



Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría

TÍTULO: DUREZA TOTAL EN AGUA CON EDTA POR VOLUMETRÍA

CÓDIGO: TP0341

VERSIÓN: 02

COPIA N°: _____

ELABORADO POR:

CARLOS HERNÁN RODRÍGUEZ M.
TÉCNICO QUÍMICO

REVISADO Y
ACTUALIZADO POR:

ROCIO DEL PILAR BOJACA B.
QUÍMICA U.N.

APROBADO POR:

MARTA ELENA DUQUE S.
COORDINADORA GLCA

* Este documento debe ser revisado por lo menos cada **dos** años.

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 2 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

1. INTRODUCCIÓN:

En la práctica se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones.

Los principales cationes que causan dureza en el agua y los principales aniones asociados con ellos son los siguientes:

Cationes	Aniones
Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻
Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼
Sr ⁺⁺	Cl ⁻
Fe ⁺⁺	NO ₃ ⁻
Mn ⁺⁺	SiO ₃ ⁼

En menor grado, Al⁺⁺⁺ y Fe⁺⁺⁺ son considerados como iones causantes de dureza. En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua.

Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta. El límite para dureza en agua potable es de 160 mg CaCO₃/L. Para aguas de caldera de presión intermedia el límite es 1 mg/L y de presión alta, 0.07 mg CaCO₃/L, en aguas de enfriamiento 650 mg CaCO₃/L.

Este método es aplicable a aguas potables, superficiales, contaminadas y aguas residuales. El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadirlo a las soluciones de algunos cationes metálicos. Cuando se añade EDTA al agua que contiene calcio y magnesio, aquél se combina primero con el calcio. De acuerdo con los criterios actuales, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio, en miligramos por litro.

La nitidez del punto final en el método volumétrico de EDTA, aumenta con los incrementos de pH. Sin embargo, el pH no puede aumentar indefinidamente debido al peligro de precipitación de carbonato de calcio (CaCO₃) o hidróxido magnésico, Mg(OH)₂, y por que la titulación cambia de color a pH alto. El valor de *pH* especificado de 10 constituye una solución satisfactoria.

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 3 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

2. DEFINICIONES:

- mg CaCO₃/L: miligramos de Carbonato de Calcio por litro.
- EDTA: sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético dihidrato
- CV, %: coeficiente de variación o desviación estándar relativa, expresada en porcentaje.

3. ASPECTOS DE SALUD Y SEGURIDAD LABORAL

Usar blusa de laboratorio, pantalón, zapatos cómodos y guantes dentro del laboratorio del GLCA del IDEAM.

Al manipular ácido nítrico o clorhídrico usar guantes para no permitir que entre en contacto con la piel, ya que provoca quemaduras graves. Usar máscara con filtros para ácido ya que los gases que se desprenden al manipular el ácido pueden producir quemaduras en las vías respiratorias. Por esto en lo posible utilizar la cabina de extracción de gases para inorgánicos situada en la parte izquierda del laboratorio del IDEAM.

El anexo 1 contiene las hojas de seguridad de cada uno de los reactivos, utilizados en la determinación de dureza total por volumetría con EDTA.

Cuando se utilice como inhibidor el Cianuro de Sodio utilizar el máscara con filtro adecuado y eliminar los residuos en la caneca de “RESIDUOS DE CIANURO”

4. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

Cuando el punto final no es claro, tome una alícuota menor o realice una titulación preliminar y establezca el volumen aproximado, sobre otra alícuota adicione a la muestra un 90 % del volumen determinado antes de adicionar el tampón y el indicador, continuar con la adición del titulante hasta el punto final.

Algunos iones metálicos interfieren produciendo puntos finales débiles o indiferenciados, o provocando un consumo estequiométrico de EDTA. Reduzca esta interferencia añadiendo algunos inhibidores antes de la titulación.

Cuando existen concentraciones muy altas de metales pesados, el calcio y magnesio se determinan por un método diferente y la dureza se obtiene mediante cálculo.

