

	MÉTODO ANALÍTICO DE ALUMINIO: SM 3500-AI B.		
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá			
Código: D-7.2-09	Versión: 09	Revisó: Subdirector de Planeación y O.T.	Aprobó: Director General (E).
Fecha: 09 de Julio de 2025	Fecha: 09 de Julio de 2025	Resolución: 100-03-10-23-1338-2025	Páginas: 1 de 8

1. DESCRIPCIÓN

El aluminio (Al) es el segundo elemento del Grupo IIIA de la tabla periódica; tiene un número atómico de 13, un peso atómico de 26.98, y una valencia de 3. La abundancia promedio en la corteza terrestre es del 8.1%; en suelos es de 0.9 a 6.5%; en corrientes es de 400 µg/L. El aluminio se encuentra en la corteza terrestre en combinación con silicio y oxígeno para formar feldespatos, micas y minerales arcillosos. El sulfato de aluminio (alumbre) se utiliza en procesos de tratamiento de agua para flocular partículas suspendidas, pero puede dejar un residuo de aluminio en el agua tratada.

La presencia de aluminio en aguas naturales está controlada por el pH y por partículas minerales muy finamente suspendidas. El catión Al³⁺ predomina a pH inferior a 4. Por encima de pH neutro, predomina la forma disuelta Al(OH)⁴⁻. Normalmente el ser humano no absorbe mucho del aluminio ingerido, pero si la concentración es muy alta, atraviesa la pared intestinal pasando al torrente sanguíneo a través de los ésteres fosfáticos. El aluminio absorbido se acumula en varios tejidos tales como hígado, huesos, cerebro, músculos estriados, además interfiere con el transporte de hierro produciendo un tipo de anemia, también disminuye la absorción del calcio originando dolores, deformaciones y fracturas en los huesos.

El aluminio no es esencial para plantas y animales. Las concentraciones superiores a 1.5 mg/L constituyen un peligro de toxicidad en el medio ambiente marino, y los niveles por debajo de 200 µg/L presentan un riesgo mínimo.

2. ALCANCE

Este método analítico se aplica para la determinación de aluminio disuelto en muestras de aguas potable, superficiales, subterráneas y residuales domésticas y no doméstica, teniendo en cuenta como rango de trabajo lineal concentraciones entre 0.05 mg/L y 0.3 mg/L.

3. FUNDAMENTOS DEL MÉTODO

3.1. Principio

Con eriocromo cianina-R como colorante, las soluciones diluidas de aluminio tamponadas a pH 6.0, producen un complejo de color rojo a rosado que presenta un máximo de absorción a 535 nm. La intensidad del color desarrollado depende de la concentración del aluminio, el tiempo de reacción, la temperatura, pH, alcalinidad y concentración de otros iones en la muestra. Para compensar el color y la turbidez, se forma un complejo de aluminio de una porción de la muestra con EDTA para obtener un blanco. El intervalo óptimo de trabajo está entre 0.04 a 0.30 mg/L.

3.2. Interferencias

La interferencia de hierro y manganeso, dos elementos que se encuentran frecuentemente en el agua, se elimina por adición de ácido ascórbico.

Debido a que la concentración de fluoruro a menudo se conoce o se puede determinar fácilmente, se pueden obtener resultados bastante precisos agregando la cantidad conocida de fluoruro a un estándar establecido. Se puede determinar una corrección más simple a partir de la familia de curvas de la figura 1. Se proporciona un procedimiento para eliminar la interferencia de fosfato compleja.

El ortofosfato en concentraciones inferiores a 10 mg/L no interfiere. La interferencia causada incluso por pequeñas cantidades de alcalinidad se elimina acidificando la muestra justo más allá del punto de neutralización del naranja de metilo. El sulfato no interfiere hasta una concentración de 2000 mg/L.

