniendo en contacto la tierra, cuyas partículas deben ser de un tamaño inferior a 2 mm, con la solución extractante química correspondiente.

### **Análisis químico.**

El reglamento que regula el Programa de Recuperación de Suelos Degradados establece que para la aplicación del subprograma de fertilización fosfatada se requiere del análisis de suelo que establece el nivel de disponibilidad de dicho nutriente.



En cambio, para aplicar el subprograma de enmiendas calcáreas, se requiere conocer la acidez del suelo a través del pH al agua y/o el porcentaje de saturación de aluminio, para lo cual es necesario determinar el pH, los contenidos de bases de intercambio (calcio, magnesio, potasio y sodio) y el contenido de aluminio intercambiable.

### **Interpretación del análisis de suelo.**

El dato que surge del análisis químico de un suelo no tiene sentido agronómico por sí mismo, porque su magnitud está asociada directamente con la solución extractante utilizada y no necesariamente con los contenidos reales de elementos esenciales en el suelo.

Es por esto que es necesario contar con información adicional del entorno, del clima, del cultivo, etc.

La interpretación del resultado analítico se basa en el estudio de antecedentes que se realiza fundamentalmente en tres etapas diferentes, en las cuales se van relacionando los análisis de suelo con los rendimientos y con las dosis de nutriente aplicadas.

### **Rendimiento relacionado con el análisis de suelo.**

El resultado analítico va a tener diferente significado agronómico si se trata de un cultivo de cereal, de un cultivo de chacra o de un cultivo industrial.

Esto se debe a que las plantas difieren en sus requerimientos nutricionales, por lo tanto cada especie tiene diferente demanda de un determinado elemento para completar su normal desarrollo. Así un mismo resultado analítico puede tener distinta interpretación agronómica.

Lo mismo puede ocurrir entre diferentes suelos, toda vez que éstos presentan características químicas y físicas propias que hacen que la dinámica de los nutrientes en ellos sea particular, en términos de capacidad de suministro, de intensidad, de fijación o retención, etc.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos en los diferentes suelos, sin aplicar el nutriente en estudio, estos sitios se califican de bajos, medios o altos .

### **Rendimiento relacionado a dosis de fertilizante.**

En los sitios calificados como de bajo, medio y alto contenido del nutriente en estudio, se establecen los experimentos que permitirán determinar la respuesta del cultivo a dosis crecientes del elemento.

A medida que las dosis del nutriente son crecientes, los rendimientos relativos van aumentando a cualquier nivel del nutriente en el suelo. Sin embargo, las respuestas en los sitios experimentales son diferentes, siendo mayor en el sitio de menor disponibilidad del nutriente y menor en el de mayor disponibilidad.

Esto significa que en la medida de que el suelo contiene un mayor nivel de un nutriente determinado se requerirá una dosis menor para alcanzar un alto rendimiento.

Es decir, a nivel bajo mayor respuesta y menor respuesta a nivel alto de disponibilidad.

### **Dosis de fertilizante relacionada con análisis de suelo.**

Para cada sitio (y cada nivel de disponibilidad) se obtendrá una curva de respuesta del cultivo en estudio, a dosis crecientes del nutriente. De este modo se establece a qué dosis de nutriente (o fertilizante) se obtiene un rendimiento óptimo. Este óptimo puede ser biológico o económico dependiendo de la forma del análisis de los datos.

### **Categorías de disponibilidad de nutrientes.**

Los parámetros de suelo que se deben determinar son los siguientes:

- pH en agua
- pH en CaCl<sub>2</sub>
- fósforo extractable
- calcio intercambiable
- magnesio intercambiable
- potasio intercambiable
- sodio intercambiable
- azufre extractable
- aluminio intercambiable
- microelementos (cobre, cinc, manganeso, hierro, boro).

Además, se deben calcular la suma de bases, capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) y porcentaje de saturación de aluminio.

