1. OBJETIVO

Establecer la metodología para la determinación de dureza cálcica y de magnesio en agua, por el método tritrimétrico SM 3500-Ca y 3500 Mg respectivamente.

2. ALCANCE

Este método es aplicable a agua potable, agua superficial y agua residual doméstica e industrial. Esta técnica se aplica en el Laboratorio de Calidad Ambiental para el recurso hídrico superficial; los rangos de aplicación son:

Concentración de Ca = 1.0 a 6000 mgCa/L.
Concentración de Mg = 1.0 a 6000 mgMg/L.
Los siguientes son los resultados obtenidos en la validación del método:

Tabla 1. DATOS VALIDACIÓN DETERMINACIÓN DE Ca

ATRIBUTOS	VALOR	UNIDADES	OBSERVACION
LIMITE DE DETECCION	1.0	mg Ca/L	Corresponde a límite de cuantificación
PRECISION EN TÉRMINOS DE %CV	2.22	%	Std. 1.0 mg Ca/L
	0.23	%	Std. 100 mg Ca/L
EXACTITUD EXPRESADO COMO % DE ERROR RELATIVO	-0.30	%	Std. 1.0 mg Ca/L
	-0.39	%	Std. 100 mg Ca/L
	-2.58	%	Muestra certificada 7.04 mg Ca/L
RANGO DE TRABAJO (Lectura Directa)	1.0 - 600	mg Ca/L	Sin dilución de la muestra
INTERVALO DE APLICACIÓN DEL METODO	601 - 6000	mg Ca/L	Para una dilución de 10 veces
RECUPERACION EXPRESADO COMO %	87.5	%	Adición de 0.4 mg Ca/L
	103.6	%	Adición de 8.0 mg Ca/L

Tabla 2. DATOS VALIDACIÓN DETERMINACIÓN DE Mg

ATRIBUTOS	VALOR	UNIDADES	OBSERVACION
LIMITE DE DETECCION	1.0	Mg Mg/L	Corresponde a límite de cuantificación
PRECISION EN TÉRMINOS DE %CV	2.44	%	Std. 1.0 mg Mg/L
	0.30	%	Std. 100 mg Mg/L
EXACTITUD EXPRESADO COMO % DE ERROR RELATIVO	2.56	%	Std. 0.61 mg Mg/L
	-1.88	%	Std. 60.8 mg Mg/L
	1.54	%	Muestra certificada 2.44 mg Mg/L
RANGO DE TRABAJO (Lectura Directa)	1.0 – 600	mg Mg/L	Sin dilución de la muestra
INTERVALO DE APLICACIÓN DEL METODO	601 – 6000	mg Mg/L	Para una dilución de 10 veces
RECUPERACION EXPRESADO COMO %	90.8	%	Adición de 1.22 mg Mg/L
	85.3	%	Adición de 4.86 mg Mg/L

3. DEFINICIONES

- **SM:** Estándar método.
- **IDL:** Nivel de detección del instrumento
- **MDL:** Nivel de detección del método.
- **MQL:** Nivel mínimo cuantificable
- **QCS:** Muestra externa de concentración desconocida. (interlaboratorios)
- **Blanco de reactivos (MB):** Agua Tipo II que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos solventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra.
- **Blanco fortificado (LFB):** es una muestra de agua de reactivo a la que se ha añadido una concentración conocida del analito de interés. Se utiliza para evaluar el desempeño de laboratorio, y la recuperación del analito en una matriz en blanco. (El LFB son los estándares de control de la técnica).
- **Duplicados:** cuando corresponda, aleatoriamente seleccionar muestras de rutina para ser analizadas dos veces. Preparar independientemente y analizar muestras duplicadas. Incluir al menos un duplicado para cada tipo de matriz diaria o con cada lote de 20 o menos muestras. Tener en cuenta los límites de control para los duplicados según el documento lineamientos de control de calidad analítica
- **LFM:** Matriz fortificada. Es una porción adicional de una muestra a la que se añade una cantidad conocida del analito de interés. Se utiliza para evaluar la recuperación del analito en una matriz de la muestra. (DEFINIR EN COMITÉ DE CALIDAD).
- **LSA:** Límite superior de alarma.