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

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 4 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

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

En las condiciones de este ensayo, las siguientes concentraciones de iones no son origen de interferencia cuando se determina la dureza cálcica: Cu^{2+} 2 mg/L, Fe^{2+} 20 mg/L, Fe^{3+} 20 mg/L, Mn^{2+} 10 mg/L, Zn^{2+} 5 mg/L, Pb^{2+} 5 mg/L, Al^{3+} 5 mg/L y Sn^{4+} 5 mg/L.

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.

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.

El pH de la determinación puede producir un ambiente propicio a la precipitación del CaCO_3 ; aunque el titulante disuelve lentamente estos precipitados, un punto final desviado suele proporcionar resultados pobres. La realización de la titulación en un tiempo de cinco minutos, reduce al mínimo la tendencia a precipitar del CaCO_3 .

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 5 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

5. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO

CUADRO PARÁMETROS DE VALIDACION DEL MÉTODO

NOMBRE DEL METODO:	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría		
CÓDIGO DEL PSO:	TP0341		
FECHA DEL INFORME DE VALIDACIÓN:	17/02/2005		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACION
LIMITE DE DETECCION	1.0	mg CaCO ₃ /L	Corresponde al límite de cuantificación.
PRECISION EN TÉRMINOS DE %CV	0.51	%	Std. 5.07 mg CaCO ₃ /L
	0.29	%	Std. 202.8 mg CaCO ₃ /L
EXACTITUD EXPRESADO COMO % DE ERROR RELATIVO	- 0.09	%	Std. 5.07 mg CaCO ₃ /L
	- 0.22	%	Std. 202.8 mg CaCO ₃ /L
	- 0.99	%	Muestra Certificada 27.6 mg CaCO ₃ /L
RANGO DE TRABAJO (Lectura Directa)	1.0 - 600	mg CaCO ₃ /L	Sin dilución de la muestra
INTERVALO DE APLICACIÓN DEL METODO	1.0 - 6000	mg CaCO ₃ /L	Para una dilución de 10 veces.
RECUPERACIÓN EXPRESADO COMO %	119.2	%	Adición de 2 mg CaCO ₃ /L
	94.4	%	Adición de 40 mg CaCO ₃ /L

6. TOMA Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

Para la determinación de dureza las muestras deben guardarse en recipientes de plástico (polietileno o equivalentes) ó de vidrio, debidamente lavados y enjuagados con HNO₃ 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.

En el caso de muestreos compuestos cuando el uso de un muestreador automático haga imposible la preservación de cada alícuota, las muestras deben mantenerse a 4° C hasta que se complete la composición.

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 6 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

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

7. APARATOS, REACTIVOS Y MATERIALES

7.1. Aparatos

- Titulador digital, con aproximación de 0.002 mL
- Agitador magnético
- Plancha de calentamiento.
- Balanza analítica con aproximación de 0.0001 g .
- Purificador de agua, Labconco WaterPro
- Equipo de filtración, de plástico con soporte de plástico o TFE para el filtro, con aplicación de vacío o presión.

7.2. Reactivos

- Agua ultra pura obtenida mediante el purificador Labconco WaterPro PS.
- Ácido nítrico, HNO₃, al 10%
- Blanco de reactivos: contiene todos los reactivos que se utilizan en el método de análisis excepto el analito de interés, en este caso calcio y magnesio.
- Indicador Negro de Eriocromo T (NET): sal sódica del ácido 1-(1- hidroxí-2-naftilazo)-5-nitro-2-naftol-4-sulfónico, n.º 203 en el índice del color. Disuelva 0.5 g del colorante en 100 mL de 2,2', 2"-nitriлотrietanol (también llamado trietanolamina) .

Las soluciones alcalinas de negro de Eriocromo T son sensibles a los oxidantes, y sus soluciones acuosas o alcohólicas son inestables.

(Los indicadores pueden utilizarse en forma de polvo seco siempre que se tenga cuidado en evitar su exceso. Existen en el mercado mezclas secas de esos indicadores y una sal inerte. Si el cambio de color de punto final de esos indicadores no es neto y diferenciado por lo general, eso significa que se requiere un complejante apropiado.)