### Determinación de pH.

El pH del suelo se determina en agua, en una relación 1: 2,5 suelo:agua de acuerdo a la metodología convencional. Los índices o categorías de pH se señalan a continuación:

	<b>Rango</b>	<b>Categoría</b>
<b>pH en Agua</b>	£ 4.5	<b>Extremadamente ácido</b>
	4.6 – 5.0	<b>Muy fuertemente ácido</b>
	5.1 – 5.5	<b>Fuertemente ácido</b>
	5.6 – 6.0	<b>Moderadamente ácido</b>
	6.1 – 6.5	<b>Débilmente ácido</b>

Las categorías señaladas corresponden a los valores posibles de encontrar en suelos de la Décima Región, por lo tanto no se incluyen categorías del sector alcalino de la escala.

### Determinación de fósforo (P).

El fósforo extractable se determina por el método de Olsen, utilizando bicarbonato de sodio, 1 M , a pH 8,5. Las categorías de disponibilidad corresponden a rangos expresados en partes por millón (ppm) o miligramos por kilogramo ( mg/kg ).

	<b>Rango</b>	<b>Categoría</b>
<b>Fósforo Olsen</b>	£ 5.0	<b>Muy Bajo</b>
<b>ppm (mg/kg)</b>	5.1 – 10.0	<b>Bajo</b>
	10.1– 20.0	<b>Medio</b>
	20.1– 30.0	<b>Alto</b>
	³ 30.1	<b>Muy alto</b>

### Determinación de bases de intercambio (Ca, Mg, K y Na).

Las bases de intercambio se determinan por extracción con acetato de amonio y analizadas por absorción atómica. Las diferentes categorías de disponibilidad se señalan a continuación:

	<b>Rango</b>	<b>Categoría</b>
<b>Calcio intercambiable Cmol (+)/kg</b>	£ 2.0 2.01 – 5.00 5.01– 9.00 9.01 – 15.00 ≅ 15.01	<b>Muy Bajo</b> <b>Bajo</b> <b>Medio</b> <b>Alto</b> <b>Muy alto</b>

<b>Magnesio intercambiable Cmol (+)/kg</b>	£ 0.25 0.26 – 0.50 0.51– 1.00 1.01-2.00 ≅ 2.01	<b>Muy Bajo</b> <b>Bajo</b> <b>Medio</b> <b>Alto</b> <b>Muy alto</b>
<b>Potasio intercambiable Cmol(+)/kg</b>	£ 0.12 0.13 – 0.25 0.26 – 0.51 0.52 – 0.64 ≅ 0.65	<b>Muy Bajo</b> <b>Bajo</b> <b>Medio</b> <b>Alto</b> <b>Muy alto</b>
<b>Sodio intercambiable Cmol (+)/kg</b>	£ 0.15 0.16 – 0.20 0.21 – 0.30 0.31 – 0.40 0.41 – 0.51 ≅ 0.51	<b>Muy Bajo</b> <b>Bajo</b> <b>Medio</b> <b>Alto</b> <b>Muy alto</b> <b>Muy Alto</b>
<b>Suma bases intercamb. Cmol (+)/kg</b>	£ 3.00 3.01– 6.00 6.01 – 11.00 11.01 – 15.00 ≅ 15.01	<b>Muy Bajo</b> <b>Bajo</b> <b>Medio</b> <b>Alto</b> <b>Muy alto</b>

Cada catión ( o base de intercambio ) debe encontrarse en el complejo de intercambio entre ciertos límites relativos, que son los siguientes:

Calcio (Ca)

60 a 80 % de la CIC\*

Magnesio (Mg)	10 a 20 % de la CIC
Potasio (K)	2 a 6 % de la CIC
Sodio (Na)	0 a 3 % de la CIC

\* CIC: capacidad de intercambio catiónico.

Estos cationes interactúan entre sí, por lo tanto deben encontrarse en determinadas relaciones, como las que se indican a continuación.

### **Relación calcio: magnesio (Ca / Mg).**

Un exceso de calcio (Ca) intercambiable puede interferir la absorción del magnesio (Mg) y del potasio (K). Si la relación Ca/Mg, expresados ambos en cmol(+)/kg, es mayor de 10, es posible que se produzca una deficiencia de magnesio. La relación óptima Ca/Mg es alrededor de 5.

