



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DEL AGUA



MANUAL

**DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO
TOTAL Y AMONÍACAL
CON MICRO DIGESTOR Y DESTILADOR
MARCA LABCONCO**

SEPTIEMBRE 2016



DIRECTORIO

FACULTAD DE INGENIERÍA

M. en I. Raúl Vera Noguez
Director

Dra. María Dolores Durán García
Subdirector Académico

M. en I. Luis Rojas Alonso
Subdirector Administrativo

Dr. Daury García Pulido
Coordinador del CIRA

M. en C. Ana Elisa Alcántara Valladolid
Responsable del laboratorio de Calidad del Agua

ELABORÓ

Dra. Mercedes Lucero Chávez
Dr. Daury García Pulido
T.L.Q. Oscar García Hernández

PRESENTACIÓN

El manual de determinación de nitrógeno total amoniacal con micro digestor y destilador marca Labconco, permitirá a los estudiantes realizar la determinación de nitrógeno total o nitrógeno Kjeldahl, nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico en aguas naturales y residuales.

Los parámetros anteriores se determinan en las prácticas de laboratorio de las unidades de aprendizaje de química del agua, hidroquímica y contaminación y tratamiento de los recursos hídricos. Las unidades de aprendizaje pertenecen al programa académico de la Maestría y Doctorado en Ciencias del Agua del programa del Centro Interamericano de Recursos del Agua.

Los alumnos generan un reporte con los resultados de los parámetros antes mencionados, agrupando los mismos con otros resultados de parámetros fisicoquímicos adquiridos en el laboratorio para su discusión e interpretación. El reporte lo entregaran al docente para su evaluación.

Para el desarrollo del presente manual se realizaron pruebas en el laboratorio con el equipo para corroborar la reproducibilidad de los resultados obtenidos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DEL LOS EQUIPOS	2
3. INTERFERENCIAS	4
4. MUESTREO Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS	5
5. EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO	5
6. REACTIVOS	5
7. PREPARACIÓN DE DISOLUCIONES	6
8. PROCEDIMIENTO	7
8.1 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO AMONIAICAL	7
8.2 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y ORGÁNICO	8
9. CÁLCULOS DE RESULTADOS	9
9.1 NITRÓGENO AMONIAICAL	9
9.2 NITRÓGENO ORGÁNICO	9
9.3 NITRÓGENO KJELDAHL	10
10. REPRODUCIBILIDAD	10
11. MANEJO DE RESIDUOS	11
12. ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA DE LABORATORIO	11
13. BIBLIOGRAFÍA	11

1. INTRODUCCIÓN

Las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales y residuales son, por orden decreciente de su estado de oxidación, nitrato, nitrito, amoníaco y nitrógeno orgánico.

El nitrógeno orgánico y amoniacal puede ser determinado por el método Kjeldahl, el cual aplica para la determinación del contenido de nitrógeno en sustancias orgánicas e inorgánicas.

El nitrógeno orgánico incluye productos naturales como las proteínas y péptidos, ácidos nucleicos y urea, y numerosos materiales orgánicos sintéticos. El amoníaco se encuentra en forma natural en las aguas superficiales y residuales. Se produce en gran parte por desaminación de los compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea.

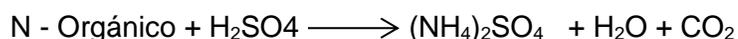
La presencia de nitrógeno orgánico y amoniacal en un agua natural es un indicativo de la reciente contaminación, teniendo en consideración que con el tiempo el nitrógeno orgánico disminuye mientras el nitrógeno orgánico aumenta.

Se define a continuación el nitrógeno total Kjeldahl como la suma de nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico los cuales son convertidos a sulfato de amonio $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$, bajo condiciones de ciertas condiciones de digestión. El nitrógeno orgánico Kjeldahl es definido como la diferencia del nitrógeno Kjeldahl y el nitrógeno amoniacal.