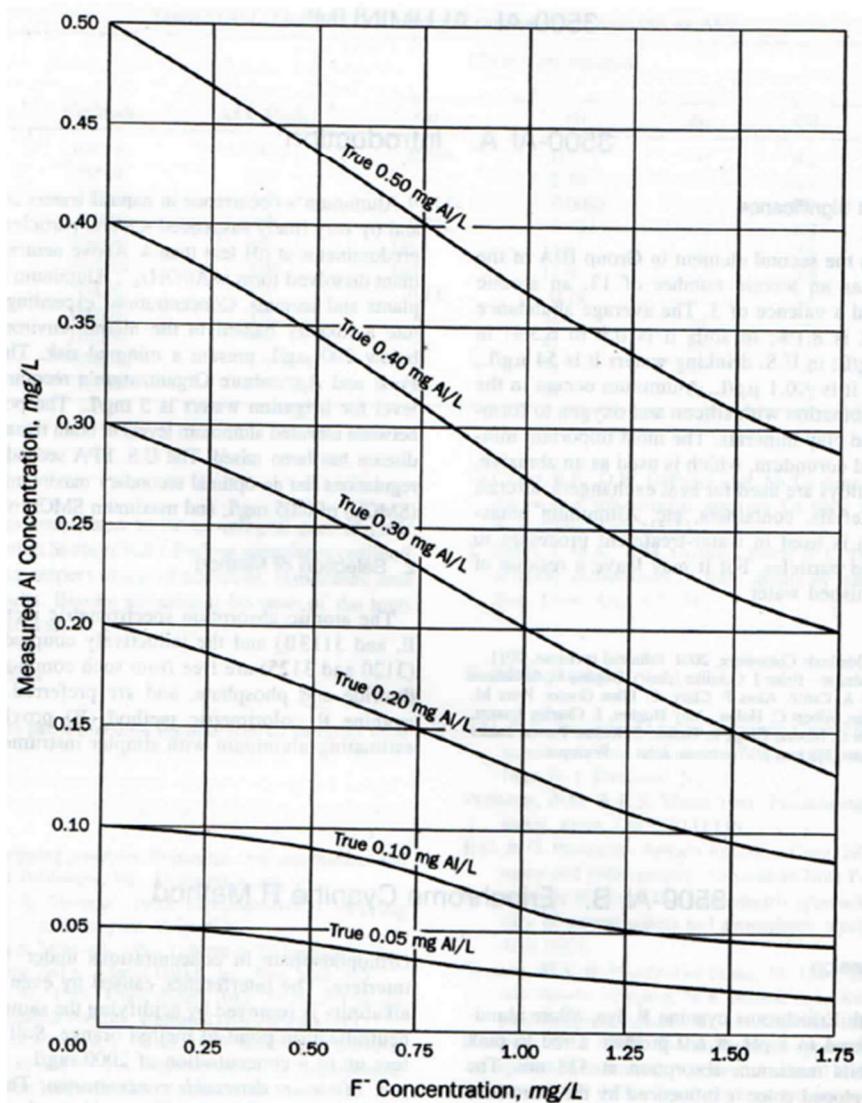


Figura 1. Curvas de corrección para la estimación de aluminio en presencia de fluoruro. Sobre los mg F^-/L presentes, localice el punto correspondiente a mg aparentes de Al/L medidos. Para este punto interpole entre las curvas mostradas (si el punto no cae en una de ellas para leer los mg Al/L reales sobre la ordenada el cual corresponde a 0.00 mg F^-/L). Por ejemplo, 0.20 mg Al/L aparentes en una muestra que contiene 1.00 mg F^-/L serían realmente 0.30 mg Al/L si no hubiera fluoruros que interfieran.

4. TOMA DE MUESTRA Y ALMACENAMIENTO

Recoja las muestras en recipientes limpios y enjuagados con ácido HCl 1+1, preferiblemente de plástico, y examínelas lo antes posible después de la colección.

Si solo se va a determinar el aluminio soluble, filtrar una parte de la muestra a través de un filtro de membrana de 0.45 µm; deseche los primeros 50 mL de filtrado y use el filtrado siguiente para la determinación. No use papel de filtro, algodón absorbente o lana de vidrio porque eliminarían la mayor parte del aluminio soluble. En las aguas potables, este paso no es necesario.

Las muestras pueden almacenarse a temperatura ambiente hasta seis meses, previa filtración y acidificación con HNO₃ a pH < 2.

5. MATERIALES Y EQUIPOS

- Espectrofotómetro, celda de lectura de 1 cm.
- Tubos Nessler de 50 mL.
- Material de vidrio, lavado con HCl 1+1 y enjuagado con agua destilada libre de aluminio.