- **LSC:** Límite superior de control.
- **LIA:** Límite inferior de alarma.
- **LIC:** Límite inferior de control.
- **s:** Desviación estándar.
- **EPP:** Elementos de Protección Personal
- **CV %:** Coeficiente de variación o desviación estándar relativa, expresada en porcentaje.

4. ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Antes de iniciar el análisis químico, revisar el Manual de Higiene, Salud Ocupacional y Seguridad en el Laboratorio, y las hojas de Seguridad que reposan en las AZ del mueble Ubicadas a la entrada; en el área de recepción de muestras.
Utilizar los implementos de seguridad, en la preparación de reactivos. En esta técnica son: bata, pantalón, zapatos antideslizantes, gafas de seguridad, máscara con filtro para vapores ácidos y guantes de nitrilo.
Los residuos producto del análisis de la determinación, se tratan de acuerdo al documento disposición de muestras y residuos de análisis.

5. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

Antes de operar los equipos verificar que se encuentran en óptimas condiciones siguiendo los instructivos de manejo de equipos y realizando las verificaciones indicadas al respecto como lo indica el instructivo de cada equipo. Diligencie el formato de control diario de manejo del equipo.

5.1. MATERIALES

- Micro-espátula metálica.
- Erlemeyer de 125 mL
- Balones aforados de 1L Clase A.
- Balones aforados de 100 mL, 200 mL. Clase A o Clase B.
- Pipetas graduadas de 5 mL, Clase B.
- Pipetas aforadas de 25 mL,3mL, 15 mL.
- Probetas 50 mL.
- Barra recubierta de TFE y agitadores magnéticos.
- Pipeta pasteur.
- Papel indicador

5.2. EQUIPOS

- Balanza analítica de cuatro cifras decimales.
- Electrodo pH.
- Bureta digital, con aproximación de 0.002 mL.

- Agitador magnético
- Plancha de calentamiento.

5.3. REACTIVOS

- Agua ultra pura (UP).
- Hidróxido de sodio: NaOH, 1N: Pesar 40g de NaOH en lentejas. Disolver el NaOH en 800 mL de agua ultra pura. Agitar vigorosamente. (Utilizar la cabina de extracción. Tener cuidado con los vapores). Dejar enfriar y llevar a volumen en un balón aforado de 1000 mL.
- Indicador Murexida (purpurato de amonio): Una mezcla molida de 200 mg del polvo coloreante (murexida) con 100 g de NaCl sólido, resulta una forma estable del indicador, tritúrese la mezcla y pasar por malla de hasta 40 a 50. La muestra se debe titúlar inmediatamente luego de añadir el indicador ya que éste es inestable en condiciones alcalinas.
- Titulante EDTA 0,01 M: pese 3,723 g de etilendiaminotetracetato disódico dihidrato, grado de reactivo analítico, también llamado sal disódica del ácido tetraacético (EDTA). Y disolverlo en agua destilada hasta 1000 mL. Estandarizar contra la solución estándar de calcio. El titulante extrae cationes productores de dureza de los recipientes de vidrio blando, por lo que debe conservarse en frascos de polietileno (preferible) o de vidrio borosilicato.
- Solución de calcio estándar (1000 mg CaCO3 /L): pesa 1.000 g de $CaCO_3$ anhidro polvo (estándar primario o reactivo especial bajo en metales pesados, álcalis y magnesio) vierta en un erlenmeyer de 500 ml. Coloque un embudo en el cuello del Erlenmeyer y agregué poco a poco HCl 1:1 hasta que todo CaCO3se disuelva. Agregar 200 ml de agua destilada, hervir durante unos minutos para expulsar CO2. Enfriar, agregar unas gotas de indicador rojo de metilo y ajustar al color naranja intermedio añadiendo NH_4OH_3N o 1:1 HCl, según sea necesario. Transfiera cuantitativamente y diluya a 1000 ml con agua destilada. 1 ml= 1,00 mg de $CaCO_3$.
- Solución patrón Ca y Mg (concentración 2030 mg $CaCO_3$/L como Dureza total, 400 mg Ca/L y 250 mg Mg/L): Diluya 400 mL de Solución Estándar Trazable de Ca de 1000 mg/L y 250 mL de Solución Estándar Trazable de Mg de 1000 mg/L y aforar a un Litro.