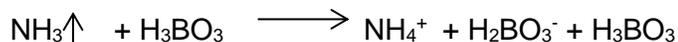
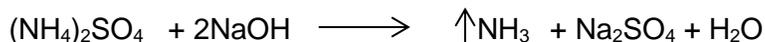
El nitrógeno orgánico Kjeldahl puede ser determinado directamente por remoción del nitrógeno amoniacal antes de la digestión.

El nitrógeno Kjeldahl puede ser dividido en tres procesos básicos:

1. Digestión



2. Destilación



3. Titulación



El método es aplicable a muestras de agua naturales, residuales y residuales tratadas.

El objetivo de este manual es determinar el nitrógeno total, orgánico y amoniacal con el equipo de micro digestión y destilación marca Labconco.

2. DESCRIPCIÓN DEL LOS EQUIPOS

a) Micro digestor

El digestor micro Kjeldahl que se muestra en la figura 1 fue diseñado para la digestión de muestras que contienen nitrógeno, tiene la capacidad para 6 matraces de 100 mL. Cuenta con 6 parillas y cada una tiene un controlador individual.



Fuente: <http://www.labconco.com/product/micro-digestor-2/976>

Figura 1. Micro digestor marca Labconco, modelo 60300-00

Aparato de digestión

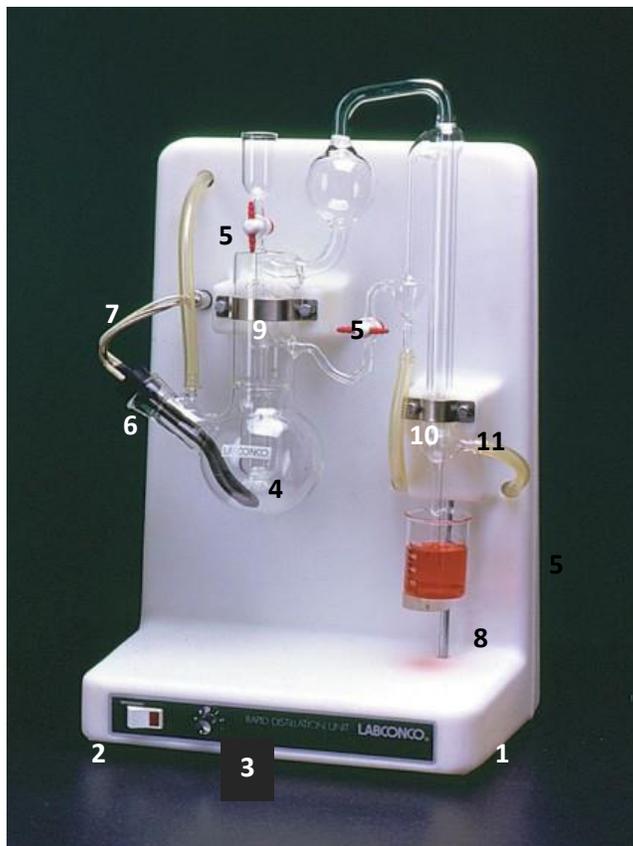
Las partes del equipo se enumeran a continuación:

1. Soporte del colector.
2. Colector de vidrio.
3. Parrilla de calentamiento.
4. Tornillos ajustadores de altura.
5. Interruptor de control térmico variable.
6. Matraz bola de 100 mL cuello largo.

La parrilla a utilizar puede variar con respecto a la base que soporta los matraces. En este caso se muestra la de resistencias expuestas, la otra tiene un espacio hueco donde embonan los matraces y el calentamiento es uniforme.

b) Destilador

El aparato de destilación Labconco fue diseñado para trabajar muestras de manera semi automática. El aparato puede ser utilizado para muestras que contengan niveles micro y macro de nitrógeno.



Fuente: <http://www.labconco.com/product/micro-digestor-2/976>

Figura 2. Destilador marca Labconco, modelo 65000

El aparato de destilación acepta un volumen aproximado de 50 mL.