- 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. 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.

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 7 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

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.

- Solución tampón: disuelva 1.179 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético dihidrato (grado de reactivo analítico) y 644 mg de cloruro magnésico ($MgCl_2 \cdot 6 H_2O$) en 50 mL de agua destilada. Agregar ésta solución a 16.9 g de NH_4Cl y 143 mL de NH_4OH conc. Diluya hasta 250 mL con agua destilada.

Conserve estas soluciones en un recipiente plástico o de vidrio borosilicato, durante un período no superior a un mes. Tape herméticamente para evitar pérdidas de amoníaco (NH_3) o captura de dióxido de carbono (CO_2). Se prescindirá del tampón cuando, al añadirse 1 ó 2 mL a la muestra, éstas no puedan producir un pH de 10.0 en el punto final de la titulación.

- Agentes complejantes: **no son necesarios para la mayoría de las aguas.** En ocasiones, cuando el agua contenga iones de interferencia, se deberá añadir un complejante adecuado para lograr un cambio neto y exacto del color en el punto final. Son satisfactorios los siguientes:

- Inhibidor I: ajuste las muestras ácidas a pH 6 o más con tampón de NaOH 0.1 N. Añada 250 mg de cianuro sódico ($NaCN$) en polvo. A continuación, añada tampón suficiente para ajustar a pH 10 ± 0.1 .

(Precaución: el NaCN es extremadamente tóxico. Su empleo requiere la adopción de precauciones extraordinarias. Las soluciones que contengan este inhibidor deben drenarse con un chorro de agua en cantidad suficiente para asegurar que no queda ácido capaz de liberar cianhídrico tóxico volátil.)

- Inhibidor II: Disuelva 5.0 g de sulfuro sódico no anhidro ($Na_2S \cdot 9 H_2O$) o 3.7 g de $Na_2S \cdot 5 H_2O$ en 100 mL de agua destilada. La entrada de aire se evita con un tapón de goma fijado fuertemente. Este inhibidor se deteriora por oxidación del aire y produce un precipitado sulfuro que oscurece el punto final cuando existen concentraciones apreciables de metales pesados.

- Solución estándar de calcio 0.01 M: pese 1.00 g de polvo de $CaCO_3$ anhidro (estándar principal o reactivo especial, bajo en metales pesados, álcalis y magnesio) en un erlenmeyer de 500 mL. Coloque un embudo en el cuello del erlenmeyer y añada poco a poco HCl 1 + 1 hasta la dilución total del $CaCO_3$. Añada 200 mL de agua destilada y haga hervir durante unos minutos para expeler el CO_2 . Enfríe, añada unas gotas de indicador rojo de metilo y ajuste al color naranja intermedio por adición de NH_4OH 3N o HCl 1 + 1, según se

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 8 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

requiera. Trasfiera cuantitativamente y diluya hasta 1000 mL con agua destilada; 1 mL = 1.0 mg de CaCO₃.

- Solución patrón que contiene 2028 mg/L CaCO₃ como dureza total, 400 mg/L de calcio y 250 mg/L magnesio.

7.3. Materiales

- Material volumétrico clase A (balones y pipetas aforadas)
- Erlenmeyeres, vasos de precipitado
- Frascos de plástico, de vidrio borosilicato o de polietileno. (Para almacenar las soluciones).
- Frasco lavador.
- Micro espátula.
- Pera de caucho.
- Mortero.
- Guantes.
- Mascara con filtros para vapores ácidos y vapores de amoníaco.

8. PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE VIDRIERÍA:

Lave toda la vidriería con jabón alcalino, enjuague con agua de la llave, posteriormente déjelo en ácido nítrico y enjuague con agua destilada. Remítase al Procedimiento TP0125 Lavado de Material.

Utilice la vidriería a la que se le haya efectuado control de calidad.

9. PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES

9.1 Solución patrón que contiene 2028 mg/L CaCO₃ como Dureza Total, 400 mg/L de calcio y 250 mg/L magnesio: 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 a un Litro.