### **Relación potasio: magnesio (K/Mg).**

La relación K/Mg debe estar comprendida entre 0,2 y 0,3. Si esta relación es mayor de 0,5 pueden producirse deficiencias de magnesio por efecto antagónico de potasio. En cambio, si la relación es de alrededor 0,1, se puede producir una deficiencia de potasio inducida por el magnesio.

### **Exceso de sodio (Na).**

Un exceso de sodio produce deficiencias de calcio y de magnesio. Cuando el sodio está en una proporción mayor al 10% de la CIC pueden existir problemas de salinidad de tipo sódico.

### **Determinación de aluminio de intercambio (Al).**

El Al de intercambio se determina por extracción con cloruro de potasio (KCl) y análisis por espectrofotometría de absorción atómica. Las categorías de disponibilidad y de porcentaje de saturación de aluminio, por tratarse de elementos agrónomicamente negativos, deben considerarse en forma inversa a la de los cationes de intercambio. Es decir, los valores bajos son más deseables que los altos.

El porcentaje de saturación de aluminio se calcula determinando la proporción de Al de intercambio que se encuentra en la CICE, siendo la CICE la suma de los cationes de intercambio más el Al intercambiable.

	<b>Rango</b>	<b>Categoría</b>
<b>Aluminio intercambiable cmol (+)/kg</b>	£ 0.10 0.11 – 0.25 0.26 – 0.50 0.51 – 0.80 ≧ 0.81	Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy Alto
<b>Saturación Aluminio %</b>	£ 1.09 1.10 – 3.09 3.10 – 6.09 6.10 – 12.09 ≧ 12.10	Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy Alto

## **BIBLIOGRAFÍA**

Bernier, R.L. 1979. Muestreo de suelos para análisis químico. Boletín Técnico N° 28 (17 Re). Estación Experimental Remehue. INIA. 12 p.

Bernier, R:L . 1980. Muestreo de suelos con pradera para análisis químico. XXXI Jornadas de la Sociedad Agronómica de Chile. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Julio - Agosto 1980.

Bernier, R:L : 1982. Profundidad de muestreo de suelos para determinación de la fertilidad actual en praderas permanentes. VII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Noviembre 1982.

Bernier, R:L : y N.G.Teuber. 1986. Relaciones entre tipos de praderas y fertilidad de suelos en la Décima Región. XI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Octubre 1986.

- Etchevers, J.D. 1991. La función del Laboratorio de Diagnóstico de las necesidades de fertilizantes. Enfoques tradicionales y modernos del análisis químico de suelos. Adijal XIV (44) : 21 - 27 p.
- Etchevers B., J. P. Anzastiga, V. Volke y G. Etchevers. 1986. Correlación y calibración de métodos químicos para la determinación de fósforo disponible en suelos del Estado de Puebla. Agrociencia 65: 161 – 178.
- Etchevers B. , J. 1991. La función del laboratorio en el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes. Enfoques tradicionales y modernos del análisis químico de suelos. ADIFAL marzo – abril: 21 – 27.
- Etchevers B., J. J. Rodríguez y A. Galvis. 1991. Generación de recomendaciones de fertilización mediante el enfoque sistémico racional. Terra 9: 3 – 10.
- Guerrero, G., Andrés. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 206 p.
- López Ritas, J. Y J. López Melida. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas. Mundi-Prensa, Madrid, España. 363 p.
- Peck, T :R : & W. Melsted. 1973. Field sampling for soil testing. p 67 - 75. In : Walsh, L. M. and J.D. Beaton (ed). Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.
- Rodríguez S., José. 1993. Manual de fertilización. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 362 p.
- Rojas, C. y N. Rodríguez. 1997. Manual de muestreo de suelos para análisis de fertilidad. Departamento de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 23 p.
- Rouse R. D. 1968. Soil test theory and calibration for cotton, corn, soybeans and coastal bermudagrass. Agricultural Experiment Station. Auburn University. Auburn, Alabama, U.S.A. Bulletin 375, 67 p.