Las partes del equipo se enumeran a continuación:

1. Soporte. Es una pieza de ensamble de poliestireno para soportar el equipo de destilación.
2. Botón de encendido y apagado.
3. Control de calentamiento.
4. Equipo de vidrio de borolítico.
5. Llave de teflón
6. Resistencia
7. Enchufe de calentamiento.
8. Plataforma para vaso de precipitado.
9. Abrazadera grande.
10. Abrazadera chica.
11. Tornillo para abrazadera chica y grande.

3. INTERFERENCIAS

Nitratos

Interferencia negativa

El nitrato en concentraciones por arriba de 10 mg/L puede oxidar parte del amoniacado liberado produciendo N_2O .

Interferencia positiva

Con la presencia de la materia orgánica reductora, el nitrato puede reducirse a amoniacado.

La reacción entre el nitrato y el amoniacado puede prevenirse con el uso de una resina de intercambio iónico (en forma de cloruros) para remover el nitrato.

Sales o materia orgánica

Una gran cantidad de sales o materia inorgánica en la muestra se pueden disolver durante la digestión, la temperatura podría alcanzar los $400^{\circ}C$; esta temperatura es el punto pirolítico menor del nitrógeno. Para prevenir que se presenten estas altas temperaturas, añadir más ácido sulfúrico para mantener el balance sal-ácido.

No todas las sales incrementan la temperatura hasta $400^{\circ}C$, por lo cual la adición a la muestra de 1 mL de H_2SO_4/g de sal proporciona resultados aceptables. La adición de ácido debe hacerse por igual a la muestra, blanco y estándares.

Tener cuidado con la cantidad de ácido adicionado ya que un exceso disminuye la temperatura de destilación por debajo de $380^{\circ}C$, lo cual resulta en una digestión y recuperación incompleta.

Las sales o sólidos en grandes cantidades pueden causar golpeteo durante la destilación. Si esto ocurre añadir más agua de dilución después de la digestión.

La materia orgánica durante la digestión es oxidada por el H_2SO_4 a CO_2 y H_2O . Si estuviera presente una gran cantidad de materia orgánica, se consume mucho ácido; para prevenir esto se recomienda aumentar la proporción de sal-ácido y la temperatura de digestión. Si está presente una gran cantidad de materia orgánica, resulta en pérdida pirolítica del nitrógeno. Para prevenir esta situación añadir al matraz de digestión 3.33 mL de H_2SO_4 concentrado por cada g de DQO. Alternativamente, añadir 16.67 mL más de reactivo de digestión por cada gramo de DQO. La adición de más ácido puede ocasionar la necesidad de añadir más reactivo hidróxido-tiosulfato de sodio para lograr el pH alto requerido para la destilación.

Reactivos para la preparación de las disoluciones

El blanco de reactivos debe ser tratado igual que las muestras debido a que los reactivos pueden contener trazas de amoniacado.

Cloro residual

Es necesario eliminar el cloro residual porque reacciona con el nitrógeno amoniacado. Se puede eliminar agitando la muestra o dejándola expuesta a la luz solar por lo menos 1 h.

4. MUESTREO Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Deben tomarse un mínimo de 500 mL de muestra; en un envase de polietileno. Las muestras pueden ser compuestas o simples.

Las muestras deben preservarse con ácido sulfúrico (1:1) a un pH de 1.0 a 2.0. Posteriormente han de mantenerse a $4 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta su análisis.

El tiempo máximo de almacenamiento es de 30 días, en condiciones de obscuridad.

5. EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO

- Equipo de digestión y destilación
- Balanza analítica con precisión de 0.0001 g
- 1 Caja tiras reactivas de pH
- 1 Pizeta
- 3 Pipetas serológicas de 10 mL
- 2 Probetas de 50 mL
- 2 Perillas succionadoras
- 1 Bureta de 50 mL semiautomática
- 4 Matraces Erlenmeyer de 50 mL
- 1 Vaso de precipitado de 100 mL
- 1 Matraz Erlenmeyer de 125 mL
- 1 Frasco con gotero
- 1 Vaso de precipitado de 10 mL
- 6 Matraces Kjeldahl de 100 mL

NOTA: Si se considera necesario remojar durante 1 h en una disolución de ácido sulfúrico al 10 % y enjuagar con agua destilada.

