



ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE ACIDEZ Y ALCALINIDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-036-1980)

WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF ACIDITY AND ALKALINITY TOTAL IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED

0 INTRODUCCIÓN

La acidez se refiere a la presencia de sustancias disociables en agua y que como producto de disociación generan el ión hidronio (H_3O^+), como son los ácidos fuertes, ácidos débiles y de fuerza media; también la presencia de ciertos cationes metálicos como el Fe (III) y el Al (III) contribuyen a la acidez del medio.

La alcalinidad se refiere a la presencia de sustancias hidrolizables en agua y que como producto de hidrólisis generan el ión hidroxilo (OH^-), como son las bases fuertes, y los hidróxidos de los metales alcalinotérreos; contribuyen también en forma importante a la alcalinidad los carbonatos y fosfatos. La presencia de boratos y silicatos en concentraciones altas también contribuyen a la alcalinidad del medio.

Una medida de la acidez total del medio es la cantidad de base fuerte que es necesario añadir a una muestra para llevar el pH a un valor predeterminado coincidente con el vire de la fenolftaleína. Una medida de la alcalinidad total del medio es la cantidad de ácido fuerte que es necesario añadir a una muestra para llevar el pH a un valor predeterminado coincidente con el vire del naranja de metilo.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

2 PRINCIPIO DEL MÉTODO

Este método está basado en la medición de la acidez o alcalinidad en el agua por medio de una valoración de la muestra empleando como disolución valorante un álcali o un ácido según sea el caso de concentración perfectamente conocida.

3 DEFINICIONES

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

3.1 Acidez total

Es la cantidad de iones hidronio (H_3O^+) en la muestra acuosa y se determina como la capacidad cuantitativa de una muestra de agua para reaccionar con una base fuerte hasta un pH de 8,3.

3.2 Aguas naturales

Agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, de tormenta residual y superficial.

3.3 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.

3.4 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.

3.5 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.

3.6 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.

3.7 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.

3.8 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.

3.9 Disolución estándar

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

3.10 Disolución madre



Corresponde a la disolución de máxima concentración en un análisis. Es a partir de esta disolución que se preparan las disoluciones de trabajo.

3.11 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.

3.12 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.

3.13 Medición

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

3.14 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

3.15 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 debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.16 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.

3.17 Parámetro

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

3.18 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.

3.19 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.

3.20 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.

3.21 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.

3.22 Patrón secundario

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

3.23 Patrón de trabajo

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

3.24 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.

3.25 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.

3.26 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

- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg, y
- Estufa.

4.2 Materiales

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

- Bureta con certificado o en su caso debe estar calibrada.

Limpieza del material: Las botellas de polietileno para las muestras, deben lavarse con detergente libre de fosfatos, enjuagarse con agua y secarse a temperatura ambiente.

5 REACTIVOS Y PATRONES

Los reactivos que requiere el 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 Agua libre de CO_2

Preparar todas las disoluciones con agua destilada o desionizada que ha sido hervida recientemente durante 15 min y enfriar a temperatura ambiente. Al final el pH del agua debe ser ≥ 6 y su conductividad $< 2 \mu\text{S}/\text{cm}$.

5.2 Biftalato de potasio ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$)

5.3 Carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3) patrón primario

5.4 Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), o ácido clorhídrico concentrado (HCl)

5.5 Naranja de metilo

5.6 Fenolftaleína

5.7 Hidróxido de sodio (NaOH)

5.8 Peróxido de hidrógeno al 30 % v/v (H_2O_2)

5.9 Tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

- 5.10 Etanol
- 5.11 Cloroformo
- 5.12 Disolución de ácido sulfúrico o ácido clorhídrico (0,1 N). Diluir 8,3 mL de ácido clorhídrico concentrado ó 2,8 mL de ácido sulfúrico concentrado (ver inciso 5.4) en 1L con agua libre de CO₂.
- 5.13 Disolución de ácido sulfúrico o clorhídrico (0,02 N). Diluir 200 mL de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico 0,1 N (ver inciso 5.12) a 1 L de agua.
- 5.14 Disolución de hidróxido de sodio (0,1 N). Pesar aproximadamente y con precisión 4,0 g de hidróxido de sodio (ver inciso 5.7) disolver y diluir a 1 L con agua.
- 5.15 Disolución de hidróxido de sodio (0,02 N). Transferir 200 mL de la solución de NaOH 0,1 N (ver inciso 5.14) a un matraz volumétrico de 1L. Diluir a 1L con agua.
- 5.16 Disolución de tiosulfato de sodio pentahidratado (0,1 M). Pesar aproximadamente y con precisión 25,0 g de tiosulfato de sodio (ver inciso 5.9) y diluir a 1 L con agua (agregar 5 mL de cloroformo (ver inciso 5.11) como preservador.
- 5.17 Disolución indicadora de naranja de metilo. Pesar aproximadamente y con precisión 0,5 g del colorante naranja de metilo (ver inciso 5.5) y aforar a 1L con agua. Filtrar la disolución fría para remover cualquier precipitado que se forme. O bien, pesar aproximadamente y con precisión 0,5 g de la sal de sodio (ver inciso 5.5) y diluir a 1 L con agua, si es necesario filtrar cuando esté fría la disolución.
- 5.18 Disolución indicadora de fenolftaleína. Pesar aproximadamente y con precisión 5,0 g de fenolftaleína (ver inciso 5.6) y disolver en 500 mL de etanol, (ver inciso 5.10) añadir 500 mL de agua con agitación constante. Filtrar si hay formación de precipitado.