9.2 Solución patrón que contiene 2000 mg/L de CaCO₃ como Dureza Total, 400 mg/L de calcio y 243 mg/L de magnesio: Pese 1.0000 g de CaCO₃ trazable y 0.4156 g de MgO del 97.0%. Disuelva el CaCO₃ y el MgO añadiendo poco a poco HCl 1 + 1 en un erlenmeyer de 500 mL, hasta la disolución total del CaCO₃, adicione 200 mL de agua ultra pura y haga hervir durante unos minutos para expeler el CO₂; enfríe, adicione unas gotas de indicador rojo de metilo y ajuste al color naranja intermedio por adición de NH₄OH 3N o HCl 1 + 1, según se requiera. Trasfiera cuantitativamente a un balón aforado y diluya hasta 1000 mL con agua ultra pura

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 9 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

9.3 Estándares de Control:

- Estándar bajo de 50 mg CaCO₃/L como dureza total a partir de la solución patrón preparada en 9.2 diluir 5 mL a 200 mL con agua ultra pura.
- Estándar alto de 500 mg CaCO₃/L como dureza total, a partir de la solución patrón preparada en 9.2 diluir 25 mL a 100 mL con agua ultra pura.

10. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

- 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 o llene el embolo con la tecla fill. (Ver instructivo TI0401)
- Titulación de muestras: Seleccione un volumen de muestra que requiera menos de **15 mL** de reactivo EDTA y realice la titulación en cinco minutos, medidos a partir del momento de la adición del tampón.
- Mida una alícuota conveniente de muestra de acuerdo con el contenido aproximado de dureza, así:
 - 100 o 200 mL para muestras con contenidos menores a 5 mg/L.
 - 50 mL para muestras con contenidos entre 5 y 10 mg/L.
 - 25 mL para muestras con contenidos entre 10 y 500 mg/L, diluya hasta alrededor de 50 mL con agua UP en un erlenmeyer.
 - 10 o 5 mL para muestras con contenidos superiores a 500 mg/L, diluya hasta alrededor de 50 mL con agua UP en un erlenmeyer.
- Adicione entre uno y dos mililitros de solución tampón. Por lo general, 1ml será suficiente para dar un pH de 10.0 a 10.1. La ausencia de un cambio de color de punto final neto en la titulación suele significar la necesidad de añadir un inhibidor en este punto, (ver numeral 4 para limitaciones e interferencias) o que el indicador se ha deteriorado
- Adicione una gota de solución indicadora o una cantidad adecuada del reactivo en polvo seco (0.1 a 0.2 g). Poco a poco, adicione titulante EDTA estándar, agitando continuamente, hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. Adicione las últimas gotas con intervalos de 3 - 5 segundos. En el punto final, la solución suele ser **azul**.
- Se recomienda utilizar luz natural o una lámpara fluorescente de luz día, ya que las lámparas de incandescencia tienden a producir un matiz rojizo en el azul de punto final.
- Cuando tome un volumen igual o mayor a 100 adicione cantidades proporcionales de tampón, inhibidor e indicador. Adicione lentamente titulante EDTA por medio de la bureta y realice un blanco, utilizando agua UP del mismo volumen que la muestra, a la que se le adicionan idénticas cantidades de tampón, inhibidor e indicador.

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 10 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

- Registre el volumen gastado para la titulación que aparece en el display de la bureta digital en el formato de volumetría TF0024, diligenciando todos los datos para cada muestra. Registre el resultado con tres cifras significativas.

11. PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULO DE RESULTADOS:

- Cálculo de la Molaridad del EDTA:

$$[M_{EDTA}] = \frac{V_{CaCO_3} \times M_{CaCO_3}}{V_{EDTA}}$$

Donde:

- M_{EDTA} = Molaridad de EDTA, mol/L.
- V_{EDTA} = Volumen de titulante (EDTA), mL.
- M_{CaCO_3} = Molaridad del $CaCO_3$, (0.01 mol/L).
- V_{CaCO_3} = Alícuota de $CaCO_3$ usado, (5 mL).