6. REACTIVOS

- Agua con una conductividad a 25°C de $5.0 \mu\text{S/cm}$ y un pH entre 5 y 8.
- Ácido bórico (H_3BO_3)
- Ácido sulfámico ($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$) u otra sal orgánica que contenga nitrógeno
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- Alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) o Alcohol isopropílico ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$)
- Carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3), material de referencia
- Cloruro de amonio (NH_4Cl)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Indicador de rojo de metilo ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$)
- Indicador de azul de metileno ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{S}$)
- Naranja de metilo, sal sódica ($\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$)
- Sulfato de cobre (II) anhidro (CuSO_4)
- Sulfato de potasio (K_2SO_4)
- Tetraborato de sodio decahidratado ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

7. PREPARACIÓN DE DISOLUCIONES

Disolución indicadora de ácido bórico

Pesar aproximadamente 2.0 ± 0.05 g de ácido bórico, disolver en 50 mL de agua, agregar 1 mL de la mezcla de indicadores y diluir a 100 mL. Guardar la disolución en un envase de plástico o en un contenedor libre de boro, preparar mensualmente.

Mezcla de indicadores

Pesar aproximadamente 0.020 ± 0.0005 g de indicador rojo de metilo diluir a 10 mL con alcohol.

Pesar aproximadamente 0.010 ± 0.0005 g de indicador azul de metileno y diluir a 5 mL con alcohol. Mezclar las dos disoluciones en un frasco de vidrio. Preparar mensualmente.

Disolución de tetraborato de sodio (0.025 M)

Pesar aproximadamente 0.95 ± 0.02 g de tetraborato de sodio decahidratado, disolver en 50 mL de agua y diluir a 100 L con agua.

Disolución amortiguadora de boratos

Añada 8.8 mL de la disolución de NaOH 0.1 M a 50 mL de disolución de tetraborato de sodio 0.025 M y diluir a 100 mL con agua.

Disolución de hidróxido de sodio (≈ 0.1 M)

Pesar aproximadamente 0.4 ± 0.01 g de hidróxido de sodio y disolver en 50 mL de agua, dejar enfriar hasta temperatura ambiente y llevar a 100 mL.

Disolución de ácido sulfúrico (≈ 0.03 M)

Preparar una disolución de ácido sulfúrico diluyendo 0.6 mL en 200 mL de agua.

Disolución valorada de ácido sulfúrico (≈ 0.006 M)

Diluir 200 mL de la disolución de ácido sulfúrico 0.03 M en 1 L de agua.

Titular la disolución de ácido sulfúrico obtenida con una disolución de 30 mL de agua libre de dióxido de carbono y 0.0318 ± 0.0005 g de carbonato de sodio anhidro, previamente secado por 1 h a 140 ± 2 °C, y 2 gotas del indicador anaranjado de metilo; titular esta disolución con el ácido sulfúrico hasta que el indicador vire de amarillo a canela.

Disolución de anaranjado de metilo.

Pesar 0.025 ± 0.0025 g del reactivo anaranjado de metilo y diluir a 50 mL con agua.

Reactivo para la digestión.

Pesar aproximadamente 26.8 ± 0.1 g de sulfato de potasio y 1.46 ± 0.04 g de sulfato de cobre (II) anhidro disolver en 160 mL de agua destilada, agregar cuidadosamente 26.8 mL de ácido sulfúrico concentrado. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente y diluir la mezcla a 200 mL con agua. Almacenar la disolución a una temperatura de 20 ± 5 °C para evitar la cristalización.