6 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- 6.1 Recolectar por lo menos 500 mL de muestra en frascos de vidrio, polietileno o polipropileno. Siempre debe enjuagarse el frasco con una porción de la muestra.

- 6.2 Llenar las botellas completamente y tapar herméticamente, ya que las muestras de aguas residuales pueden estar sujetas a la acción microbiana y a pérdidas o ganancias de CO₂ u otros gases cuando se exponen al aire. Evitar la agitación de la muestra y su exposición prolongada al aire.
- 6.3 Conservar a una temperatura de 0°C a 4 °C hasta su análisis.
- 6.4 El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 24 h.

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, y
 - 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 adquiriera 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

9 PROCEDIMIENTO

- 9.1 Valoración de las disoluciones
 - 9.1.1 Valoración del ácido sulfúrico o ácido clorhídrico (0,02 N) (ver inciso 5.13). Pesar aproximadamente y con precisión 0,026 5 g del patrón primario de carbonato de sodio, secado 105°C (ver inciso 5.3), añadir unos 25 mL de agua y unas gotas de la disolución de naranja de metilo (ver inciso 5.17), valorar con el ácido hasta el vire del indicador (de canela a amarillo). Calcular la normalidad del ácido con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{A}{B \times 53} \times 1\,000$$

donde:

- N es la normalidad del ácido usado, equivalentes/L.;
- A son los gramos de carbonato de sodio;
- B son los mL de ácido utilizados, y
- 53 son los gramos por equivalente de carbonato de sodio.

- 9.1.2 Valoración del hidróxido de sodio (0,02 N) (ver inciso 5.15). Pesar aproximadamente y con precisión 0,102 g de biftalato de potasio secado a 105°C (ver inciso 5.2), añadir unos 25 mL de agua y unas gotas de la disolución de fenolftaleína (ver inciso 5.18), titular con la disolución de

hidróxido de sodio (ver inciso 5.15) hasta el vire del indicador (de incoloro a rosa). Calcular la normalidad del hidróxido con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{A}{B \times 204,2} \times 1\,000$$

donde:

N es la normalidad del hidróxido de sodio, equivalentes/L;
A son los gramos de biftalato de potasio;
B son los mL de hidróxido de sodio utilizados, y
204,2 son los gramos por equivalente de biftalato de potasio.

9.2 Acidez

9.2.1 Pretratamiento de la muestra

En caso de detectarse la presencia de cloro residual, eliminar la interferencia añadiendo 0,1 mL de la disolución de tiosulfato de sodio 0,1 M (ver inciso 5.16).

Si la muestra se encuentra libre de iones metálicos hidrolizables y cationes polivalentes en su forma reducida, proceder como se indica a partir del inciso 9.2.2. Las muestras de desechos industriales y drenajes que contengan concentraciones mayores a 1 mg/L de iones metálicos, tales como hierro, aluminio, manganeso, deben tratarse con peróxido de hidrógeno caliente. Este tratamiento con peróxido caliente consiste en pasar 100 mL de muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Medir el pH, si el pH está alrededor de 4,0 adicionar alícuotas de 5,0 mL de ácido sulfúrico (0,02 N) valorada (ver inciso 9.1.1) hasta reducir el pH a menos de 4. Adicionar 5 gotas de peróxido de hidrógeno al 30 % (ver inciso 5.8) y hervir la muestra de 2 min a 5 min. Registrar el volumen total de ácido sulfúrico (0,02 N) agregado. Enfriar a temperatura ambiente y titular de acuerdo al procedimiento descrito en el inciso 9.2.2

9.2.2 Transferir 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Adicionar 2 gotas de disolución indicadora de fenolftaleína (ver inciso 5.18) e introducir la barra magnética. Titular con disolución de hidróxido de sodio valorada (ver inciso 9.1.2) hasta el vire del indicador (de incoloro a rosa), registrar el volumen empleado en la titulación (acidez total).

