



Balance Ionico

Validación de calidad de datos para metales y aniones en aguas

Por Yanira Sorbazo e Fabiana Imagawa
Traducido y adaptado de EnviroMail 36 Canadá



Imagen 1. Captación de agua - Tratamiento

¿Qué es el Balance de Iones?

Una propiedad inherente de todas las aguas naturales es que son eléctricamente neutras. Los laboratorios de análisis y sus clientes pueden utilizar esta propiedad como una poderosa medida de aseguramiento de la calidad y herramienta de validación cuando los resultados de las pruebas están disponibles para todos los principales cationes y aniones disueltos comúnmente encontrados en las aguas naturales.

¿Cómo se Calcula el Balance de Iones?

Para medir el Balance de Iones, se compara la carga positiva total con la carga negativa total de todas las

sustancias iónicas principales medidas en una muestra de agua, entendiendo que, de hecho, debe existir un equilibrio de carga. Para comparar las cargas aniónicas y catiónicas, las concentraciones medidas de los iones se convierten primero a miliequivalentes por litro (meq/L) dividiendo las concentraciones medidas en mg/L por la masa molar equivalente de cada ion (masa molar dividida por la carga iónica de la especie más común). Se asume que el hierro y el manganeso tienen una carga de +2, ya que las especies ferrosas y manganosas de estos elementos son las formas solubles en agua primarias.

Las concentraciones de iones con carga positiva se suman para obtener una Suma de Cationes, y los iones con carga

negativa se suman para obtener una Suma de Aniones. El calcio, el magnesio, el sodio y el potasio son normalmente los cationes principales en la mayoría de las aguas (además del pH para muestras ácidas). La Alcalinidad Total (como CaCO₃), el sulfato y el cloruro representan los principales aniones en la mayoría de las aguas. La Alcalinidad Total es una prueba de titulación e incluye Bicarbonato (HCO₃⁻), Carbonato (CO₃²⁻), Hidróxido (OH⁻) y radicales de ácidos débiles como el Silicato, Fosfato y Borato (Friedman, 1982).

Expresión del Balance de Iones: Dos Convenciones

La convención estándar de la industria (basada en el Método APHA 1030) es

expresar el Balance de Iones como Balance de Cationes – Aniones (como se muestra en la Tabla 1).

Para aguas potables, los resultados de las pruebas de aniones y cationes se consideran generalmente equilibrados si el Balance de Cationes – Aniones está entre -5% y +5%, pero este rango no es apropiado para tipos de muestras más complejas o a niveles traza. Para aguas ambientales generales, incluidas aguas subterráneas, aguas residuales, efluentes y aguas superficiales, se puede utilizar criterios de -20% a +20% para el rango esperado de Balance de Cationes – Aniones, y las muestras fuera de este rango se investigan en busca de posibles problemas de calidad de datos o sesgo en pruebas individuales.

Para aguas potables, los resultados de las pruebas de aniones y cationes se consideran generalmente equilibrados si el Balance de Cationes – Aniones está entre -5% y +5%, pero este rango no es apropiado para tipos de muestras más complejas o a niveles traza. Para aguas ambientales generales, incluidas aguas subterráneas, aguas residuales, efluentes y aguas superficiales, se puede utilizar criterios de -20% a +20% para el rango esperado de Balance de Cationes – Aniones, y las muestras fuera de este rango se investigan en busca de posibles problemas de calidad de datos o sesgo en pruebas individuales.

Causas de Desequilibrio Aparente en Aguas

Las principales razones para evaluar el Balance de Iones son validar la calidad de los resultados de las pruebas para aniones y cationes en aguas (para identificar posibles anomalías de muestreo o de pruebas de laboratorio) y reconocer donde pueden estar presentes analitos no probados que contribuyan significativamente a la composición iónica. Los laboratorios utilizan evaluaciones del Balance de

Primary Cation Sum Components	Primary Anion Sum Components
Calcium	Total Alkalinity
Magnesium	Sulfate
Sodium	Chloride
Potassium	
pH (H ⁺)	
Optional Cations	Optional Anions
Ammonium	Fluoride
Aluminum	Nitrate
Copper	Nitrite
Iron	
Manganese	
Zinc	

Tabla 1. Ensaio para metais - Colorimétrico.

iones para marcar resultados de pruebas para revisiones de calidad adicionales o confirmaciones, lo que puede ayudar a identificar problemas raros como mezclas de muestras o errores de etiquetado (ya sea de muestreo de campo o errores de laboratorio), o errores de dilución o cálculo. Los usuarios finales de los resultados de pruebas de laboratorio también pueden utilizar el Balance de Iones para identificar si se necesitan pruebas adicionales para sustancias iónicas importantes en muestras donde se podrían haber omitido pruebas.

