

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

1094: 2015

---

**CALIDAD DEL SUELO — DETERMINACIÓN DE SILICIO, HIERRO  
Y ALUMINIO TOTALES**

Soil quality — Determination of totals silice, iron and aluminum

---

ICS: 13.080.10

1. Edición      Junio 2015  
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.  
Teléfono: 7830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: [nc@ncnorma.cu](mailto:nc@ncnorma.cu); Sitio  
Web: [www.nc.cubaindustria.cu](http://www.nc.cubaindustria.cu)



Cuban National Bureau of Standards

**NC 1094: 2015**

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Órgano Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencia de consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 3 de Gestión Ambiental, integrado por especialistas de las siguientes entidades:

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	Ministerio de Industrias
Ministerio de la Agricultura	Ministerio del Interior
Agencia de Medio Ambiente	Ministerio de Salud Pública
Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental	Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas
Instituto de Suelos	Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología
Centro de Inspección y Control Ambiental	Instituto de Meteorología
Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos	Ministerio de la Construcción
Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad	Ministerio del Turismo
Instituto de Planificación Física	CUPET
Ministerio de la Industria Alimentaria	Oficina Nacional de Normalización
Ministerio de la Agricultura	
Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias	

### **© NC, 2015**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

**CALIDAD DEL SUELO — DETERMINACIÓN DE SILICIO, HIERRO Y ALUMINIO TOTALES****1 Objeto**

Esta Norma Cubana establece los requisitos para efectuar la determinación de sílice, aluminio y hierro totales en muestras de suelo y arcilla.

**2 Referencias normativas**

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

- NC-ISO 3696 Agua para uso en análisis de laboratorio. Especificación y método de ensayo.
- NC-ISO 11464 Calidad de Suelo. Pre-tratamiento de muestras para análisis físico y químico.

**3 Términos y definiciones**

A los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

**3.1 Sedimentación**

proceso de separación de un sólido precipitado de una solución sobrenadante, mediante el reposo.

**3.2 Sifonado**

proceso de separación del líquido o solución sobrenadante del sólido precipitado, mediante la aspiración con un instrumento denominado sifón.

**3.3 Centrifugación**

proceso de separar un sólido precipitado de una solución o reactivo líquido, mediante movimiento de rotación a altas velocidades ( $r.s^{-1}$ ), utilizando la centrífuga.

**3.4 Evaporación**

proceso de sequedad del líquido por elevación de la temperatura mediante calentamiento, que alcanza separar un sólido precipitado del líquido acompañante, utilizando un baño de arena o baño de María.

**3.5 Decantación**

proceso de verter con mucho cuidado y lentamente, la solución sobrenadante acompañante de un sólido precipitado en otro recipiente, hasta dejar solo el precipitado, lo más seco posible.

**3.6 Ignición**

proceso de convertir en cenizas un precipitado, sometiéndolo a altas temperaturas, mediante la utilización de una mufla.

#### 4 Principio

La determinación de los contenidos totales de silicio, hierro y aluminio en la masa total del suelo y de la fracción de arcilla separada, se basa en someter las muestras a ignición para convertir los elementos en óxidos después de la destrucción de los carbonatos. Posteriormente se realiza la fusión alcalina y la solubilización ácida de ésta para la ejecución de la marcha analítica específica y la determinación colorimétrica de los contenidos de cada uno de los elementos.

#### 5 Aparatos y utensilios

- Agitador horizontal y agitador magnético
- Agitadores de vidrio medianos
- Balanza analítica con precisión de 0,001 g
- Baño de arena de 150 °C
- Cápsulas de evaporación de 100 mL a 150 mL
- Centrífuga que tenga alcance  $\geq 2500 \text{ r.s}^{-1}$
- Colorímetro de 350 nm a 900 nm
- Crisoles de platino de 20 mL ó 30 mL de capacidad, con su tapa
- Desecadora de vidrio, mediana o pequeña
- Embudos de diámetro entre 7 cm y 9 cm
- Estufa con alcance de temperatura  $\geq 105 \text{ °C}$
- Frascos altos con tapón de 100 mL para almacenar reactivos, aforado a dos niveles, uno cerca del apoyo y otro a 8 cm
- Frascos para almacenar reactivos de 250 mL, con tapa
- Frasco lavador plástico
- Horno mufla con alcance de temperatura de 1000 °C
- Matraces aforados de 50 mL, 100 mL y 1 L
- Mortero de ágata con su mano
- Papel de filtro cuantitativo de filtración lenta libre de cenizas
- Papel indicador de pH de 0 a 14 ó pH-metro
- Pinzas con puntas de platino

