



ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-072-1981)

WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF TOTAL HARDNESS IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED - TEST METHOD

0 INTRODUCCIÓN

Este método especifica el procedimiento para determinación de dureza en agua por titulación. La dureza se entiende como la capacidad de un agua para precipitar al jabón y esto está basado en la presencia de sales de los iones calcio y magnesio. La dureza es la responsable de la formación de incrustaciones en recipientes y tuberías lo que genera fallas y pérdidas de eficiencia en diferentes procesos industriales como las unidades de transferencia de calor. El término dureza se aplicó en principio por representar al agua en la que era difícil (duro) de lavar y se refiere al consumo de jabón para lavado, en la mayoría de las aguas alcalinas esta necesidad de consumo de jabón está directamente relacionada con el contenido de calcio y magnesio.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el método de análisis para la determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

2 PRINCIPIO DEL MÉTODO

El método se basa en la formación de complejos por la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético con los iones calcio y magnesio. El método consiste en una valoración empleando un indicador visual de punto final, el negro de eriocromo T, que es de color rojo en la presencia de calcio y magnesio y vira a azul cuando estos se encuentran acomplejados o ausentes. El complejo del EDTA con el calcio y el magnesio es más fuerte que el que estos iones forman con el negro de eriocromo T, de manera que la competencia por los iones se desplaza hacia la formación de los complejos con EDTA desapareciendo el color rojo de la disolución y tornándose azul.

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Aguas naturales

Se define como agua natural el agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial.

3.2 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

3.3 Bitácora

Cuaderno de laboratorio debidamente foliado e identificado, en el cual los analistas anotan todos los datos de los procedimientos que siguen en el análisis de una muestra, así como todas las informaciones pertinentes y relevantes a su trabajo en el laboratorio. Es a partir de dichas bitácoras que los inspectores pueden reconstruir el proceso de análisis de una muestra tiempo después de que se llevó a cabo.

3.4 Blanco analítico o de reactivos

Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.

3.5 Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

3.6 Descarga

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

3.7 Desviación estándar experimental

Para una serie de n mediciones del mismo mensurando, es la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

En donde x_i es el resultado de la i -ésima medición y $\bar{x}$ es la media aritmética de los n resultados considerados.

3.8 Disolución estándar

Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.

3.9 Material de referencia

Material o sustancia en el cual uno o más valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

3.10 Material de referencia certificado

Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la

propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

3.11 Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

3.12 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

3.13 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.14 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente él o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

3.15 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

3.16 Patrón (de medición)

Material de referencia, instrumento de medición, medida materializada o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

3.17 Patrón nacional (de medición)

Patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3.18 Patrón primario

Patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

3.19 Patrón secundario

Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

3.20 Patrón de referencia

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

3.21 Patrón de trabajo

Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

3.22 Precisión

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de confianza o incertidumbre:

$$x = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde:

$\bar{x}$	es la media calculada a partir de un mínimo de tres mediciones independientes;
$t_{\alpha/2}$	es el valor de la t de Student para un nivel de significancia del 95 %;
s	es la desviación estándar de la muestra;
n	es el número de réplicas, y
x	es el resultado que incluye el intervalo de confianza.

3.23 Trazabilidad

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

3.24 Verificación de la calibración

Una verificación periódica de que no han cambiado las condiciones del instrumento en una forma significativa.

4 EQUIPO Y MATERIALES

Sólo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

4.1 Equipo

4.1.1 Balanza analítica con precisión de 0,1 mg

4.2 Materiales

Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.

4.2.1 Bureta de 25 mL ó 50 mL

5 REACTIVOS Y PATRONES

Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo, a menos que se indique otro grado.

Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características: a) Resistividad, megohm-cm a 25°C: 0,2 min; b) Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: 5,0 Máx. y c) pH: 5,0 a 8,0.