Una idea errónea común es que las medidas del Balance de Iones fuera del rango esperado o ideal son inaceptables porque indican errores de laboratorio.

Esta es una expectativa completamente falsa; hay muchas razones legítimas para el desequilibrio en las concentraciones iónicas medidas, muchas de las cuales no pueden abordarse (excepto a veces mediante un nuevo muestreo o pruebas adicionales), como se explica a continuación:

- **Aniones o Cationes No Medidos.** Una causa común de desequilibrio aparente es la presencia de constituyentes iónicos no medidos (o no considerados). Solo se consideran los aniones y cationes más comunes en los cálculos del Balance de Iones. Concentraciones significativas de otros iones no medidos o no considerados causarán



Imagen 2. Ensaio para metais - Colorimétrico



Imagen 3. Muestreo de aguas superficiales

un desequilibrio aparente. Para obtener los mejores resultados, se recomienda el análisis de todos los aniones y cationes principales y opcionales listados en la Tabla 1, pero en algunas muestras, otros iones también pueden estar presentes en niveles significativos, como el Litio o el Estroncio, comunes en aguas subterráneas en algunas partes del mundo.

- **Filtración Demorada y/o Cambios en la Muestra con el Tiempo.** Las muestras de agua para metales disueltos (cationes principales) deben filtrarse en campo y preservarse con ácido (en campo o laboratorio) para asegurar que los resultados de las pruebas de cationes representen las condiciones en el momento del muestreo. Si no se realiza la filtración en campo, las concentraciones de metales pueden tener un sesgo bajo y las medidas del Balance de Iones son poco fiables, especialmente para aguas anóxicas, donde el hierro y el manganeso disueltos tienden a precipitar como hidróxidos después de la exposición al aire. Los aniones se prueban lo más rápido posible en muestras no preservadas, pero

en algunas muestras (por ejemplo, aguas anóxicas), las concentraciones pueden seguir cambiando entre el muestreo y el análisis. Si las muestras cambian con el tiempo, las mediciones más tempranas son normalmente las más válidas.

- **Sólidos Suspendedos / Turbidez.** Niveles altos de Sólidos Suspendedos Totales (TSS) o turbidez en aguas frecuentemente causan desequilibrio aparente. Una causa común de desequilibrio es cuando los sólidos suspendidos contribuyen a la Alcalinidad por titulación (aumentando la Suma de Aniones) pero no contribuyen a las mediciones de cationes disueltos.
- **Alto TOC/DOC.** Las muestras con niveles altos de Carbono Orgánico Total o Disuelto pueden contener aniones orgánicos (por ejemplo, Ácidos Fúlvicos) que no se incluyen en las evaluaciones del Balance de Iones.
- **Uso de Metales Totales en Lugar de Metales Disueltos.** El Balance de Iones está destinado a evaluar solo sustancias disueltas, sin embargo, algunos clientes de ALS solicitan que el Balance de Iones se calcule

utilizando resultados de Metales Totales, especialmente para aguas potables, donde los resultados de Metales Disueltos pueden no estar disponibles. Las medidas del Balance de Iones que utilizan los resultados de metales totales son útiles para aguas potables prístinas, pero las sumas de cationes pueden tener un sesgo alto para muestras con turbidez o sólidos suspendidos.

- **Diferencias en el muestreo de campo.** Las muestras para cationes mayores (metales) y aniones se prueban a partir de frascos de muestra independientes. Las diferencias en la recolección de estas muestras pueden ser significativas y pueden afectar y confundir directamente las medidas de balance iónico.
- **Muestras con baja fuerza iónica.** Las muestras con baja fuerza iónica pueden tener resultados de prueba cercanos o por debajo de los límites de detección para algunos metales o aniones, lo que aumenta la incertidumbre del balance iónico cuando se mide como un porcentaje. Cuando la suma de cationes o la suma de aniones es < 2 meq/L, ALS recomienda que su diferencia absoluta sea menor a 0.4 meq/L para aguas ambientales generales, o menor a 0.2 meq/L para aguas potables (a menos que estén influenciadas por otros factores destacados anteriormente).

