



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Fecha de presentación	Enero, 2010
Estación Experimental	Santa Catalina
Programa / Departamento	Departamento de Manejo de Suelos y Aguas
Proyecto	Inversión Laboratorio de Suelos
Título:	Validación del análisis químico de macro y micro nutrientes catiónicos en suelos
Ubicación	Estación Experimental Santa Catalina Cutuglagua – Pichincha
Autor	Egdo. Fausto Enrique Chávez Carrillo
Co-Autores	Soraya Alvarado, Ph. D
Fecha Inicio	Enero, 2010
Fecha Terminación	Diciembre, 2010
Presupuesto	\$ 4569.88
Fuente Financiamiento	INIAP : 24% Tesista : 76%

1. ANTECEDENTES

El Ecuador es un país eminentemente agrícola y la dinámica de crecimiento de esta actividad cada año es mayor. El sector agropecuario debería ser el verdadero motor productivo de la economía ecuatoriana con la consecuente connotación social. Sin embargo, la productividad de este sector tiene limitantes relacionados con diversos factores, entre los cuales la baja fertilidad de los suelos ocupa un lugar preponderante (SICA, 2002).

El diagnóstico de fertilidad de los suelos es fundamental para determinar la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Una de las herramientas utilizadas para dicho diagnóstico y la consecuente implementación de un plan de recomendaciones de fertilización es el análisis químico del suelo (Fassbender, 1984).

Dentro del análisis químico se tiene ciertos parámetros que influyen en el resultado final de los análisis como son: el tipo de soluciones extractantes utilizadas, así como también las técnicas de análisis.

Entre las soluciones extractantes figuran soluciones ácidas (Mehlich I, Mehlich II, Mehlich III, Bray 1, Bray 2), soluciones básicas (ISFEIP, Olsen, Olsen modificado) y soluciones neutras (agua). Aunque es generalmente aceptado que los extractantes ácidos son más apropiados para suelos ácidos y los extractantes básicos para suelos calcáreos; existe evidencia que extractantes básicos como Olsen trabaja razonablemente bien en suelos ácidos (Smyth y Sánchez, 1982). De otra parte, entre las soluciones extractoras ácidas, Mehlich III, es aparentemente útil en un rango amplio de suelos; además, es considerado un extractante universal, lo que significa que todos los macro nutrientes y la mayoría de los micronutrientes pueden ser cuantificados con este extractante; por lo que actualmente es utilizado ampliamente a nivel mundial. En cuanto a la utilización de agua como extractante es muy común especialmente en Europa; sin embargo, muchos autores sostienen que los extractos acuosos no cuantifican los nutrientes que en efecto están disponibles para las plantas ya que los exudados de las plantas son ácidos débiles y por tanto extraen más nutrientes del suelo que solamente el agua (Hanlon y Johnson, 1984).

En la actualidad, Olsen modificado es el extractante más utilizado en los laboratorios de Ecuador; sin embargo, presenta problemas para el análisis debido a su composición química con altos contenidos de carbonato ácido de sodio (NaHCO_3) que produce interferencias espectrales. Por lo que, la validación de otras soluciones extractantes como alternativa para el análisis se hace necesario, habiendo evidencia de que Mehlich III es una de las soluciones con mayor potencial de uso (Bejarano y Corrales, 2006).

En cuanto a las técnicas de análisis de macro- y micro-nutrientes catiónicos, la mayoría de laboratorios en nuestro país cuentan con Espectroscopia de Absorción Atómica (AA), que brinda resultados con altos niveles de sensibilidad

pero que puede presentar distintos grados de interferencia. De otra parte, la Espectroscopia de Emisión por Acoplamiento de Plasma Inductivo (ICP-OES) es una técnica más moderna que presenta muchas ventajas frente a la técnica AA, entre estas figuran el permitir un análisis multi elemental simultáneo con bajos límites de detección para la mayoría de elementos, alto grado de sensibilidad, y reducción y eliminación de muchas interferencias químicas (Perkin Elmer, 2006). Algunos estudios han documentado las ventajas del análisis por ICP-OES especialmente en cuanto a optimización en el uso de reactivos y tiempo de análisis (UNAM, 2008).

El laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP ha venido utilizando desde su creación, la solución extractante Olsen Modificada y la técnica de espectroscopia de AA para el análisis de macro- y micro- nutrientes catiónicos en suelos. Sin embargo, dichas metodologías requieren ser validadas analíticamente; entendiéndose como validación al proceso mediante el cual se establece las características de funcionamiento y limitaciones del método; así como se identifica los factores que pueden afectar estas características cuando el método se desarrolla sin un problema particular previsto (FAO, 2005). De otra parte, el laboratorio del DMSA, a través del programa de fortalecimiento institucional del INIAP, ha adquirido un espectrómetro de emisión por acoplamiento de plasma inductivo y detección óptica; lo que permitirá mejorar la eficiencia y calidad de los análisis de suelos una vez que el equipo sea validado bajo las condiciones del laboratorio.

Con estos antecedentes, este estudio tiene como propósito la optimización analítica de las técnicas AA e ICP-OES para macro- y micro-cationes en suelos y paralelamente la evaluación de soluciones extractantes alternativas a la solución actualmente utilizada por el laboratorio del DMSA.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio permitirá la validación de las metodologías de análisis químico de suelos del laboratorio del DMSA utilizando tanto la técnica de AA, así como la técnica ICP-OES, requerimiento básico para el proceso de acreditación del laboratorio, el cual se constituye en uno de los objetivos básicos y urgentes que esta unidad persigue.

De otra parte, la falta de correlación y calibración agronómica del análisis de algunos nutrimentos en ciertos tipos de suelo, la baja reproducibilidad y recuperación analítica de ciertos elementos al utilizar el extractante Olsen Modificado, hace indispensable la evaluación de nuevas soluciones extractantes que sean más apropiadas bajo nuestros tipos de suelo y cultivos.

Finalmente, se espera que con la utilización de la técnica ICP-OES y la adopción de una solución extractante más idónea desde el punto de vista analítico y agronómico, se mejore la calidad de los análisis y por ende los programas de fertilización; así como también se aumente la eficiencia de esta unidad de producción del INIAP.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Optimizar químicamente la técnica ICP-OES como alternativa de análisis de macro- y micro- nutrientes catiónicos (K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) frente a la técnica AA en suelos ecuatorianos.

3.2 Objetivos Específicos

- Establecer las características de funcionamiento y limitaciones analíticas del ensayo de laboratorio para la determinación multi elemental de macro- y micro- cationes en suelos, utilizando ICP-OES.
- Validar las metodologías para el análisis de macro y micro nutrientes catiónicos (K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn) en suelos bajo las técnicas de AA e ICP-OES.
- Determinar el efecto del tipo de solución extractante sobre el método de análisis.
- Establecer el correspondiente estudio económico para los análisis de macro- y micro- cationes en suelos, tanto para AA como para ICP-OES.

4. HIPOTESIS DE TRABAJO

- El análisis de macro- y micro-cationes a través de la técnica ICP-OES no presenta ventajas desde el punto de vista analítico y de eficiencia frente a la técnica AA.
- La cuantificación de macro- y micro-cationes disponibles en un suelo no depende del tipo de extractante utilizado.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Muestras y materiales de referencia

- Las muestras de suelo a ser analizadas son cinco controles de seguimiento interno que el Laboratorio del DMSA-EESC ha venido utilizando en los últimos años.
- Como material de referencia se utilizará uno de los controles analizados en las rondas inter-comparaciones de la Red Laboratorios de Suelos Ecuatorianos (RELASE).
- Estándares certificados MERCK para AA e ICP-OES.

