

Congreso de Suelos Dispersivos y Sulfatados

Asunción, 24-25/10/19



Sociedad
Paraguaya
de Geotecnia



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



ENSAYOS QUÍMICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUELOS SULFATADOS

Carmen Carolina Escribá Sakoda

Ing. Química (FCQ-UNA). Magíster en Química Ambiental (FCQ-UNA)

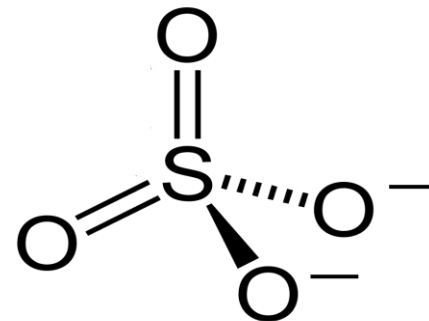
*INYMA CONSULT SRL
(Ingeniería y Medio Ambiente)*

labinyma@gmail.com

Cel: (0981)642555

¿Que es el sulfato?

El sulfato es un ion con carga negativa (anion) que se encuentra unido a algún catión formando sales.



¿Que son los suelos sulfatados?

Son los suelos que presentan concentraciones de sulfato tales que pueden ocasionar problemas en la estabilidad estructural de los suelos o de fundaciones de hormigón.

Solubilidad de sales de sulfato:

- Na_2SO_4 : 42,7 g/100 mL
- $MgSO_4$: 26,9 g/100 mL
- K_2SO_4 : 12 g/ 100 mL
- $CaSO_4$: 0,29 g/100 mL
- $(NH_4)_2SO_4$: 70,6 g/100 mL

Nivel de Riesgo asociado a la estabilización con cal en arcillas con sulfatos

Riesgo	Sulfato en el suelo Sulfato (SO ₄) expresado en ppm (mg/kg)	Sulfato en el suelo Sulfato (SO ₄) expresado en % sobre peso seco
Bajo Riesgo	menor a 3000 ppm	< 0,3 %
Moderado Riesgo	Entre 3000 a 5000 ppm	0,3 a 0,5%
Moderado a Alto Riesgo	Entre 5000 a 8000 ppm	0,5 a 0,8%
Alto a inaceptable Riesgo	Entre 8000 a 10000 ppm	0,8 a 1,0 %
Riesgo Inaceptable.	Mayor a 10000 ppm	> 1 %

Fundamentos de los ensayos químicos para la determinación de Sulfato

Turbidimétrico:

El ion sulfato reacciona con el cloruro de Bario en un medio con ácido acético formando pequeños cristales de tamaño uniforme de $BaSO_4$ que permanecen en suspensión. La luz absorbida por la suspensión del Sulfato de bario se mide en un espectrofotómetro y la concentración se determina por comparación con una curva de patrones de concentración conocida.

Ventajas:

- Es más rápido que el método gravimétrico
- Usa menos cantidad de reactivos
- Se requiere poco volumen de muestra.

Desventajas:

- Se requiere de un espectrofotómetro o turbidímetro para realizar las mediciones.
- Preparar una curva de calibración por cada lote de reactivos.

Gravimétrico:

Los iones sulfato presentes en la muestra de suelo se disuelven en agua y se separa la disolución del resto del suelo insoluble por filtración. Posteriormente se precipitan a pH entre 1 y 1,5 con una disolución de cloruro de bario en ebullición. Posteriormente se filtra, seca y calcina y se determina por pesada.

Ventajas:

- Es una técnica absoluta.