- Pipetas graduadas de 1 mL, 2 mL 3 mL, 5 mL y 10 mL
- Pipetas graduadas de 1 mL y 10 mL, con divisiones de 0,1 mL
- Plancha de calor mediana o grande
- Probetas de vidrio graduadas de 25 mL, 50 mL , 100 mL y 1 L
- Sifón para trasladar suspensiones o líquidos sobrantes por aspersión
- Tamiz 0,15 mm diámetro
- Tubos de centrifuga con capacidad de 80 mL
- Tubos de ensayos medianos
- Vaso de precipitado de 250 mL
- Vidrio reloj 9 cm de diámetro

## **6 Reactivos y soluciones**

### **6.1 Destrucción de los carbonatos**

#### **6.1.1 Ácido clorhídrico (HCl) 0,5 mg·kg<sup>-1</sup>**

#### **6.1.2 Oxalato de amonio anhidro**

### **6.2 Separación de la fracción arcilla**

#### **6.2.1 Solución de amonio 5 mg·kg<sup>-1</sup>**

#### **6.2.2 Ácido acético 0,5 mg·kg<sup>-1</sup>**

#### **6.2.3 Solución de cloruro de magnesio 0,5 mg·kg<sup>-1</sup> pH = 7.0**

Añadir de 102 g a 105 g de cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) sobre 800 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  (NC-ISO 3696) y leer el valor de pH. Ajustar a pH 7,0 con HCl 5 mol.L<sup>-1</sup> o suspensión de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , si es necesario diluir a un litro.

### **6.3 Ignición y fusión**

#### **6.3.1 Carbonato de sodio anhidro**

#### **6.3.2 Ácido clorhídrico 5 mg·kg<sup>-1</sup>**

### **6.4 Determinación de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ )**

#### **6.4.1 Ácido fluorhídrico $\rho = 1,16 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 60 %**

**6.4.2 Ácido clorhídrico fixanal 0,5 mg·kg<sup>-1</sup>****6.5 Determinación de hierro****6.5.1 Solución estándar de hierro 1000 mg·kg<sup>-1</sup>**

En caso de no tener solución estándar de hierro prepararla a partir de sulfato ferroso de la siguiente forma:

**6.5.1.1 Solución de sulfato ferroso 1000 mg·kg<sup>-1</sup>**

Tomar 50 mL de ácido sulfúrico 5 mg·kg<sup>-1</sup> con 200 mL de agua destilada (NC-ISO 3696). Añadir 3,5 g de sulfato ferroso anhidro, disolver y agitar. Agregar lentamente 25 mL de permanganato de potasio 1 %, continuar añadiendo la solución gota a gota hasta que aparezca el color rojo, enrasar a 1000 mL con agua destilada (NC-ISO 3696).

**6.5.1.2 Solución de permanganato de potasio 1 %**

Pesar 1 g de permanganato de potasio y disolver en 100 mL de agua destilada (NC-ISO 3696).

**6.5.1.3 Solución de polvo férrico anhidro**

Pesar 0,1 g de polvo férrico y disolver en 15 mL de ácido clorhídrico 5 mg·kg<sup>-1</sup>. Enrasar a 1000 mL con agua destilada (NC ISO 3696).

**6.5.2 Ácido clorhídrico fixanal 5 mg·kg<sup>-1</sup>****6.5.3 Hidróxido de amonio 6 mg·kg<sup>-1</sup>**

Añadir 6 mL de amoníaco concentrado en un volumétrico de 100 mL y enrasar con agua destilada.