5.3.1. PREPARACIÓN ESTÁNDARES DE CONTROL

Los estándares de control se preparan a partir de la Solución patrón de concentración 2030 mg $CaCO_3$/L como Dureza total, 400 mg Ca/L y 250 mg Mg/L. Como se muestra en la Tabla 1. PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES DE CONTROL Ca y Mg.

Tabla 3. PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES DE CONTROL Ca Y Mg

CONCENTRACIÓN ESTANDAR (mg /L)		Vol. ALICUOTA Sln PARTIDA (mL) Solución patrón Ca y Mg	VOLUMEN FINAL (mL)
Ca	Mg		
10	6.0	5.0	200
100	60	25	100

VALORACION: Tome 5 mL de la solución estándar de calcio 0.01 M, adicione agua hasta aproximadamente 50 mL y proceda como en las muestras, el volumen obtenido permite calcular la molaridad del EDTA.

6. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

En las condiciones de este ensayo, las siguientes concentraciones de iones no son origen de interferencia cuando se determina dureza cálcica: Cu2+ 2 mg/L, Fe2+ 20 mg/L, Fe3+ 20 mg/L, Mn2+ 10 mg/L, Zn2+ 5 mg/L, Pb2+ 5 mg/L, Al3+ 5 mg/L y Sn4+ 5 mg/L.
El ortofosfato precipita el calcio en el pH de la prueba. El estroncio y el bario dan interferencia positiva, y una alcalinidad superior a 300 mg/L puede ser la causa de un punto final indistinguible en las aguas duras, en este caso tomar alícuota menor para la determinación.

Las materias orgánicas coloidales o en suspensión también pueden interferir en el punto final de la titulación con EDTA. Elimine esta interferencia mediante digestión de 50 mL de la muestra con 2 mL HNO3 casi hasta sequedad, filtre y lleve a volumen con agua ultra pura. En muestras con matriz compleja (alto contenido de sólidos, color alto, etc) evapore la muestra por secado en baño de vapor y calentamiento en horno de mufla a 550°C hasta que se produzca la oxidación completa de la materia orgánica; diluya el residuo en 20 mL de HCl 1N, neutralice a pH 7 con NaOH 1N y complete hasta 50 mL con agua destilada, enfríe a temperatura ambiente y continúe con el procedimiento general

Realizar la titulación a la temperatura ambiente. El cambio de color se hace demasiado lento a medida que la muestra se acerca a la temperatura de congelación.

La descomposición del indicador llega a constituir un problema cuando se emplea agua caliente.
La realización de la titulación en un tiempo de cinco minutos, reduce al mínimo la tendencia a precipitar del CaCO3.

7. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

La bureta digital se enciende y el sistema se debe purgar con el mismo titulante, dos a tres veces se hasta verificar que en el sistema no se presenten burbujas que puedan alterar el resultado por valores falsos del titulante.

Para los controles analíticos es importante tener en cuenta:

- **Se deben medir con cada lote de 20 o menos muestras.**
- Utilizar el material de vidrio al cual se le ha realizo el control de calidad.
- Leer los estándares de control establecidos para el método (50 y 500 mg **mg** $CaCO_3$/L). Verifique los estándares de control, si el resultado analítico cae fuera de los límites de control normales, deben revisarse los estándares de calibración, los reactivos y material de vidrio. El análisis solo se puede reanudar cuando se corrija el problema.
- Efectuar el análisis dentro del tiempo estipulado, asegurando la confiabilidad del resultado.
- Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos a la hora de reportar los resultados:
  - Se debe medir un blanco. Si el blanco de reactivo es mayor al nivel mínimo cuantificable (MQL), los resultados se deben manejar con respecto al blanco:

- Si el blanco de reactivo es menor que el nivel de detección del método (MDL) y los resultados de las muestras son mayores que el nivel mínimo cuantificable (MQL), no se debe tomar ningún correctivo.
- Si el blanco de reactivo es mayor que el nivel de detección del método (MDL), pero menor que el nivel mínimo cuantificable (MQL), y los resultados de las muestras son mayores que el nivel mínimo cuantificable (MQL), los resultados deben ser revisados e indicar que el analito se detectó en el blanco de reactivo.
- Si el blanco de reactivo es mayor que el nivel mínimo cuantificable (MQL), se requiere acciones correctivas, como volver a analizar el lote de la muestra.