Desventajas:

- Se requiere mayor cantidad de muestra que el método turbidimétrico.
- Es una técnica de muchos pasos y mucho tiempo para que cristalice el sulfato de bario.
- Se requiere de equipos caros (mufla)

METODOS EMPLEADOS PARA CUANTIFICAR LA CONCENTRACIÓN DE SULFATO EN SUELOS

	ASTM C1580-15	VN-E18-89	UNE 83963:2008
Rango de trabajo (SO₄)/ suelo seco	0,02 a 3,33 % 200 a 33.300 ppm	200 a 20.000 ppm por Gravimetría 10 a 200 ppm sin dilución (turbidimetría) 200 a 40.000 ppm con dilución (turbidimetría)	80 a 10.000 ppm (0,08 a 1%)
Tamiz empleado	600 µm	425 µm	125 µm
Secado del suelo tamizado a 110°C	18 a 24 hs	2 hs	60°C hasta peso constante
Extracto (suelo: agua)	30 g : 250 mL (1 : 8,33) 3 g : 250 mL (1 : 83,3)	100 g : 500 mL (1 : 5)	50 g : 200 mL (1 : 4)
Tiempo de agitación del suelo: agua	1 hora y máximo 1 hora 12 minutos	5 minutos pero se deja en reposo 12 a 24 hs.	Adición de HCl 0,05 N y hervir 15 minutos, y dejar sedimentar 1 hora

	ASTM C1580-15	VN-E18-89	UNE 83963:2008
Forma de separación del extracto del suelo	Filtrar con papel de filtro (sin lavar el residuo)	Filtrar con papel de filtro cuantitativo sin cenizas	Filtración con papel de filtro de 4 a 6 micras sin cenizas para remover sustancias insolubles. Luego adicionar BaCl ₂ , hervir 20 min, reposar en baño maria por 12 – 24 hs a 60°C. Al día siguiente filtrar. Utilizar papel del filtro cuantitativo sin cenizas de 2 micras de porosidad
Forma de cuantificación	Turbidimétrico /Espectrofotométrico a 420 nm	Gravimetría / Turbidimétrico*	Secar el papel, quemar, calcinar a 950°C durante 15 min, enfriar en desecador y pesar.
Ventajas	Práctico, más rápido de obtener el extracto. Más flexible para altas concentraciones de Sulfato en el suelo.	Práctico, y rápido se se realiza la cuantificación del sulfato por el método turbidimétrico	-
Desventajas	Requiere secar el suelo 16 a 24 hs antes de preparar el extracto suelo agua.	En casos de suelos con altas concentraciones de sales, es probable que no se disuelvan todas las sales en el extracto 1:5 y se requiera realizar otro ensayo con método ASTM.	Procedimiento largo, requiere una molienda muy fina del suelo. Requiere mucho cuidado para no perder el BaSO ₄ durante las operaciones de filtración.

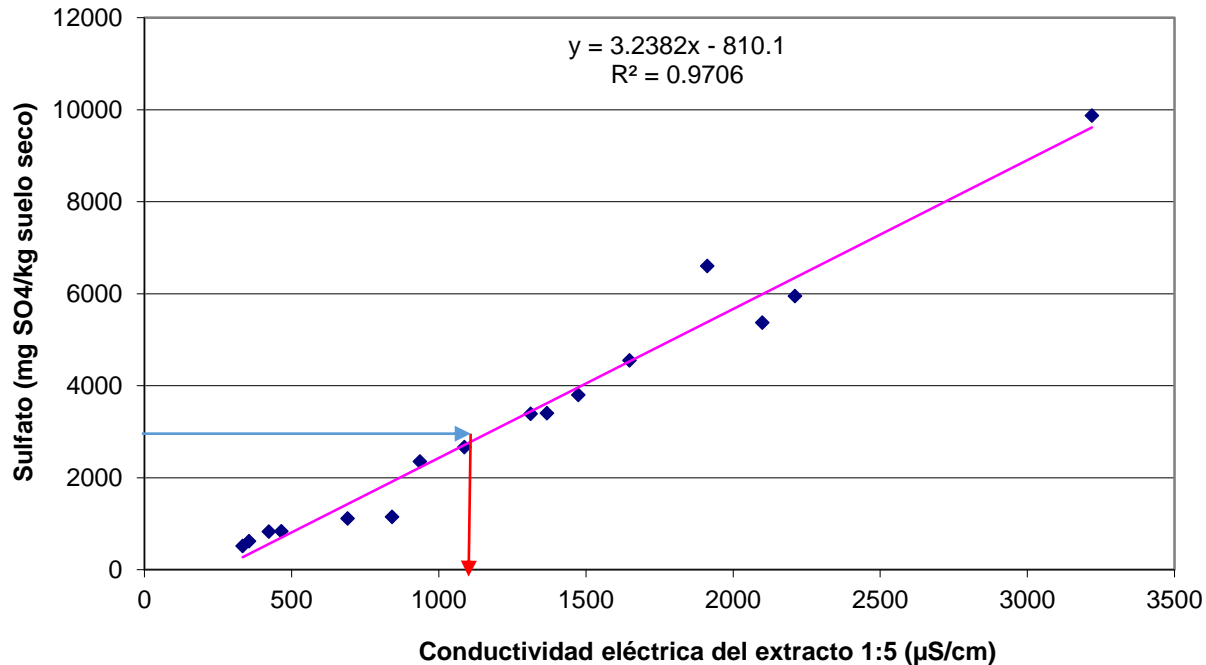
Extracto 1:5 de suelos con bajos contenidos de sulfato menor a 300 ppm