5.2 Equipos y materiales

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Espectrómetro de emisión por acoplamiento de plasma inductivo con detector óptico
- Balanzas analíticas

- Material de vidrio
- Agitadores
- Diluidores
- Estufas
- Pipetas automáticas
- Frascos plásticos
- Material de seguridad
- Tamices

5.3 Metodología

5.3.1 Ubicación

Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Mejía
Parroquia:	Cutuglagua
Lugar:	Estación Experimental Santa Catalina
Dirección:	Panamericana Sur Km 1

5.3.1.1 Situación Geográfica (INIAP, 2008)

Altitud:	3058 m (2400 – 3500 m)
Latitud:	00°22´S
Longitud:	78° 38´W
Temperatura Promedio:	11,6 °C
Clima:	Templado húmedo

5.3.2 Métodos de Análisis

Los métodos de análisis se basan en las técnicas de espectroscopia de AA y espectroscopia ICP-OES, las mismas que serán calibradas y validadas utilizando tres soluciones extractantes y los suelos con historial de seguimiento del laboratorio del DMSA. Las metodologías de análisis, así como las soluciones extractantes se describen en los Anexos 1 y 2; respectivamente.

5.3.3 Factores en Estudio

- Tres tipos de solución extractora: Olsen Modificada, Mehlich III y Agua.
- Dos técnicas de análisis: AA y ICP-OES.
- Cinco suelos: un Oxisol, un Mollisol, dos Andisoles, y un Alfisol.

5.3.4 Variables en estudio

Las variables en estudio son cada uno de los parámetros de validación de los métodos analíticos.

5.3.5 Análisis estadístico

El diseño experimental a utilizarse será un diseño de bloques al azar en arreglo factorial. Los esquemas de análisis de varianza (ADEVA) son los indicados en las Tablas 1 y 2. Cada repetición diaria se constituye en un bloque para el ADEVA.

Tabla 1. Esquema de análisis de varianza para linealidad y rango lineal, límite de detección y límite de cuantificación.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloques	3
Factor A (Solución extractante)	2
Factor B (Técnicas de análisis)	1
Factor A x Factor B	2
Error	15
Total	23

Tabla 2. Esquema de análisis de varianza para precisión y exactitud.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Repeticiones	3
Factor A (Solución extractante)	2
Factor B (Técnicas de análisis)	1
Factor C (Tipos de suelo)	4
Factor A x Factor B	2
Factor A x Factor C	8
Factor B x Factor C	4
Factor A x Factor B x Factor C	8
Error	87
Total	119

5.3.6 Análisis Funcional

Se realizará la prueba de significancia de Tukey al 5 %, así como correlaciones y regresiones entre las variables en estudio.

5.3.7 Análisis de Costos

Se registrarán los costos de análisis en cuanto a horas hombre, el consumo de reactivos, materiales y gases; lo que permitirá determinar la mejor técnica desde el punto de vista económico.

5.3.8 Validación de metodologías

Entre los parámetros de validación de metodologías figuran la linealidad y rango lineal, límite de detección, límite de cuantificación, precisión, exactitud, selectividad, e incertidumbre.

5.3.7.1 Linealidad y Rango Lineal

Se aplica fundamentalmente a los métodos instrumentales y nos indica el rango de concentraciones en el que se puede esperar una respuesta lineal del equipo (Rafael y Coto, 2008). La linealidad y rango lineal de cada técnica analítica se evaluará a través de un análisis de regresión lineal de la respuesta de los equipos frente a concentraciones crecientes de cada analito preparado en cada solución extractante, siguiendo el esquema de la Tabla 3. Se espera coeficientes de correlación mayor o igual que 0.995, aunque valores entre 0.980 y 0.990 son aceptables según el método analítico. Adicionalmente, la pendiente de la recta nos permitirá determinar la sensibilidad del método.