6. REACTIVOS

- **Solución Stock de aluminio 500 mg/L:** Disolver 8.791 g de sulfato de aluminio y potasio (también llamado alumbre de potasio), AlK(SO₄)₂·12H₂O, en agua y diluir a 1000 mL.
- **Solución de ácido sulfúrico H₂SO₄ 0.02 N:** Agregue 0.275 mL de H₂SO₄ concentrado en un matraz volumétrico de 500 mL y diluya con agua destilada hasta el aforo.
- **Solución de ácido sulfúrico H₂SO₄ 6.0 N:** Agregue 16.472 mL de H₂SO₄ concentrado en un matraz volumétrico de 100 mL y diluya con agua destilada hasta el aforo.
- **Solución de ácido ascórbico:** Disuelva 0.1 g de ácido ascórbico en un matraz volumétrico de 100 mL y diluya con aguas destilada hasta el aforo. Se debe preparar diariamente.
- **Solución buffer de acetato:** Disuelva 136 g de acetato de sodio NaC₂H₃O₂·3H₂O, en agua, adicione 40 mL de ácido acético 1 N y diluya con agua destilada en un matraz volumétrico de 1000 mL hasta el aforo.
- **Solución de tinción stock de Eriocromo cianina R:** Disuelva 150 mg en 50 mL de agua. Lleve el pH desde 9 hasta 2.9 aproximadamente con solución de ácido acético 1+1 (aproximadamente 2 mL son requeridos). Diluya con agua destilada hasta un volumen final de 100 mL. Esta solución es estable hasta por un año.

- **Solución de tinción de trabajo:** Diluya 10 mL de la solución de tinción stock de Eriocromo cianina R en un matraz volumétrico hasta un volumen final de 100 mL. Esta solución es estable hasta por 6 meses.
- **Solución indicadora naranja de metilo:** Disuelva 100 mg de sal de naranja de metilo en un matraz volumétrico de 100 mL.
- **Solución EDTA 0.01 M:** Disuelva 3.7 g de EDTA en agua y diluya hasta 1000 mL.
- **Hidróxido de sodio NaOH 1.0N:** Disuelva 8.0396 g de NaOH en agua y diluya hasta un volumen final de 200 mL.
- **Hidróxido de sodio NaOH 0.1 N:** Diluya 10 mL de solución NaOH 1.0 N en un matraz volumétrico hasta un volumen final de 100 mL.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Determinación de la alcalinidad:

Antes de analizar la muestra es necesario conocer la alcalinidad de esta por lo que se procede de la siguiente manera:

- Ponga 25 mL de muestra o una porción diluida a 25 mL en un beacker, añada unas gotas de indicador de naranja de metilo y valórese con H_2SO_4 0.02 N hasta un color rosa pálido. Registre el volumen gastado y descarte la muestra.

7.2 Procesamiento de la muestra:

- A dos porciones similares de muestra de 25 mL puestas en un matraz volumétrico de 50 mL o tubos Nessler añada la misma cantidad de H_2SO_4 0.02 N determinada anteriormente más 1 mL en exceso y mezcle las soluciones.
- Agregue 1 mL de solución de EDTA a una de las muestras. Esto servirá como un blanco acomplejando cualquier aluminio presente y compensando la interferencia por color y turbiedad (*omita este paso para muestras que no presenten esta interferencia*).
- A ambas muestras agregar 1 mL de ácido ascórbico, 10 mL de solución buffer y 5 mL de solución de tinción de trabajo.
- Inmediatamente completar hasta un volumen final 50 mL con agua destilada. Mezclar y dejar reposar de 5 a 10 min. El color comienza a desvanecerse después de 15 min.
- Ajustar el espectrofotómetro a absorbancia cero con agua destilada a una longitud de onda de 535 nm. Proceda a leer la absorbancia de las muestras

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá		
D-7.2-09	Versión: 09	Página: 5 de 8

y su respectivo blanco. Realice la resta de las dos absorbancias anteriores y proceda a calcular la concentración de aluminio de acuerdo a la curva vigente.

8. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Prepare estándares de concentración conocida en el intervalo de 0 a 0.30 mg Al/L en matraces volumétricos de 50 mL para la construcción de las curvas de calibrado a partir de una solución intermedia de 5 mg Al/L, tal como se observa en las tablas 1.

Tabla 1. Preparación estándares para curva de calibración de Aluminio

Estándares (mg/L)	Volumen a tomar (mL) del estándar de 5 mg Al/L
0	0
0.05 (MRL)	0.5
0.10	1.0
0.20	2.0
0.30	3.0

Calcule la concentración de las muestras analizadas a partir de la siguiente ecuación

$$mg\ Al/L = \frac{(ABS_m - ABS_{Bk}) - \text{intercepto}}{\text{pendiente}} \times FD$$

Dónde:

ABS_m = Absorbancia de la muestra.