Revisión de resultados de prueba con desequilibrio

El balance iónico es una herramienta poderosa para validar los resultados de las pruebas iónicas o para identificar posibles problemas de calidad de datos. Cuando el balance iónico cae fuera de los límites normales, ALS investiga los resultados de las pruebas asociadas, lo que puede incluir revisiones de datos



en bruto y cálculos, inspecciones físicas de muestras y reanálisis cuando sea posible. Si no se encuentran errores o anomalías, los resultados de balance iónico fuera de los límites normales se califican para asegurar que los resultados de las pruebas asociadas han sido completamente investigados. Conductividad eléctrica (CE) los resultados de CE pueden ayudar a identificar si el desequilibrio aparente es más probable debido a sesgos o errores en las mediciones de cationes o aniones. Divida los resultados de Conductividad (como $\mu\text{S}/\text{cm}$) por 100 para obtener estimaciones de la suma de cationes y la suma de aniones en meq/L a partir de la CE. La CE es una medida directa de la fuerza iónica (en el momento de la prueba) y se ve menos afectada que otras pruebas por factores como TSS, turbidez o efectos de la matriz de la muestra.

Debido a las muchas razones válidas para el desequilibrio aparente, el laboratorio no puede garantizar que las medidas de balance iónico siempre caerán dentro de un rango predefinido. Para muestras de agua complejas donde es probable que existan cualquiera de las causas de desequilibrio mencionadas anteriormente, el laboratorio no puede realizar reanálisis de muestras con el único propósito de mejorar las medidas de balance iónico, ya que esta práctica a menudo disminuye la calidad y validez de las pruebas iniciales. Los resultados de las pruebas originales que pasaron todos los controles de calidad asociados solo pueden revisarse con evidencia defendible de que los resultados de reanálisis son más precisos que los originales.

Solicitud de balance iónico en informes de ALS

Para agregar cálculos de balance iónico a los informes de pruebas contacte el departamento de atención al cliente, y solicite el servicio de cálculo, que requiere análisis de metales disueltos, alcalinidad, pH y aniones. Para obtener los mejores resultados, ALS recomienda probar todos los iones primarios y opcionales mostrados en la Tabla 1; Póngase en contacto con su Gerente de Proyecto de ALS para más información.

Referências e Imagens

1. APHA Standard Methods 1030E, Checking Correctness of Analyses, Standard Methods for the Examination of Wastewater, APHA/AWWA/WEF, July 2021.
2. Friedman, Linda C., Quality Assurance Practices for the Chemical and Biological Analyses of Water and Fluvial Sediments (Techniques of Water-Resources Investigations of the Unites States Geological Survey, book 5, Laboratory Analysis, chapter A6), 1982.

Análisis ambientales ALS en Latinoamérica

ARGENTINA Buenos Aires

Casella Piñero 354, Avellaneda
+54 11 4265 2000

BRASIL São Paulo

Rua Galatéia, 1824, Carandirú
+54 11 4082 4300

CHILE Santiago

Av. Hermanos Carrera Pinto 159, Colina
+56 22 654 6106

COLÔMBIA Barranquilla

Carrera 41, Calle 73B N° 72
+57 31 7515 3270

EQUADOR Quito

De los Eucaliptos E 3-23 y Los Cipreses
+593 22 80 88 77

MÉXICO Monterrey

Loma de los Pinos 5505-D
Col. La Estanzuela Vieja
+52 81 8317 9150

PERU Lima

Avenida Guillermo Dansey 1801
Cercado de Lima
+51 488 9500

REPÚBLICA DOMINICANA Santo Domingo

Av. Isabel Aguiar corner Calle I
Zona Industrial de Herrera
Santo Domingo Oeste
+1 809 638-9447

Para obtener más información sobre estos y otros diversos parámetros analizados en nuestras unidades ambientales, comuníquese con Fabiana Imagawa - Gerente Técnica de ALS Ambiental para América Latina.

✉ fabiana.imagawa@alsglobal.com

ALS ofrece una amplia gama de servicios de pruebas especializados que cubren cada etapa del ciclo de vida de su proyecto. Visita alsglobal.com para más información sobre nuestros servicios y especialidades.

ALS right solutions. right partner. © Copyright 2024 ALS Limited. All rights reserved.

alsglobal.com