Tabla 3. Esquema para el estudio de linealidad y rango lineal

CONCENTRACIÓN DEL ESTÁNDAR	RESPUESTA DEL EQUIPO			
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
C ₁				
C ₂				
C ₃				
C ₄				
C ₅				

5.3.7.2 Límite de detección

El límite de detección es la concentración de sustancia que puede ser detectada, pero no necesariamente cuantificada con un valor exacto. Se relaciona con la concentración que da una señal equivalente a la respuesta de un blanco más tres desviaciones estándar (Rafael y Coto, 2008). Utilizando el estudio de regresión lineal, se obtendrá el límite de detección con la siguiente relación:

$LD = 3L/m$; donde:

LD = Límite de detección

L = intercepto

m = pendiente

5.3.7.3 Límite de cuantificación

El límite de cuantificación es el valor de concentración mínima del elemento con un nivel aceptable de exactitud y precisión. Generalmente equivale de 6 a 10 veces la desviación estándar del blanco (Rafael y Coto, 2008; FAO, 2005). El límite

de cuantificación será calculado utilizando el estudio de regresión lineal a través de la siguiente ecuación:

LC = $\delta L/m$; donde:

LC = Límite de cuantificación

L = intercepto

m = pendiente

5.3.7.4 Precisión

La precisión es el grado de concordancia entre los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento experimental repetidas veces bajo las condiciones establecidas (Rafael y Coto, 2008). Se distinguen dos parámetros:

- a) **Repetibilidad**, precisión bajo condiciones en las que los resultados de una medición se obtienen con el mismo método, mismo operador, utilizando el mismo instrumento de medida y durante un corto intervalo de tiempo.
- b) **Reproducibilidad**, precisión bajo condiciones en las que los resultados de una medición se obtienen con el mismo método con diferentes operadores, equipos de medida, laboratorios, etc.

La precisión se puede expresar de varias formas: desviación estándar, desviación estándar de repetibilidad y desviación estándar de reproducibilidad.

En el presente estudio se evaluará la repetibilidad y reproducibilidad en base al análisis de varianza de los datos obtenidos al enriquecer muestras de suelos con soluciones estándares de los nutrientes a evaluar según el esquema indicado en la Tabla 4.

Tabla 4. Esquema para el estudio de precisión

NIVEL	Repeticiones	Respuesta			
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
N0	R ₁				
	R ₂				
	R ₃				
N1	R ₁				
	R ₂				
	R ₃				
N2	R ₁				
	R ₂				
	R ₃				
N3	R ₁				
	R ₂				
	R ₃				
MATERIAL DE	R ₁				
	R ₂				

REFERENCIA	R ₃				
------------	----------------	--	--	--	--

5.3.7.5 Exactitud

La exactitud es el grado de concordancia entre el resultado de la medición y el valor de referencia aceptado, y se puede cuantificar a través del porcentaje de recuperación (Rafael y Coto, 2008; FAO, 2005).

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{C_{\text{Obtenido}}}{C_{\text{Esperado}}} \times 100$$

Donde:

C_{Obtenido} = Es el resultado obtenido

C_{Esperado} = Es el valor teórico del mismo

5.3.7.6 Selectividad

Es la capacidad de un método de dar resultados correctos para la determinación de un elemento cuando ésta se realiza sobre una muestra compleja, sin ser interferido por otros componentes. Se comprueba mediante análisis de muestra con matrices diferentes y la comparación de los datos de exactitud y precisión obtenidos en diferentes casos (Rafael y Coto, 2008). En el presente estudio, los diferentes tipos de suelo a ensayar, permitirán evaluar la selectividad del método.

5.3.7.7 Incertidumbre

La incertidumbre es la estimación que caracteriza el intervalo de valores en el que se sitúa, generalmente con una alta probabilidad, el valor verdadero de la magnitud medida (Rafael y Coto, 2008). En el presente estudio se estimará inicialmente la incertidumbre a través de los resultados obtenidos en la validación; el cálculo estadístico se lo llevará a cabo considerando los siguientes aspectos (Rivas y Fernandez, 2006):

1. Identificación de posibles fuentes de incertidumbre con la utilización de un diagrama de causa efecto.
2. Cuantificación de los componentes de incertidumbre asociados con cada fuente.
 - a) Incertidumbre estándar debida al cálculo de la concentración del analito a partir de una curva de calibración
 - b) Incertidumbre estándar debida a los estándares
 - c) Incertidumbre estándar debida al valor del blanco
 - d) Preparación de los estándares de trabajo
 - e) Incertidumbre estándar debida al material volumétrico
3. Calculo de la incertidumbre combinada

5.3.8 Manejo Específico del Experimento

5.3.8.1 Preparación de las muestras

Se trabajará con muestras de suelos secas al aire, molidas y con tamaño de partícula menor a 2 mm, como lo establece la metodología de análisis de suelos del laboratorio del DMSA. Las muestras y el material de referencia serán almacenados a temperatura ambiente hasta el momento del análisis.