5.1 Cloruro de amonio (NH_4Cl)

5.2 Cloruro de magnesio hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

5.3 Amoníaco concentrado (NH_3)

5.4 Sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético dihidratado (EDTA)

5.5 Sal de Magnesio de EDTA

5.6 Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

5.7 Hidróxido de sodio (NaOH)

5.8 Indicador de negro de eriocromo T

- 5.9 2-Aminoetanol (libre de aluminio y metales pesados).
- 5.10 Rojo de metilo
- 5.11 Carbonato de calcio anhidro (CaCO_3)
- 5.12 Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- 5.13 Cloruro de sodio (NaCl)
- 5.14 Ácido nítrico (HNO_3)
- 5.15 Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- 5.16 Ácido perclórico (HClO_4)
- 5.17 Disolución amortiguadora. Pesar aproximadamente y con precisión 16,9 g de cloruro de amonio (ver inciso 5.1) y disolver en 143 mL de amoníaco concentrado (ver inciso 5.3). Añadir aproximadamente 1,25 g de sal de magnesio de EDTA (ver inciso 5.5) y diluir hasta 250 mL con agua.
 - 5.17.1 Si no se dispone de sal de magnesio de EDTA, mezclar, aproximadamente 1,179 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético dihidratado (ver inciso 5.4) y 0,780 g de sulfato de magnesio heptahidratado (ver inciso 5.6) o 0,644 g de cloruro de magnesio hexahidratado (ver inciso 5.2), diluir a 50 mL con agua.

Conservar la disolución amortiguadora en un recipiente plástico o de vidrio; se debe desechar la disolución cuando haya transcurrido más de un mes de su fecha de preparación o cuando al añadirse 1 mL ó 2 mL a la muestra, ésta no pueda producir un pH de $10,0 \pm 0,1$. Tapar herméticamente para evitar pérdidas de amoníaco o adsorción de dióxido de carbono (CO_2).
 - 5.17.2 También pueden adquirirse en el mercado disoluciones amortiguadoras inodoras, las cuales constituyen una alternativa satisfactoria. Contienen sal de magnesio de EDTA y tienen la ventaja de ser relativamente inodoras y más estables que las amortiguadoras de $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$. Por lo general, las disoluciones amortiguadoras inodoras no proporcionan un punto final tan favorable como los de $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ a causa de su reacción más lenta y pueden resultar inútiles cuando el método está automatizado. Preparar una de las disoluciones amortiguadoras mezclando 55 mL de ácido clorhídrico concentrado (ver inciso 5.12) con 400 mL de agua destilada y a continuación añadir lentamente y agitando, 300 mL de 2-Aminoetanol (libre de aluminio y metales pesados) (ver inciso 5.9). Agregar aproximadamente 5,0 g de sal de magnesio de EDTA (ver inciso 5.5) y

diluir hasta 1 L con agua destilada.

- 5.18 Indicador negro de eriocromo T. Pesar aproximadamente y con precisión 0,5 g de indicador negro de eriocromo T (ver inciso 5.8) y agregar 100 g de Cloruro de sodio (ver inciso 5.13) y triturar en el mortero hasta formar una mezcla homogénea. Guardar en un frasco color ámbar. Esta mezcla se conserva en buenas condiciones para su uso durante un año.
- 5.19 Indicador Rojo de Metilo. Pesar aproximadamente y con precisión 0,1 g de la sal de sodio del rojo de metilo (ver inciso 5.10) y aforar a 100 mL con agua.
- 5.20 Disolución de EDTA (aproximadamente 0,01M). Pesar aproximadamente y con precisión 3,723 g de sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético dihidratada (ver inciso 5.4); disolver en agua y diluir a 1L. Valorar con una disolución de carbonato de calcio.
- 5.21 Disolución de carbonato de calcio (1mg/ml). Pesar aproximadamente y con precisión 1,0 g de carbonato de calcio anhidro (ver inciso 5.11) (patrón primario o reactivo especial bajo en metales pesados, álcalis y magnesio) en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Colocar un embudo en el cuello del matraz y añadir poco a poco el ácido clorhídrico (1:1) (ver inciso 5.23) hasta la disolución total del carbonato de calcio. Añadir 200 mL de agua y llevar a ebullición durante unos minutos para eliminar el CO₂. Enfriar, añadir unas gotas de indicador rojo de metilo (ver inciso 5.10) y ajustar al color naranja intermedio por adición de amoníaco 3N o ácido clorhídrico (1:1), según se requiera. Transferir a un matraz y aforar a 1L con agua (1 mL = 1,0 mg de CaCO₃).
- 5.22 Disolución de hidróxido de sodio (NaOH) (aproximadamente 0,1 N). Pesar aproximadamente 4 g de hidróxido de sodio (ver inciso 5.7) y diluir a 1L
- 5.23 Disolución de ácido clorhídrico (1:1). Tomar 100 mL de ácido clorhídrico (ver inciso 5.12) y diluya en 100 mL de agua

6 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- 6.1 Recolectar un volumen de muestra, homogéneo y representativo, de aproximadamente 400 mL en un frasco de polietileno o vidrio de borosilicato. Pueden utilizarse muestras simples y/o compuestas.
- 6.2 Acidificar la muestra con ácido nítrico hasta pH 2 o menor inmediatamente después de la recolección. Normalmente 2 mL/L son suficientes.
- 6.3 Mantener la muestra en refrigeración a 4°C hasta el momento del análisis.