**6.5.4 Cloruro de amonio 1%, pH > 6**

Pesar 1 g de cloruro de amonio anhidro y enrasar con agua destilada en un volumétrico de 100 mL. Ajustar pH con gotas de HCl.

**6.5.5 Solución indicador de bromocresol púrpura**

Pesar 0,05 g de bromocresol sólido y enrasar con etanol 99 %, en un volumétrico de 100 mL.

**6.5.6 Solución de cloruro de hidroxilamina 10 %**

Pesar 10 g de cloruro de hidroxilamina sólido y enrasar con agua destilada en un volumétrico de 100 mL.

**6.5.7 Solución de ortofenantrolina 0,25 % en agua**

Pesar 0,25 g de reactivo sólido y disolver en 30 ml de agua destilada. Calentar hasta disolución total y enrasar en volumétrico de 100 mL.

### 6.5.8 Solución amortiguadora de acetato de amonio

Para un litro añadir 120 mL de ácido acético en 500 mL de agua destilada, añadir luego 37,5 mL de amoníaco concentrado, dejar enfriar y enrasar a 1000 mL. El pH debe estar entre 4,1 y 4,2.

## 6.6 Determinación de aluminio

### 6.6.1 Solución estándar de aluminio 1000 mg·kg<sup>-1</sup>

#### 6.6.1.1 Solución de alumbre de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·24H<sub>2</sub>O) al 2 %

Pesar 4,4 g de alumbre, disolver en 15 mL de ácido clorhídrico 5 mg·kg<sup>-1</sup> y diluir a 1 L de agua destilada.

#### 6.6.2 Solución de ácido tioglicólico diluido

Diluir 2,5 mL de ácido tioglicólico concentrado  $\rho = 1,11 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ , en 50 mL de agua destilada.

### 6.6.3 Solución amortiguadora de acetato de amonio

Añadir 120 mL de ácido acético en 500 mL de agua destilada, añadir 37,5 mL de amoníaco concentrado, dejar enfriar y enrasar a 1000 mL. El pH debe estar entre 4,1 y 4,2.

### 6.6.4 Reactivo aluminón 2 %

Pesar 2 g de aluminotricarboxilato de amonio sólido. Enrasar con agua destilada en volumétrico de 100 mL.

## 7 Procedimiento

### 7.1 Destrucción de los carbonatos

Realizar la prueba cualitativa de contenido de carbonatos en las muestras de suelo (NC ISO 11464). Destruir los carbonatos en las muestras cuya prueba dio positiva, como sigue:

Añadir a la muestra una cantidad de HCL 0,5 mg·kg<sup>-1</sup> y agitar. Dejar en reposo hasta que sedimente, decantar el líquido claro sobrenadante. Repetir varias veces esta operación hasta que el líquido sobrenadante no forme precipitado blanco ante la presencia de oxalato de amonio. Lavar la muestra con agua destilada hasta que el pH del agua sobrenadante coincida con el pH del agua destilada.

**NOTA 1** La prueba cualitativa de la destrucción de los carbonatos se hace en tubos de ensayos

## 7.2 Separación de la fracción arcilla

Pesar 60 g de suelo si la muestra es ácida y de 100 g a 120 g de suelo si es carbonática. Llevar a un frasco de reactivos de 100 mL, aforado como se describe en 5. Añadir 450 mL de agua destilada y 10 mL de solución de amoníaco  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , tapar y agitar durante 2 horas en agitador horizontal. Quitar el tapón y llenar el frasco con agua destilada hasta el aforo cerca del apoyo, agitar a mano, aflojar el tapón y dejar que el suelo se sedimente durante un tiempo de 22 horas a 25 horas.