5.3.8.2 Procedimiento de análisis

En los Anexos 1 y 2 se detallan los procedimientos para la preparación de las soluciones extractoras, así como para el análisis propiamente dicho.

6. CRONOGRAMA

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión bibliográfica para elaboración del anteproyecto	X	X	X									
Aprobación del anteproyecto en el INIAP y la PUCE			X	X	X							
Capacitación Manejo del Equipo, Ensayos Preliminares			X	X	X							
Fase Experimental: Validación de las Metodologías			X	X	X	X	X	X	X			
Interpretación de resultados					X	X	X	X	X			
Escritura y revisión de tesis									X	X	X	X
Presentación de informes de avances	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Presentación del informe final											X	X

7. PRESUPUESTO

Concepto	Unidad	Cantidad	\$ / unidad	\$ / total
FINANCIAMIENTO INIAP				

Insumos y Materiales				
Argón	Cilindro	1	427,50	427,50
Acetileno	Cilindro	1	227,43	227,43
Papel filtro	Pliego	5	0,92	4,60
Guantes de nitrilo	Caja x 7 pares	1	7,35	7,35
Reactivos y materiales de referencia				
Estándares certificados AA: K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn	100 ml	7	35,00	245,00
NaHCO ₃ - Bicarbonato de Sodio	1 Kg	1	24,00	24,00
NH ₄ F – Fluoruro de Amonio	250 g	1	45,00	45,00
CH ₃ COOH – Ácido Acético	2.5 L	1	28,00	28,00
NH ₄ NO ₃ – Nitrato de Amonio	1 Kg	1	60,00	60,00
HNO ₃ – Ácido Nítrico 65%	2.5 L	1	45,00	45,00
Subtotal				1113,88
APORTE EGRESADO				
Sueldo Tesista	Mes	12	280	3360
Copias	Unidad	0,04	500	20
Empastado de tesis	Unidad	6	10	60
Papel	Resmas	3	2	6
Impresiones	Unidad	0,05	200	10
Subtotal				3456,00
Total				4569,88

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alvarado, S., Córdova, J. y López, M. 2000. Metodologías de Análisis Físico Químico de Suelos, Aguas y Foliare. 3ra Aproximación. Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. INIAP. Ecuador, Quito.
- 2) Bejarano, J. y Corrales M. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Correlación entre las soluciones extractoras KCl, Olsen Modificado y Mehlich 3. [En línea]. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n03_137.pdf (Consulta: 24 de Julio de 2009).
- 3) Fassbender, H. W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica.
- 4) Hanlon, E.A., y G.V. Johnson. 1984. Bray/Kurtz, Mehlich III, AB/D and ammonium acetate extractions of P, K, and Mg in four Oklahoma soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15:277-294.
- 5) Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2008. Tecnología para la seguridad, la soberanía alimentaria y el desarrollo agrícola de la región interandina. Mejía, Ecuador. Pag. 3.