ABS_{Bk} = Absorbancia de blanco

FD = Factor de Dilución de la muestra.

9. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Por cada lote de máximo 20 muestras analizadas, ejecute los siguientes controles de calidad:

- Un Blanco Fortificado de Laboratorio (BFL) en el Límite de Cuantificación del Método. Error aceptado $\leq 50\%$.

- Un Blanco Fortificado de Laboratorio (BFL) a una concentración de 0.15 mg Al/L. Error aceptado ≤ 10%.
- Un Blanco Fortificado de Laboratorio (BFL) a una concentración de 0.27 mg Al/L. Error aceptado ≤ 10%.
- Una muestra por duplicado. RPD ≤ 20%.
- Una muestra enriquecida por duplicado. Recuperación 80 – 120 %.

10. MANTENIMIENTO

Verificar que las celdas de lectura se encuentren en perfecto estado y completamente limpias, espectrofotómetro calibrado. Después de usar la celda se recomienda lavar con solución de HCl 1 + 1.

11. BIBLIOGRAFÍA

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. In: Lipps Wc, Braunt-Howland Eb, Baxter Te. Eds. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 24th Ed. Washington Dc: APHA PRESS;2023. Sección, SM 3500-AI B.

12. CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Resolución	Versión	Detalle
09/06/2016	300-03-10-23-0649	01	Aprobación inicial con código y nombre D-5.4-09: MÉTODO ANALÍTICO DE ALUMINIO: SM 3500-AI B.
05/10/2016	300-03-10-23-1303	02	Se actualiza el logo corporativo. Se especifica el control de calidad por cada lote. En las interferencias se especifica que para la corrección por fluoruros se realiza un análisis rápido de dicho anión con un kit SPAND preferiblemente HACH y se aplica la interpolación del aluminio analizado de la gráfica 1. Se cambia el uso del coeficiente de variación por el RPD.
15/08/2018	300-03-10-23-1436	03	Se ajustan los FUNDAMENTOS DEL MÉTODO, PRINCIPIO E INTERFERENCIAS, de acuerdo a lo señalado en la edición 23 del Standard Methods. Se incluyen los numerales: REACTIVOS, PREPARACIÓN DE REACTIVOS, PROCEDIMIENTO de acuerdo a lo señalado en la edición 23 de Standard Methods-2017. Se ajusta el SEGUIMIENTO Y CONTROL de acuerdo a lo establecido en la edición 23 de Standard Methods-2017.
19/11/2019	300-03-10-23-1429	04	Se adiciona dentro de la estructura del método la sección 2 – ALCANCE, así: "La determinación de aluminio mediante técnica espectrofotométrica de UV-Visible, de acuerdo a la experimentación base de la validación correspondiente, es aplicable para las matrices: Potable, Superficial y Residual (doméstica e industrial), en concentraciones a partir del MRL (definido experimentalmente) en adelante, teniendo en cuenta

			como rango de trabajo lineal concentraciones entre 0,04 mg/L y 0,5 mg/L". Se cambia la codificación del documento pasando de D-5.4-09 a D-7.2-09 de acuerdo a la nueva versión de la Norma – ISO/IEC 17025:2017.
06/10/2020	300-03-10-23-1125	05	Se elimina la condición de 4 meses para realizar nueva curva de calibración y se condiciona a cuando el analista lo considere necesario.
16/11/2021	300-03-10-23-2356	06	Se realiza ajuste a la corrección del blanco de la muestra, esto con el fin de identificar que solo es cuando la muestra presente interferencias por turbiedad y color, es decir este paso se omite para aguas potables. Corrección en la redacción para la acción correctiva del blanco del método.
26/05/2022	300-03-10-23-1320	07	Se reestructura el procedimiento de análisis del método de acuerdo a los establecido en la guía normalizada de Standard Methods.
24/11/2023	300-03-10-23-2554	08	Se actualiza el documento para la determinación de Aluminio de acuerdo con la metodología normalizada de Standard Methods 3500-Al B de 2022, edición 24.
09/07/2025	100-03-10-23-1338	09	Se corrigió el año de publicación de la versión vigente de Standard Methods (2023).

Última línea-----última línea-----última línea