9.2.3 Transferir 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Adicionar 2 gotas de disolución indicadora de naranja de metilo (ver inciso 5.17) e introducir la barra magnética. Iniciar la agitación y titular con disolución de hidróxido de sodio valorada (ver inciso 9.1.2) hasta el vire del indicador, registrar el volumen empleado en la titulación. Calcular la

acidez, tomando en cuenta el vire del indicador (de amarillo a canela) (acidez al anaranjado de metilo).

9.3 Alcalinidad

9.3.1 Transferir 100 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.

9.3.2 Adicionar 2 gotas de disolución indicadora de fenolftaleína (ver inciso 6.18).

9.3.3 Titular con la disolución valorada de ácido (0,02 N) (ver inciso 9.1.1) hasta el vire de la fenolftaleína (de rosa a incoloro)(ver inciso 5.18), registrar los mililitros gastados (alcalinidad a la fenolftaleína). Adicionar 2 gotas de la disolución indicadora de naranja de metilo (ver inciso 5.17).

9.3.4 Continuar con la titulación hasta alcanzar el vire del naranja de metilo. (de canela a amarillo), alcalinidad total.

9.3.5 Registrar los volúmenes para ambos puntos finales.

9.3.6 Calcular la alcalinidad, tomando en cuenta el vire de los indicadores.

10 CÁLCULOS

10.1 Calcular la acidez total como CaCO_3 en mg /L mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1:

$$\text{Acidez total como } \text{CaCO}_3 \text{ en mg /L} = \frac{[(A \times B) - (C \times D)] (50) (1\,000)}{100}$$

donde:

- 100 es el volumen de la muestra en mL;
A es el volumen de NaOH utilizado al vire de la fenolftaleína;
B es la normalidad de la disolución de NaOH;
C son los mL de H_2SO_4 utilizados en el tratamiento con peróxido;
D es la normalidad del H_2SO_4 utilizado;
50 es el factor para convertir eq/L a mg CaCO_3 /L, y
1 000 es el factor para convertir mL a L.



- 10.2 Calcular la alcalinidad total como CaCO_3 en mg /L, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2:

$$\text{Alcalinidad total como } \text{CaCO}_3 \text{ en mg /L} = \frac{AXN}{100}(50)(1\ 000)$$

donde:

- A es el volumen total gastado de ácido en la titulación al vire del anaranjado de metilo en mL;
N es la normalidad de la disolución de ácido;
100 es el volumen de la muestra en mL;
50 es el factor para convertir eq/L a mg CaCO_3 /L, y
1 000 es el factor para convertir mL a L.

- 10.3 Reporte de resultados

Reportar la acidez y/o alcalinidad en mg CaCO_3 /L con la precisión correspondiente.

11 INTERFERENCIAS

- 11.1 No deben eliminarse los sólidos suspendidos de la muestra, ya que pueden contribuir a su acidez o alcalinidad.
- 11.2 Las muestras que contienen iones oxidables o hidrolizables como: Hierro (ferroso y férrico), aluminio y manganeso en concentraciones altas, causan desviaciones en los puntos finales.

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 precauciones 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 este método. Debe tenerse un archivo de referencias de las hojas de información de seguridad el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.
- 12.3 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.
- 12.4 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.
- 12.5 El ácido sulfúrico es un compuesto químico debe manejarse con extremo cuidado. El adicionar ácido sulfúrico concentrado al agua produce una fuerte reacción exotérmica por lo cual esto debe realizarse muy lentamente con agitación y enfriamiento externo.
- 12.6 Cuando se diluyen, ácidos y bases fuertes, debe evitarse el contacto con la piel y vías respiratorias.

13 MANEJO DE RESIDUOS

Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referente 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 descargarse 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.
- ASTM D-1252-83 "Standard Test Method for Chemical Oxygen Demand in Water", American Society for Testing Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA, vol. 11.02, pp 62-68, 1994.



Method 2310 - "Acidity", "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, Washington, DC 20005, 19th Edition., 1995, pp. 23-25.

Method 305.2, "Acidity", Manual of Methods for Chemical Analysis of Water and Waste, Environmental Protection Agency, U.S.A., 1983.

Method 310.1, "Alkalinity (Titrimetric)", Manual of Methods for Chemical Analysis of Water and Waste, Environmental Protection Agency, U.S., 1983.

Method 310.2, "Alkalinity (Colorimetric)", Manual of Methods for Chemical Analysis of Water and Waste, Environmental Protection Agency, U.S., 1983.

Method 01-1001, "Method for The Analysis of Acidity and Alkalinity in Precipitation, Surface and Ground waters by Electrometric Titration", National Laboratory for Environmental Testing, "Manual of Analytical Methods", Canadá Centre for Inland Waters, Canadá Ontario, 1994, pp. 1-20.

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.

**MÉXICO D.F., A
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS**

MIGUEL AGUILAR ROMO