Pasar con el sifón, la capa superior de la suspensión de una profundidad de 8 cm mediante una aspiración suave a un frasco de reactivo de 200 mL. Añadir 5 mL de solución de amoníaco  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a la suspensión de suelo residual, agitar mecánicamente durante una hora. Aflojar el tapón y dejar que el suelo se sedimente durante un tiempo de 22 horas a 25 horas. Agregar ácido acético  $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  en la suspensión combinada hasta que el líquido de reacción tenga un pH neutro. Añadir 20 mL de solución de cloruro de magnesio  $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a pH 7,0 y agitar bien con agitador magnético. Dejar que la arcilla y el humus se sedimenten y separar por aspiración el líquido claro sobrenadante.

Pasar el sólido a los tubos de centrifuga de 50 mL, equilibrar los tubos y centrifugar a  $2500 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$  durante 15 minutos. Lavar la arcilla más humus con etanol neutro mezclado y centrifugar repetidamente hasta que el líquido sobrenadante esté exento de cloruros. Continuar lavando si persisten los cloruros.

**NOTA 2** Probar la presencia de cloruros mediante la adición de algunas gotas de nitrato de plata

Trasladar con etanol el sólido lavado a una cápsula de evaporación de 100 mL a 150 mL y evaporar a sequedad sobre un baño de arena. Pasar el sólido a un mortero de ágata y triturar para que pase por un tamiz de malla 0,15 mm.

**NOTA 3** Para determinar los contenidos totales de sílice, hierro y aluminio en la masa total de suelo, continuar de 7.1 a 7.3

## 7.3 Ignición y fusión

Pesar 0,5 g de la muestra (fracción de los coloides o de suelo), en un crisol de platino, colocarlo en un horno mufla a temperatura ambiente, elevar lentamente la temperatura hasta  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ , mantenerla por 30 minutos. Apagar el equipo, dejar el crisol hasta temperatura entre  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ , completar el enfriamiento hasta la temperatura ambiente en una desecadora. Pesar y registrar el peso del residuo calcinado. Calcular las pérdidas por ignición y utilizar el contenido para la determinación de los elementos totales.

**NOTA 4** Esta operación puede hacerse también en crisoles de porcelana

Añadir 2 g de carbonato de sodio al crisol y mezclarlo bien con el residuo calcinado, añadir otro gramo de carbonato sódico por encima sin mezclar. Poner la tapa sobre el crisol, colocar en la mufla a temperatura ambiente e ir elevando la temperatura paulatinamente, fundir a temperatura de  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante una hora, enfriar, secar el crisol y agitar para homogenizar el material. Colocar de nuevo en la mufla por 30 minutos.



Añadir agua suficiente para cubrir el sólido, cuando el crisol esté frío. Calentar suavemente, desplazar la mayor parte de la masa fundida a un vaso de precipitado de 250 mL. Añadir 5 mL de ácido clorhídrico  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  al crisol, disolver las partículas que quedan y pasar cuantitativamente el líquido al vaso de precipitado, limpiar, lavar la tapa del crisol con agua y unas pocas gotas del ácido ( $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Añadir, cuidadosamente, 20 mL de HCL  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Mantener la cantidad de agua empleada para estas operaciones en un mínimo.

#### 7.4 Determinación de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ )

Añadir 10 mL de ácido fluorhídrico 60 % a la solución ácida obtenida en 7.3. Digerir sobre un baño de arena hasta que el volumen quede próximo a 25 mL. Calentar más intensamente sobre baño de arena o plancha de calentamiento hasta que aparezca humo de ácido fluorhídrico, tapan el vaso de precipitado y hervir nuevamente durante 10 minutos, dejar enfriar y añadir 10 mL de agua, hervir para disolver las sales y filtrar por papel de filtro de filtración lenta y libre de cenizas, recogiendo el filtrado en vaso de precipitado de 250 mL.

**NOTA 5** Para garantizar recoger toda la sílice, a la solución anterior, se le puede añadir gelatina

Lavar la sílice precipitada 4 veces ó 5 veces con ácido clorhídrico 10 %. Lavar con ácido clorhídrico 10 % hasta un volumen de 100 mL y después con agua caliente (casi a punto de ebullición) hasta ausencia de cloruros (prueba con nitrato de plata), utilizando dos vasos de precipitado de 250 mL. Utilizar la última porción de lavado de 150 mL, concentrar en plancha hasta reducir el volumen a unos 50 mL y añadir al otro vaso de precipitado lavando 2 veces ó 3 veces con pequeñas cantidades de agua destilada. Guardar el filtrado para determinaciones posteriores.