Extracto 1:5 de suelos con niveles de sulfato mayores a 300 ppm



Relación entre la Conductividad eléctrica del extracto (1:5) y la concentración de sulfato en el suelo seco



$n = 16$ suelos

Departamento: Boquerón

CE >1200 μS/cm = SO₄ > 3000 ppm.

AGRESIVIDAD DEL SULFATO DEL SUELO AL HORMIGÓN

PARAMETROS	AGRESIVIDAD DEBIL	AGRESIVIDAD MEDIA	AGRESIVIDAD FUERTE
Acidez Baumann-Gully	> 200		
Concentración de Sulfato (SO ₄)	2000 a 6000 ppm	6000 a 12000 ppm	> 12000 ppm

Fuente: Anejo 5 – EHE 08. Instrucción de Hormigón Estructural. España

AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN

Parámetros	Unidad	DEBIL	MEDIA	FUERTE
pH	-	6,5 a 5,5	5,5 a 4,5	< 4,5
Magnesio (Mg)	mg/L	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Amonio (NH ₄)	mg/L	15 - 30	30 - 60	> 60
Sulfato (SO ₄)	mg/L	200 -600	600 - 3000	> 3000
CO ₂	mg/L	15 - 40	40 - 100	> 100
Residuo seco	mg/L	> 150	150 - 50	< 50

Fuente: Anejo 5 – EHE 08. Instrucción de Hormigón Estructural. España

Recomendaciones para el envío de muestras de suelo al laboratorio

- Tomar 1 kg de suelo y guardarlo en una bolsa herméticamente cerrada.
- Identificar la bolsa con marcador permanente.
- Los datos de la muestra necesarios son: progresiva, lado, profundidad, fecha y hora de muestreo, obra, etc.
- Remitir al laboratorio una lista de las muestras remitidas con sus datos y con información del remitente, teléfono, listado de ensayos solicitados, etc.

Recomendaciones para el envío de muestras de agua al laboratorio

- Tomar 2 litros de agua en envase plástico limpio, llenar el contenido de la botella sin dejar espacio de aire.
- Identificar con los datos necesarios tales como: procedencia del agua (pozo, sondeo, arroyo, río, tajamar, etc), fecha y hora de muestreo, profundidad, ciudad, ubicación con GPS, etc.
- Remitir al laboratorio una lista de las muestras remitidas con sus datos y con información del remitente, teléfono, listado de ensayos solicitados, etc.
- Las muestras de agua deberían llegar al laboratorio dentro de 24 hs del muestreo. Consultar los tiempos de demora en función del ensayo que se solicita.

Muchas gracias por su atención