Disolución reactiva de hidróxido-tiosulfato de sodio

Pesar aproximadamente 100 ± 0.1 g de hidróxido de sodio y 5.0 ± 0.1 g de tiosulfato de sodio pentahidratado disolver en agua; dejar enfriar hasta temperatura ambiente y diluir a 200 mL con agua.

Disolución de hidróxido de sodio (≈ 6 M)

Pesar aproximadamente 48 ± 0.1 g de hidróxido de sodio disolver en agua; dejar enfriar hasta temperatura ambiente y diluir a 200 mL con agua.

Disolución de nitrógeno amoniacal (0.07 M)

Pesar aproximadamente 0.3819 ± 0.01 g de cloruro de amonio disolver y diluir a 100 mL con agua.

Disolución de nitrógeno orgánico (0.07 M)

Pesar aproximadamente 1.386 ± 0.04 g de ácido sulfámico disolver y diluir a 200 mL con agua.

Disolución de hidróxido de sodio para neutralización ($\approx 12,5$ M)

Pesar aproximadamente 100 ± 0.1 g de hidróxido de sodio disolver en agua; dejar enfriar hasta temperatura ambiente y diluir a 200 mL con agua.

Disolución de ácido sulfúrico para neutralización (≈ 5 M).

Tomar 100 mL de ácido sulfúrico concentrado y disolver en agua; dejar enfriar hasta temperatura ambiente y diluir a 200 mL con agua.

8. PROCEDIMIENTO

Limpiar el equipo de destilación antes de utilizarlo, destilando una mezcla (1:1) agua y disolución hidróxido-tiosulfato de sodio hasta que el destilado esté libre de amonio. Esta operación debe realizarse cada vez que el aparato este fuera de servicio.

Realizar el análisis del blanco y las muestras por triplicado.

8.1 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO AMONICAL

a) Preparación de la muestra y el ácido bórico

1. Medir 30 mL de agua destilada, control o muestra en una probeta.
2. Medir el pH, ajustar el mismo de ser necesario cercano a 7.0 con disolución de hidróxido de sodio 12.5 M o disolución de ácido sulfúrico 5 M.
3. Adicionar 1.5 mL de solución amortiguadora y ajustar el pH a 9.5 con disolución de hidróxido de sodio 6 M.
4. Colocar 3 mL de ácido bórico en un matraz Erlenmeyer de 50 mL.

b) Destilación

1. Abrir la llave de agua que se conecta al refrigerante, mantener la corriente de agua al mínimo considerando que se mantenga frío el refrigerante.
2. El matraz con la resistencia de calentamiento se debe mantener con 2/3 de agua destilada, durante la sesión de trabajo colocar agua destilada para reemplazar la evaporada.
3. Presionar el botón de encendido.
4. Permitir que se alcance el equilibrio térmico. La destilación debe estar entre 4 – 5 mL/min.

5. Colocar el matraz Erlenmeyer de 50 mL con la solución de ácido bórico, la punta del condensador debe estar sumergida por debajo de la superficie del líquido.
6. Checar que las llaves de teflón estén cerradas.
7. Colocar en el cono de adición la muestra, abrir la llave de teflón del cono y terminar de verter la muestra. Cerrar la llave de teflón.
8. Retirar el matraz colector después de recuperar 20 mL de destilado incluyendo los 3 mL de la disolución de ácido bórico y titular con disolución de ácido sulfúrico 0.03 o 0.006 M hasta que el indicador en la disolución vire de verde esmeralda a morado. Registrar el volumen gastado de ácido.
9. Permitir que continúe la destilación por 1 min o 2 min más para que el sistema se limpie.
10. Apagar el equipo de destilación.
11. Cerrar el agua de la llave, retirar la manguera del desagüe y llevarla a una cubeta para verter el resto de la muestra.
12. Abrir la llave de teflón cercana al refrigerante y desechar la muestra no destilada.
13. Pasar la manguera al desagüe e iniciar con la siguiente muestra.