- Se debe medir un blanco fortificado (LFB) por cada lote de 20 o menos muestras.
- Se debe medir una matriz fortificada (LFM) por cada lote de 20 o menos muestras.
- Verifique los estándares de control, si el resultado analítico cae fuera de los límites de control normales, deben revisarse los estándares de calibración, los reactivos y material de vidrio. El análisis solo se puede reanudar cuando se corrija el problema.
- Es necesario leer un duplicado de matriz.
- Dos veces al año leer muestras externas de concentración desconocida.
- Los resultados deben ser reportados en el formato correspondiente a captura de datos de volumetría, y debe ser entregado al líder del grupo de análisis fisicoquímicos.
- Las concentraciones de la matriz fortificado a se establecen en el instructivo de calidad analítica.

Calcular el porcentaje de recuperación y diferencia porcentual relativa ya determinados para cada concentración. Asegúrese que los criterios de desempeño del método sean satisfactorios.

8. DESARROLLO

8.1. PRINCIPIO DEL MÉTODO

El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al adicionarlo a las soluciones de algunos cationes metálicos. Cuando se adiciona a una muestra de agua, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) o su sal, los iones de Calcio y Magnesio que contiene el agua se combinan con el EDTA. Se puede determinar calcio en forma directa, adicionando NaOH para elevar el pH de la muestra entre 12 y 13 unidades, para que el magnesio precipite como hidróxido y no interfiera, se usa además, un indicador que se combine solamente con el calcio (muréxida). Al adicionar el indicador se forma un complejo de color rosa con el ion calcio y se procede a titular con solución de EDTA hasta la aparición de un complejo color púrpura.

El magnesio (Mg) es el segundo elemento en el Grupo IIA de la tabla periódica; tiene un número atómico de 12, un atómico peso de 24.30, y una valencia de 2. La abundancia promedio de Mg en la corteza terrestre es 2.1%; en suelos es de 0.03 a 0.84%; en las corrientes es de 4 mg / L, y en las aguas subterráneas es de 5mg/L. El magnesio está presente comúnmente en los minerales magnesita y dolomita. El magnesio se usa en aleaciones, pirotecnia, flash fotografía, desecantes, refractarios, fertilizantes, productos farmacéuticos, y alimentos.
La especie acuosa común es Mg +2. Las reacciones de equilibrio del carbonato con el magnesio son más complicadas que para el calcio y las condiciones para la precipitación directa de la dolomita en aguas naturales no es común. Contribuyentes importantes a la dureza de un agua, como las sales de magnesio se rompen

cuando se calientan, formando escamas en las calderas.
Existen tratamientos como el ablandamiento químico, la ósmosis inversa o el intercambio de iones reduce el magnesio y la dureza asociada a niveles aceptables.
El magnesio es un elemento esencial en la clorofila y en el color rojo de las células de sangre. Algunas sales de magnesio son tóxicas por ingestión o inhalación. Concentraciones mayores a 125 mg / L también pueden tener un efecto catártico y diurético.

8.2. TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Para la determinación de calcio las muestras deben guardarse en recipientes de plástico (polietileno o equivalentes) ó de vidrio, debidamente lavados y enjuagados con HNO_3 1:1 y secado en estufa. El volumen mínimo de recolección para este tipo de muestras debe ser de 500 mL. El tipo de muestra puede ser simple (o puntual), o compuesta.

La preservación de la muestra se hace agregando HNO3 hasta un pH<2. Está preservación debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Para muestras compuestas, cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección.

Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. El almacenamiento máximo recomendado para estas muestras es de 6 meses. Mantenga la muestra refrigerada a 4°C.

En el momento del análisis se debe dejar llevar la muestra hasta temperatura ambiente

8.3. LIMPIEZA DE VIDRIERÍA Y MATERIAL DE CAMPO

Utilice únicamente el material de vidrio aprobado en el control de calidad, para el lavado de material de vidrio se debe seguir el Instructivo para el lavado de material.