- 6) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Proyecto TCP/RLA/3013 (A) [En línea]. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/nutricion/codex/rla3013/pdf/metodo.pdf> (Consulta: 07 de Abril de 2009).
- 7) Perkin Elmer. Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. [En línea]. Disponible en <http://www.atoomspectrometrie.nl/lcpconceptsbook.pdf> (Consulta: 24 de Enero de 2009).
- 8) Rafael y Coto, D. 2008. Validación y cálculo de incertidumbres. Programa de Capacitación. Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria-CORPEI-Expo Ecuador. Tumbaco-Ecuador.
- 9) Rivas H. y Fernández P. 2006. Estimación de Incertidumbre para medición de Zn por Espectrofotometría de Absorción Atómica – Flama. 25-27 Octubre 2006. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF, México.
- 10) Servicio de Información y Censo Agropecuario (SICA). Estudios Estratégicos: La Agricultura en el Ecuador. [En línea]. Disponible en http://www.sica.gov.ec/cadenas/aceites/docs/la_agricultura_en_el_ecuador.htm (Consulta: 18 de Enero de 2009).
- 11) Smyth, T. J., y P. A. Sanchez. 1982. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in a Cerrado Oxisol. Agron. J. 74:730-735.
- 12) Universidad Nacional Autónoma de México. Desarrollo Tecnológico: Técnicas Analíticas. [En línea]. Disponible en <http://www.geofisica.unam.mx/ICP/tecnicas.html> (Consulta: 22 de Julio de 2009).

9. ANEXOS

ANEXO 1. SOLUCIONES EXTRACTANTES PARA ANÁLISIS DE MACRO Y MICRO ELEMENTOS EN EL SUELO

Solución OLSEN MODIFICADO

Composición del Extractante: 0,25 M NaHCO₃ + 0,01 NH₄F + 0,01 M EDTA a pH 8.5

1. Disolver 420 g de NaHCO₃ en agua (H₂O) destilada.
2. Disolver 37,2 g de EDTA sal sódica en H₂O destilada.
3. Disolver 1 g de Superfloc 127 en 800 ml de H₂O destilada.
4. Mezclar las tres soluciones y llevar a un volumen de 10 litros con H₂O destilada.
5. Controlar el pH de la solución a 8.5 (con NaOH 10 N ó HCl 1 N)

Solución MEHLICH III

Composición del Extractante: 0.015 N NH₄F + 0.2 N CH₃COOH + 0.25 N NH₄NO₃ + 0.013 N HNO₃ + 0.001 N EDTA

1. Preparar la solución "Stock M3" (3.75 M NH₄F – 0.25 M EDTA), para lo cual:

- En un balón aforado de 2 L poner 1200 ml de agua destilada.

- Adicionar 277.8 g de fluoruro de amonio (NH_4F) y mezclar.
 - Añadir 146.1 g de EDTA (Forma Ácida), disolver y aforar a 2 L con agua destilada.
 - Mezclar completamente, almacenar en un frasco plástico.
2. Disolver 200 g de nitrato de amonio (NH_4NO_3) en agua destilada, añadir 10 ml ácido nítrico (HNO_3), 120 ml de ácido acético (CH_3COOH) y 40 ml de la solución "Stock M3". Mezclar y aforar a 10 litros utilizando agua destilada.

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Preparación de la muestra

Esparcir la muestra de suelo en una bandeja de plástico utilizando papel encerado. Disgregar manualmente los terrones eliminando los residuos grandes de plantas y secar al aire. Una vez seca la muestra, moler y tamizar a través de un tamiz de 2 mm. Homogenizar la fracción menor a 2 mm, la cual se constituye en la muestra a analizar.

Extracción y análisis por Espectroscopia AA

1. Tomar 2.5 ml de suelo y adicionar 25 ml de la solución extractante, agitar 10 minutos y filtrar.
2. Tomar 1 ml de filtrado, agregar 20 ml de agua destilada y añadir 4 ml de lantano al 1% para las lecturas de macro-nutrientes.
3. Utilizar el filtrado directamente para la lectura de micro-nutrientes.
4. Hacer la curva de calibración utilizando como punto cero a la solución extractante.
5. Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Extracción y análisis por Espectroscopia ICP-OES

1. Tomar 2.5 ml de suelo y adicionar 25 ml de la solución extractante, agitar 10 minutos y filtrar.
2. Hacer la curva de calibración utilizando como punto cero a la solución extractante.
3. Realizar las lecturas en el espectrofotómetro de Emisión por Acoplamiento de Plasma Inductivo directamente en el filtrado.