Pesar el precipitado y el papel a un crisol de platino o de porcelana. Colocar el crisol en un horno mufla y elevar gradualmente la temperatura hasta  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ , calcinar durante 30 minutos. Sacar del horno, dejar enfriar a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ . Enfriar a temperatura ambiente en una desecadora y pesar el crisol con el contenido hasta peso constante.

**NOTA 6** De hacer la determinación en crisoles de porcelana, se recomienda someterlos a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  en estufa antes de introducirlos en la mufla

#### 7.5 Determinación de hierro

##### 7.5.1 Separación del hierro y el aluminio

Añadir al filtrado procedente de la separación de sílice (7.4), 10 mL de ácido clorhídrico  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  y 0,3 mL de indicador púrpura de bromocresol. Llevar el líquido a ebullición y agregar 10 mL de solución amoniacal  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Continuar calentando y añadir solución amoniacal  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  hasta que el líquido tome color púrpura, hervir durante un minuto. Dejar que se sedimente el precipitado, observar el color del líquido que sobrenada, añadir más solución amoniacal para restablecer el color púrpura, si se ha vuelto otra vez amarillo. Recalentar un minuto y dejar que el precipitado se sedimente. Decantar la mayor parte del líquido claro a través de papel de filtro de filtración lenta.

Añadir 50 mL de solución caliente de cloruro de amonio 1 % al vaso de precipitado, agitar, dejar sedimentar y decantar el líquido claro haciéndolo pasar por el papel de filtro de filtración lenta. Pasar el precipitado al papel de filtro de filtración lenta y lavar con solución de cloruro de amonio 1 %. Calentar 2 veces ó 3 veces sin dejar que seque el precipitado. Desechar el filtrado. Desdoblar

el papel de filtro dentro de un vaso de precipitado limpio de 250 mL, separar y lavar el precipitado con agua caliente. Añadir 10 mL de ácido clorhídrico  $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  caliente sobre el papel. Agitar el precipitado con el ácido caliente hasta que se haya disuelto completamente, dejar enfriar, pasar la solución a un matraz aforado de 200 mL y enrasar con agua destilada (solución A). Diluir 10 mL de la solución A en 100 mL de agua destilada para obtener la solución B.

## 7.5.2 Preparación de la curva de calibración

### 7.5.2.1 Solución madre

Tomar 10 mL de solución estándar de hierro  $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Enrasar en un volumétrico de 200 mL para obtener una concentración de la solución madre de  $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

### 7.5.2.1 Soluciones patrones

Trasvasar a matraces de 50 mL, 5 mL; 1,0 mL; 1,5 mL; 2,0 mL; 2,5 mL; 3,0 mL; 3,5 mL; 4,0 mL; 4,5 mL; 5,0 mL; 5,5 mL; 6,0 mL; 6,5 mL; 7,0 mL; 7,5 mL; 8,0 mL; 8,5 mL; 9,0 mL 9,5 mL y 10,0 mL de la solución madre (concentraciones de las soluciones de  $0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;  $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;  $1,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , hasta  $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Añadir 2 mL de cloruro de hidroxilamina 10 % a cada matraz. Añadir 2 mL de solución amortiguadora de acetato de amonio. Añadir 2 mL de ortofenantrolina 25 %, enrasar con agua destilada, esperar 30 minutos y leer en colorímetro con longitud de onda de 500 nm (filtro azul-verde).

## 7.6 Determinación de aluminio

Tomar 10 mL de la solución B, trasvasar a un volumétrico de 200 mL y enrasar con agua destilada. Pipetear 10 mL ó 5 mL (para elevadas concentraciones de aluminio) y llevar a matraces de 50 mL.