8.4. EJECUCIÓN DE LA TÉCNICA

8.4.1. ACONDICIONAMIENTO DEL EQUIPO

Prenda la bureta digital la cual debe tener la botella con solución de EDTA 0.01 M, realice varias recirculaciones y verifique que el embolo quede sin burbujas. Entre muestras borre la lectura con la tecla clear y llene el embolo con la tecla fill. Como se indica en el instructivo de equipo de la bureta digital.

8.4.2. LECTURA DE LA MUESTRA

Las muestras de aguas contaminadas y aguas residuales, se les realiza un pretratamiento con el uso de ácido nítrico-ácido sulfúrico o ácido nítrico-digestión con ácido perclórico.
Debido al alto pH utilizado en este procedimiento, las muestras se deben valorar inmediatamente después de agregar la soda e indicador.

- Titulación de la muestra:
- Seleccione un volumen de muestra que requiera menos de 15 mL y más de 2 mL de reactivo EDTA. Tome

hasta 50 mL de alicuota o una porción menor diluida hasta 50 mL. Se debe tener en cuenta el contenido aproximado de Ca y alcalinidad:

- Contenido de Ca entre 5 a 10 mg, tomar volúmenes menores de 50 mL.
- Aguas duras con alcalinidad superior a 300 mg de $CaCO_3$/L tomar una menor porción y diluir a 50 ml. Alternativamente, ajuste el pH de la muestra a pH 6, hierva durante 1 minuto para disipar el CO_2, y enfriar antes de comenzar la titulación.

- Adicione 2 mL de solución de NaOH 1N o un volumen suficiente para producir un pH de 12 a 13.
- Agitar. Agregue 0.1 a 0.2 g de mezcla de indicador Murexida. Se presenta un color sosa palido.
- Agregue EDTA titrante lentamente, con agitación continua hasta el punto final apropiado, el color del punto final es un violeta claro.
- Cuando usas murexide, verifique el punto final agregando de 1 a 2 gotas de valorante en exceso para asegurarse de que no se produzca más cambio de color.
- Se recomienda utilizar luz natural o una lámpara fluorescente de luz día.
- Registre el volumen gastado para la titulación que aparece en el display de la bureta digital en el formato de volumetría, diligenciar todos los datos para cada muestra. Registre el resultado con tres cifras significativas.
- El magnesio se puede estimar como la diferencia entre la dureza Total y Dureza de calcio como $CaCO_3$.

8.5. FORMATOS

- Formato para la captura de datos de volumetría
- Formato de control diario de manejo del equipo.
- Formato carta control

8.6. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

- Para la valoración del EDTA:

$$[M_{EDTA}] = \frac{V_{CaCO3} \times M_{CaCO3}}{V_{EDTA}}$$

Donde:
MEDTA = Molaridad de EDTA, mol/L.
VEDTA = Volumen de titulante (EDTA), mL.
$MCaCO_3$ = Molaridad del $CaCO_3$, (0.01 mol/L).
$VCaCO_3$ = Alícuota de $CaCO_3$ usado, (5 mL).

- Para calcular la Dureza Total:

$$[\text{Dureza}(\text{EDTA})\ \text{mg}\,CaCO_3/L] = \frac{A \times B \times 1000}{\text{mL MUESTRA}}$$

A= mL de titulante por muestras
B= mg $CaCO_3$ equivalentes a 1,00 mL de EDTA titulante .

- Para la valoración de concentración de Calcio:

$$[\text{mg Ca/L}] = \frac{A \times B \times 400.8}{\text{mL MUESTRA}}$$

A= mL de titulante por muestras
B= mg CaCO3 equivalentes a 1,00 mL de EDTA titulado en el punto final del indicador de calcio.

- Para la valoración de Dureza de Calcio:

$$[\text{Dureza de Ca, mg CaCO3/L}] = \frac{A \times B \times 1000}{\text{mL MUESTRA}}$$

A= mL de titulante por muestras
B= mg $CaCO_3$ equivalentes a 1,00 mL de EDTA titulado en el punto final del indicador de calcio.