El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis recomendado es de seis meses.

7 CONTROL DE CALIDAD

- 7.1 Cada laboratorio que utilice este método debe operar un programa de control de calidad (CC) formal.
- 7.2 El laboratorio debe mantener los siguientes registros:
- Los nombres y títulos de los analistas que ejecutaron los análisis y el encargado de control de calidad que verificó los análisis.
 - Las bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:
 - a) Identificación de la muestra;
 - b) Fecha del análisis;
 - c) Procedimiento cronológico utilizado;
 - d) Cantidad de muestra utilizada;
 - e) Número de muestras de control de calidad analizadas;
 - f) Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición;
 - g) Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados, y
 - h) Además el laboratorio debe mantener la información original reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información.

De tal forma que permita a un evaluador externo reconstruir cada determinación mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final.

- 7.3 Cada vez que se adquiera nuevo material volumétrico debe de realizarse la verificación de la calibración de éste tomando una muestra representativa del lote adquirido.

8 CALIBRACIÓN

Se debe contar con la calibración de los equipos y materiales siguientes:

- 8.1 Material volumétrico
- 8.2 Balanza analítica
- 8.3 Bureta de 25 mL ó 50 mL

9 PROCEDIMIENTO

9.1 Tratamiento previo de muestras de aguas contaminadas y residuales:

9.1.1 Si la muestra contiene partículas o materia orgánica requiere un tratamiento previo al análisis. Se recomienda llevar a cabo una digestión con ácido nítrico - ácido sulfúrico ó ácido nítrico - ácido perclórico y ajustar posteriormente el pH de la disolución a un valor de 9, utilizando disolución de amoníaco.

9.2 Titulación de muestras:

9.2.1 Colocar 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.

9.2.2 Añadir 1 mL ó 2 mL de disolución amortiguadora (ver inciso 5.15). Generalmente un mL es suficiente para alcanzar un pH de 10,0 a 10,1.

9.2.3 Añadir una cantidad adecuada (0,2 g) del indicador eriocromo negro T (ver inciso 5.8). La muestra debe tomar un color vino rojizo.

9.2.4 Titular con la disolución de EDTA 0,01 M (ver inciso 5.20) agitando continuamente hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. Añadir las últimas gotas con intervalos de 3 s a 5 s. En el punto final la muestra cambia de color rojizo a azul.

10 CÁLCULOS

10.1 Calcular la dureza total como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza total expresada como CaCO}_3 \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times C \times 1,000}{D}$$

donde:

- A son los mL de EDTA gastados en la titulación en la muestra;
B son los mL de EDTA gastados en la titulación en el blanco (si fue utilizado);
C son los mg de CaCO₃ equivalentes a 1 mL de EDTA, y
D son los mL de muestra.

- 10.2 Expresar la dureza total como mg/L CaCO_3 con la precisión correspondiente.

11 INTERFERENCIAS

- 11.1 El EDTA forma complejos con hierro, manganeso, cobre, zinc, plomo, cobalto, níquel, bario, estroncio y algunos otros metales.
- 11.2 En la titulación de calcio y magnesio, los estados altos de oxidación del manganeso reaccionan rápidamente con el indicador para formar productos de oxidación incoloros
- 11.3 Los iones ortofosfato y sulfato interfieren en concentraciones que excedan de 500 mg/L y 10 000 mg/L respectivamente.
- 11.4 En presencia de aluminio en concentraciones mayores de 10 mg/L, el color azul que indica el punto final de la titulación puede aparecer y en poco tiempo puede regresar a rojizo.
- 11.5 La materia orgánica coloidal o en suspensión también puede interferir en el punto final.