Nota: cuándo la muestra se pase al matraz que contiene el agua destilada a ebullición, se tiene que descartar la misma y llenar de nuevo.

8.2 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y ORGÁNICO

La selección del volumen de la muestra puede realizarse con base en la tabla 1.

Tabla 1. Volumen de muestra a considerar de acuerdo con la concentración de N-Orgánico.

Concentración de N-Orgánico en la muestra (mg/L)	Tamaño de la muestra (mL)
4 -40	50
8 – 80	25
20 – 200	10
40 – 400	5

a) Determinación de N-Orgánico (eliminar el N-NH₃)

1. En un recipiente de 100 mL colocar 50 mL de muestra o una alícuota apropiada diluida a 50 mL con agua. Añadir 3 mL del buffer de boratos y ajustar el pH a 9,5 con la disolución de hidróxido de sodio 6 M.
2. Transferir la disolución obtenida a un matraz Kjeldahl de 100 mL y colocar cuentas de vidrio o piedras de ebullición. Colocar el matraz en el equipo de digestión micro Kjeldahl y permitir que se evaporen aproximadamente 30 mL.
3. Posteriormente realizar la destilación, recuperando el destilado en 3 mL de ácido bórico.
4. Titular con la disolución de ácido sulfúrico ≈0.03 o 0.006M.

b) Determinación de N-Kjeldahl

1. Cuidadosamente añadir 10 mL de reactivo de digestión al matraz Kjeldahl que contiene la muestra. Añadir algunas perlas de ebullición y colocarlo en el equipo de digestión.
2. Calentar la disolución obtenida hasta que se vuelva transparente y se observe la formación abundante de humos ligeramente verdes.
3. Aumentar el calentamiento al máximo permitido por el equipo y digerir por 30 min más.
4. Transferir el contenido del matraz Kjeldahl al equipo de destilación, cuidando que el volumen total transferido no exceda de 20 mL.
5. Añadir 10 mL de la disolución hidróxido-tiosulfato de sodio y colocar en el destilador y posteriormente realizar la destilación, recuperando el destilado en 3 mL de ácido bórico.
6. Titular con la disolución de ácido sulfúrico ≈ 0.03 o 0.006 M.

9. CÁLCULOS DE RESULTADOS

9.1 NITRÓGENO AMONIACAL

La concentración de N-NH₃ en mg/L en la muestra se calcula como se indica a continuación:

$$\text{N-NH}_3 = \frac{(V_A - V_B) \times M \times PM}{V_m}$$

Donde

N - NH₃: concentración de nitrógeno amoniacal; V_A: mL de ácido sulfúrico gastados en la titulación de la muestra; V_B: mL de ácido sulfúrico gastados en el blanco; M: es la concentración del ácido sulfúrico; PM: masa atómica del nitrógeno; V_m: mL de muestra.

9.2 NITRÓGENO ORGÁNICO

La concentración de N-Orgánico en mg/L en la muestra se calcula como se indica a continuación:

$$\text{N-Orgánico} = \frac{(V_A - V_B) \times M \times PM}{V_m}$$

Donde

N - Orgánico: concentración de nitrógeno orgánico; V_A: mL de ácido sulfúrico gastados en la titulación de la muestra; V_B: mL de ácido sulfúrico gastados en el blanco; M: concentración del ácido sulfúrico; PM: masa atómica del nitrógeno; V_m: mL de muestra.

9.3 NITRÓGENO KJELDAHL

La concentración de N-Kjeldahl en mg/L en la muestra se calcula como se indica a continuación:

$$\text{N-Kjeldahl} = \text{N-NH}_3 + \text{N-Orgánico}$$

Donde

N - Orgánico: concentración de nitrógeno orgánico; N - NH₃: concentración de nitrógeno amoniacal.