- Para calcular concentración de Magnesio:

$$[\text{mg Mg/L}] = [\text{Dureza Total}(\text{mg CaCO3/L}) - \text{Dureza Ca, CaCO3}]/L * 0.243$$

- Para calcular Dureza de Magnesio:

$$\text{Dureza de Mg, mg CaCO3/L} = \text{Dureza total, mg CaCO3/L} - \text{Dureza de Ca, mg CaCO3/L}$$

9. DIAGRAMA

Ver anexo 1.

10. DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th edition. American Public Health Association. Washington, DC. 2012. SM 3500-Ca, 3500-Mg A EDTA METODO TITRIMETRICO.

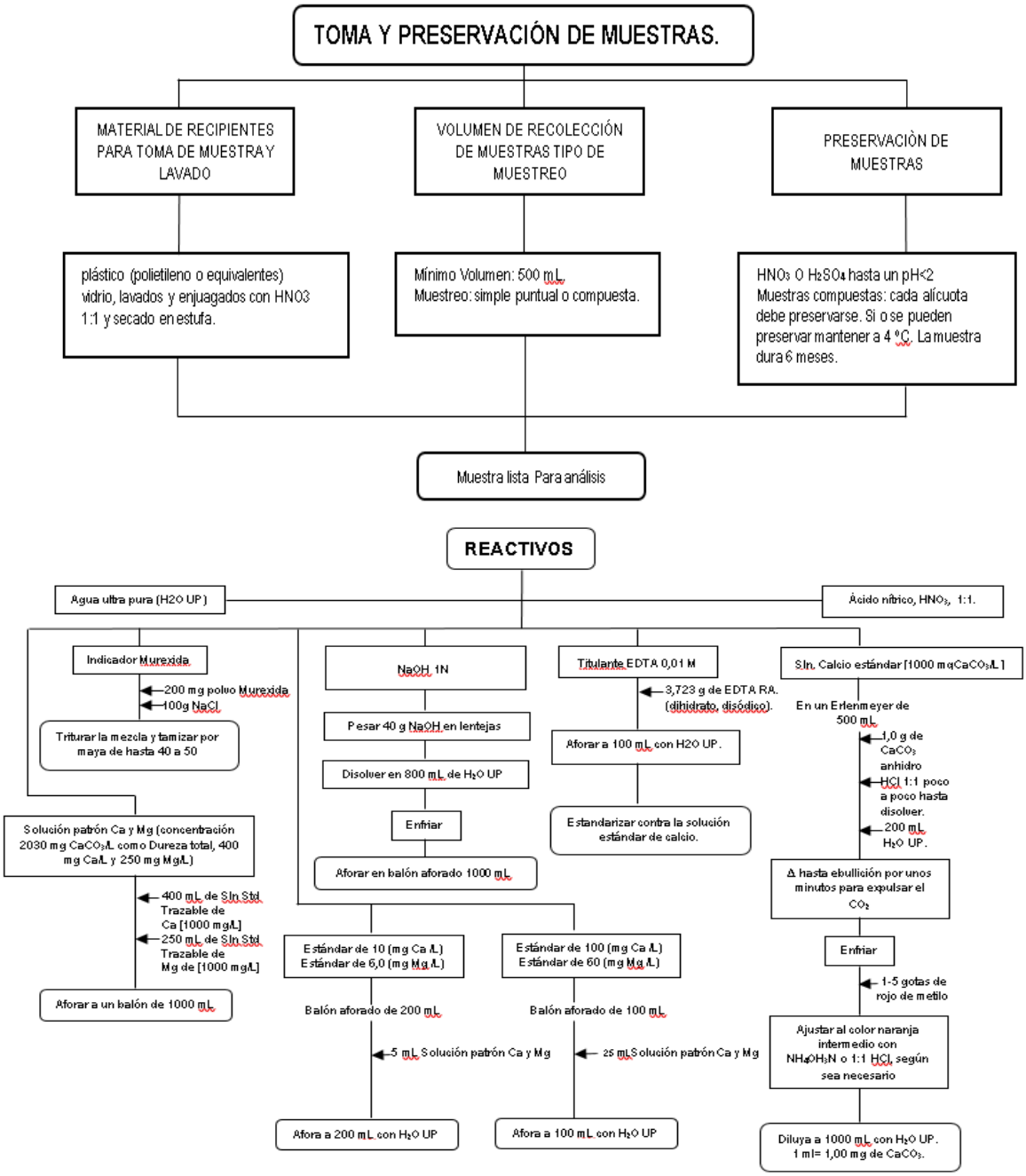
9. HISTORIAL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
01	14/12/2017	Creación del documento con base a la nueva estructura del SGI.