12 SEGURIDAD

- 12.1 No ha sido determinada la carcinogenicidad de todos los reactivos, por lo que cada sustancia química debe tratarse como peligro potencial a la salud. La exposición a estas sustancias debe reducirse al menor nivel posible. Se sugiere que el laboratorio realice inspecciones de higiene ocupacional de cada reactivo a los que pueda estar expuesto el analista y que dichos resultados estén a su disposición.
- 12.2 Este método puede no mencionar todas las normas de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las normas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificadas en éste método. Debe tenerse un archivo de referencia de las hojas de información de seguridad el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.
- 12.3 Este método requiere del uso de ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico es un compuesto químico altamente corrosivo que debe manejarse con extremo cuidado.

- 12.4 La preparación de la disolución amortiguadora usada en este método debe realizarse dentro de una campana de extracción. Consultar las hojas de seguridad sobre manipulación y disposición de estos productos.
- 12.5 Cuando se trabaje con cualquiera de los compuestos químicos descritos en este método, debe usar todo el tiempo equipo de seguridad, tal como: batas, guantes de látex y lentes de seguridad.
- 12.6 La preparación de todos los reactivos usados en este método debe efectuarse bajo una campana de extracción. Consulte las hojas de seguridad sobre manipulación y disposición de estos.

13 MANEJO DE RESIDUOS

Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referentes al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

- 13.1 Cada laboratorio debe contemplar dentro de su programa de control de calidad el destino final de los residuos generados durante la determinación.
- 13.2 Los desechos ácidos se deben neutralizar para su posterior desecho.
- 13.3 Todas las muestras que cumplan con la norma de descarga a alcantarillado pueden ser descargadas en el mismo sistema.

14 BIBLIOGRAFÍA

- | | |
|-------------------|--|
| NOM-001-ECOL-1996 | Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997. |
| NOM-008-SCFI-1993 | Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993. |
| NMX-AA-003-1980 | Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980. |

- NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980.
- NMX-AA-089/1-1986 Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.
- NMX-AA-115-SCFI-2001 Análisis de agua - Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.
- NMX-AA-116-SCFI-2001 Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.
- 2340 C“ Hardness EDTA Titrimetric Method”, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater American Public Health Association (APHA), American Water Association (AWWA), Water Pollution Control Federation WPCF), 19a Ed., 1995
- D 1126-86 (reapproved 1992),“Standard Test Methods for Hardness in water”, American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA, 1994.
- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989.

15 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.



NMX-AA-072-SCFI-2001
14/14

MIGUEL AGUILAR ROMO

JADS/AFO/DLR/MRG

NMX-AA-072-SCFI-2001

**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN
AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS
- MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-072-1981)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF TOTAL HARDNESS
IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED
- TEST METHOD**

P R E F A C I O

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- CASA ROCAS, S.A. DE C.V.
- CENTRO DE SERVICIOS QUÍMICOS DE AGUASCALIENTES
- CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
- COMISIÓN ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES
- FISHER SCIENTIFIC MEXICANA, S.A. DE C.V.
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica;
Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES
Campus Monterrey.
- LABORATORIO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE PEMEX PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
POZOS
- LABORATORIO DE QUÍMICA DEL MEDIO E INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO IDECA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO QUÍMICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS ABC QUÍMICA, INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE
C.V.
- MERCK- MÉXICO, S.A. DE C.V.
- NOVAMANN, S.A. DE C.V.
Laboratorio Control Químico.
- PERKIN ELMER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.

- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- SECRETARÍA DE SALUD
- SERVICIOS AMBIENTALES MÚLTIPLES E INGENIERÍA, S.A. DE C.V.
- SERVICIOS DE INGENIERÍA Y CONSULTORÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- SISTEMA INTERMUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Azcapotzalco.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química;
Instituto de Geofísica;
Instituto de Ingeniería.
- VARIAN, S.A. DE C.V.

Número del capítulo		Página
0	Introducción	1
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Principio del método	2
3	Definiciones	2
4	Equipo y materiales	6
5	Reactivos y patrones	6
6	Recolección, preservación y almacenamiento de muestras	9
7	Control de calidad	9
8	Calibración	10
9	Procedimiento	10
10	Cálculos	11
11	Interferencias	11
12	Seguridad	12
13	Manejo de residuos	12
14	Bibliografía	13
15	Concordancia con normas internacionales	14