Si se obtiene el N - Kjeldahl se calcula como se indica a continuación:

$$\text{N-Kjeldahl} = \frac{(V_A - V_B) \times M \times PM}{V_m}$$

Donde

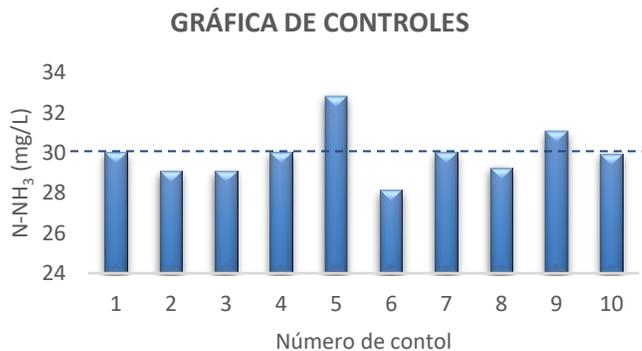
N - Kjeldahl: concentración de nitrógeno Kjeldahl; V_A: mL de ácido sulfúrico gastados en la titulación de la muestra; V_B: mL de ácido sulfúrico gastados en el blanco; M: concentración del ácido sulfúrico; PM: masa atómica del nitrógeno; V_m: mL de muestra.

10. REPRODUCIBILIDAD

Se analizaron una serie de blancos y controles obteniendo los siguientes resultados.

Blanco. Los mL gastados de la disolución de ácido sulfúrico para los blancos realizados fueron 0.6, 0.3, 0.2, 0.3, 0.15, 0.5, 0.1, 0.7 mL con un promedio de 0.36 mL y una desviación estándar de 0.22.

Control de N-NH₃. El control fue de un valor teórico de 30.04 mg/L y los resultados del análisis fueron de 30.02, 29.08, 29.08, 30.02, 32.83, 28.14, 30.02, 29.26, 31.06 mg/L obteniéndose un valor promedio de 29.95 mg/L y una desviación estándar de 1.36. La diferencia de porcentaje entre el valor teórico y el valor promedio obtenido en el análisis fue de 1.5%, este valor indica que los resultados obtenidos son correctos, a reserva del 5 y 6 si se los controles se consideran individualmente.



- Del 1 al 9 son los valores de los controles analizados.
- El 10 es el valor promedio de los controles
- La línea punteada representa el valor teórico del control.

El sistema requiere de un controlador de presión para mantener la presión en el equipo de vidrio de borosilicato, y así evitar que la muestra pase a donde se encuentra el agua en ebullición o viceversa. Los resultados del control se vieron aumentados o disminuidos según fue el caso. Cuando se observó un incremento o reducción del volumen en el equipo de vidrio de borosilicato se descartó el resultado.

11. MANEJO DE RESIDUOS

Los residuos ácidos o alcalinos se deben neutralizar para ser desechados al alcantarillado.

Todas las muestras que cumplan con la norma de descarga a alcantarillado pueden descargarse en el mismo sistema

Los residuos peligrosos se deben identificar y almacenar para su posterior disposición de acuerdo con el reglamento del Laboratorio.

12. ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

- Realizar un diagrama de flujo del procedimiento de la práctica de laboratorio.
- Hacer los cálculos para los controles de N-Amónico y N-Orgánico a partir de los reactivos cloruro de amonio y ácido sulfámico. La concentración debe ser en función del tipo de muestra: agua potable o agua residual.
- Investigue el ciclo del nitrógeno y comente que procesos se llevan a cabo en el mismo.
- Qué parámetros requiere para determinar el nitrógeno total.

13. BIBLIOGRAFÍA

APHA (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Water Works. USA.

DOF (2013). NMX-AA-026-SCFI-2010. Análisis de agua- Medición de nitrógeno total Kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba – (cancela a la NMX-AA-026-SCFI-2001).

Labconco Corporation (1997). Instruction manual, model 60300-00 – 60300-01. Micro-Kjeldahl. USA.

Labconco Corporation (1988). Instruction manual, model 65000. Rapid Distillation Apparatus. USA.

Sigosa, T. J. (1984). Manual. Centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua. D.F., México.