Preparar al mismo tiempo los puntos de la curva como sigue: pipetear de 1 mL hasta 10 mL de solución estándar de aluminio a 10 matraces aforados de 50 mL respectivamente, además del ensayo en blanco. Añadir a cada matraz 10 mL de solución amortiguadora de acetato de amonio, 1 mL de ácido tioglicólico diluido y 2 mL de reactivo de aluminio 0,2 %. Enrasar con agua destilada en volumétricos de 50 mL y dejar en reposo durante 30 min. Leer en un calorímetro a Longitud de onda de 520 nm (filtro verde).

**NOTA 7** Es recomendable preparar el aluminón en el momento de colorear la muestra, teniéndose previamente triturado y homogenizado.

### 7.6.1 Preparación del estándar de aluminio

Tomar 10 mL de la solución estándar de aluminio de  $250 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  y enrasar con agua destilada en un volumétrico de 250 mL, o tomar 20 mL de solución estándar de aluminio de  $250 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  y enrasar con agua destilada en un volumétrico de 500 mL o en su defecto, de la solución de alumbre de potasio.

Pipetear a matraces de 50 mL, 0,0 mL; 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL; 4,0 mL; 5,0 mL; 6,0 mL; 7,0 mL; 8,0 mL; 9,0 mL; 10,0 mL de las soluciones anteriores (concentraciones de las soluciones patrones de  $0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  hasta  $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Añadir a cada matraz 10 mL de solución amortiguadora de ácido acético y acetato de amonio, 1 mL de ácido tioglicólico diluido y 2 mL de reactivo

aluminón 2 %. Enrasar con agua destilada. Dejar en reposo 30 minutos. Leer la concentración de aluminio en las muestras a 520 nm en un colorímetro.

## 8. Expresión de los resultados

### 8.1 Determinación de óxido de silicio total (SiO<sub>2</sub>)

Se determina por la Ecuación 1:

$$\% \text{ SiO}_2 = (100 \times P_2)/P_1 \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde:

P<sub>1</sub> es la masa del dióxido de silicio obtenido en gramos

P<sub>2</sub> es la masa de arcilla o suelo calcinada en gramos

100 es el coeficiente para expresar los resultados en porcentaje

### 8.2 Determinación de hierro total

Se determina por la Ecuación 2:

$$\% \text{ Fe} = g/V \times 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde :

g es la concentración obtenida de la lectura de la curva en mg·kg<sup>-1</sup>

V es el volumen o alícuota pipeteada en mL (en este caso 10)

100 es el coeficiente para expresar los resultados en porcentaje

### 8.2 Determinación de óxido de aluminio total (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Se determina por la Ecuación 3:

$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3 = Y/V \times 100 \times 1,896 \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde:

Y es la concentración obtenida de la lectura de la curva en mg·kg<sup>-1</sup>.

V es el volumen o alícuota pipeteada en mL (en este caso es 5 ó 10 mL)

100 es el coeficiente para expresar los resultados en porcentaje

1,896 es el factor para la conversión de los resultados del aluminio en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## **9 Informe del ensayo**

Este informe debe contener:

- Información necesaria para la identificación de la muestra siguiendo los requerimientos de los principios del buen control de la calidad.
- Fecha de recepción de la muestra y de emisión del resultado.
- Técnico analista que realizó las determinaciones.
- Citas que hacen referencia a esta norma.
- Cualquier detalle no especificado en esta norma que resulten opcionales, así como cualquier factor que pueda haber afectado los resultados.

### Bibliografía

- [1] ISO 14869-1:2001 Soil quality -- Dissolution for the determination of total element content -- Part 1: Dissolution with hydrofluoric and perchloric acids.
- [2] ISO 14869-2:2002 Soil quality -- Dissolution for the determination of total element content -- Part 2: Dissolution by alkaline fusion.
- [3] NC 90-00-07: 82. Soluciones de referencia. Preparación y conservación.
- [4] NC 728: 09. Soluciones reactivos de conservación aproximada para uso general.
- [5] Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A. B. Trace elements from soil to human. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 519 pp. 2007.
- [6] Alloway, B.J. Micronutrient deficiencies in global crop production. 367pp. 2008.