- Para realizar los cálculos: la dureza total, cálcica y magnésica se expresan en mg $CaCO_3/L$.
- El cálculo de la concentración de Dureza en una solución, expresado como carbonato de calcio, se determina de la siguiente forma:

$$[Dureza\ total],\ mg\ CaCO_3/L = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA}}{V_{MUESTRA}} \times 100\ 091$$

Donde:

- V_{EDTA} = Volumen de titulante (EDTA) para valorar dureza, mL.
- M_{EDTA} = Concentración de EDTA, mol/L.
- $V_{MUESTRA}$ = Alícuota de muestra titulada, mL.
- 100091 = Peso atómico del carbonato de calcio (100,091 g/mol) x 1000 mg/g.

En la mayor parte de las aguas se considera que la dureza total es aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio, es decir:

$$[Dureza\ total],\ mg\ CaCO_3/L = Dureza\ por\ Ca + Dureza\ por\ Mg$$

Dureza carbonácea. En aguas naturales, los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad; por tanto, la parte de la dureza total químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua es considerada como la dureza carbonácea, es decir:

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 11 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

$$\text{Alcalinidad (mg/L)} = \text{dureza carbonácea (mg/L)}$$

Pueden presentarse dos casos:

- Cuando la alcalinidad es menor que la dureza total, entonces,

$$\text{Dureza carbonácea (mg/L)} = \text{alcalinidad (mg/L)}$$

- Cuando la alcalinidad es mayor o igual a la dureza total; entonces,

$$\text{Dureza carbonácea (mg/L)} = \text{dureza total (mg/L)}$$

La dureza carbonácea se conoce también como “dureza temporal” o “no permanente” porque desaparece cuando se hierve el agua.

Dureza No carbonácea. Se considera no carbonácea toda dureza que no esté químicamente relacionada con los bicarbonatos. Es decir:

$$\text{Dureza No carbonácea} = \text{Dureza total} - \text{alcalinidad}$$

La dureza no carbonácea incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio.

12. SECCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD (CC) Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Los blancos se analizan para determinar si la calidad del agua y de los reactivos es óptima.

Verifique los estándares de control, si el resultado analítico cae fuera de los límites de control normales, deben revisarse los estándares, los reactivos, material de vidrio y los blancos. El análisis solo se puede reanudar cuando se corrija el problema.

Las replicas se utilizan para ver diferencias en el muestreo, se aceptan replicas con una diferencia no mayor al 10%.

Los duplicados evalúan la limpieza del material de vidrio, la replicabilidad del método. Analice por duplicado el 10% o por lo menos 1 de las muestras. El porcentaje de la diferencia entre los duplicados no debe ser mayor al 10%, si la variación excede este límite, debe repetirse el análisis.

Lleve los registros de los estándares de control de 50 mg CaCO₃/L y 500 mg CaCO₃/L. en una carta de control para la determinación de dureza total - método

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL			
	Código: TP0341	Fecha de elaboración: 04/10/2007	Versión: 02	Página 12 de 12
	Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría			

titulométrico de EDTA. Registre las iniciales del analista y la fecha de análisis en las celdas correspondientes y gráfique el valor diario de la concentración obtenida.

Cuando los resultados se encuentren entre el límite de alarma y control, revise todo el procedimiento para determinar que ocurre. Si cualquier dato cae fuera de los límites de control debe ser reexaminado y si es necesario, se debe repetir el análisis de todo el grupo de muestras. No realice más análisis hasta verificar que sucede, comuníquelo la anomalía al oficial de calidad y revise, inicie nuevamente la marcha analítica cuando el oficial de calidad lo ordene.

13. REFERENCIAS:

RODIER, J. Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona: Omega, 1981.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition. American Public Health Association. Washington, DC. 2005.

AYRES, Gilbert. Análisis químico cuantitativo. 2 ed. México: Harla, 1970.

ROJAS, J.A. Calidad del agua. Bogotá: Escuela de Ingeniería, 2002