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:
Anyela Lizeth Monsalve Marín Contratista Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental	**Carlos Martín Velásquez Ramírez** Contratista Líder Técnico Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental	**Nelson Omar Vargas Martínez** Subdirector de Hidrología

ANEXO 1. Diagrama

DETERMINACIÓN DE Ca y Mg EN AGUA. 3500-Ca B EDTA METODO TITRIMETRICO, 3500-Mg A.



LECTURA DE LA MUESTRA

En un Erlenmeyer de 125 mL

1*
ESTANDARIZACIÓN DE SLN EDTA 0.01 M

Toman 5,0 mL Sln de Calcio estándar [1000 mgCaCO3/L] diluya hasta 50 mL (realice 3 veces)

2
CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA

Tome el volumen requerido para cada uno de los controles requeridos. Estos de deben medir cada lote de 20 muestras o menos.
Std 10 (mg Ca /L) y de 6,0 (mg Mg /L) = 25 mL
Std 100 (mg Ca /L) y 60 (mg Mg /L)= 25 mL
BKO = 50 mL Si el BKO > MQL hacer corrección o repetir.
Blanco fortificado (LFB) = según concentración
Matriz fortificada (LFM) = según concentración
Duplicado de matriz. (Mismo Vol. Muestra según concentración)
Muestras externas de concentración desconocida. 2 veces al año

3
MUESTRAS

Seleccione el volumen de muestra que se requiera para consumir < a 15 mL de reactivo EDTA. Tome hasta 50 mL de alicuota o una porción menor diluida hasta 50 mL.
Titule antes de 5 min después de de pH 12 a 13.

← 2 mL de NaOH 1N hasta pH 12 o 13.
← 0,1 o 0,2 g. Indicadora Murexida.

Titule con Titulante EDTA 0,01 M. hasta que el color rosa palido cambie a color violeta.

Registre el volumen gastado para la titulación que aparece en el display de la bureta digital en el formato de volumetría.

Realice los cálculos (1*) según la fórmula:

$$[M_{EDTA}] = \frac{V_{CaCO3} \times M_{CaCO3}}{V_{EDTA}}$$

MEDTA = Molaridad de EDTA, mol/L.
VEDTA = Volumen de titulante (EDTA), mL.
MCaCO3 = Molaridad del CaCO3, (0.01 mol/L).
VCaCO3 = Alícuota de CaCO3 usado, (5 mL).
Reportar en el formato de volumetría

Realice los cálculos según las fórmulas:

Para calcular la Dureza Total:

$$[\text{Dureza(EDTA) mg CaCO3/L}] = \frac{A \times B \times 1000}{\text{mL MUESTRA}}$$

Para la valoración de concentración de Calcio:

$$[\text{mg Ca/L}] = \frac{A \times B \times 400.8}{\text{mL MUESTRA}}$$

Para la valoración de Dureza de Calcio:

$$[\text{Dureza de Ca, mg CaCO3/L}] = \frac{A \times B \times 1000}{\text{mL MUESTRA}}$$

Para calcular concentración de Magnesio:

$$[\text{mg Mg/L}] = [\text{Dureza Total(mg CaCO3/L)} - \text{Dureza Ca, CaCO3}]/L * 0.243$$

Para calcular Dureza de Magnesio:

$$\text{Dureza de Mg, mg CaCO3/L} = \text{Dureza total, mg CaCO3/L} - \text{Dureza de Ca, mg CaCO3/L}$$

A= mL de titulante por muestras
B= mg CaCO3 equivalentes a 1.00 mL de EDTA titulante.

Reportar en el formato de volumetría