

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL ANÁLISIS DE
ALIMENTOS Y AGUAS EN EL LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
AGRÍCOLA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

PRESENTADO POR

KAREN LISSETH OSORIO SOLÓRZANO

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA Y FARMACIA

MAYO 2026

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIDA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL

LICENCIADA ANA LUISA CRUZ DE ALEGRÍA

LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

MAESTRO GUILLERMO JACOB PINEDA MAGAÑA

TRIBUNAL EVALUADOR

MAESTRO ELISEO ERNESTO AYALA MEJÍA

MAESTRO OSCAR RAÚL AVILÉS FLORES

TUTOR

LICENCIADO MARIO ANTONIO HERNÁNDEZ MELGAR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi Padre celestial, y a la Virgencita, madre amorosa e intercesora fiel, a quienes debo todo lo que soy y lo que he alcanzado, elevo mi más profunda gratitud; han sido la luz que iluminó mis momentos de incertidumbre y la fortaleza que me sostuvo ante cada desafío.

Mis palabras se quedan cortas para expresar la inmensidad de mi agradecimiento hacia los pilares fundamentales de mi existencia: mis padres, Blanca Nery Solórzano y José Antonio Osorio, gracias por estar siempre, sin condiciones. Su amor incondicional, sus sacrificios y la fe inquebrantable en mis capacidades han sido el sustento esencial en cada etapa de mi vida. Cada logro que alcanzó lleva sus huellas imborrables, y este título es un humilde tributo a su entrega sin límites.

A mis hermanos, quienes han sido mis aliados en cada etapa de mi vida, convirtiéndose en mi refugio en los días difíciles y en fuente constante de mi alegría. Gracias por su apoyo incondicional.

A mis abuelos maternos, María Alicia Maldonado y Juan José Solórzano, gracias por darme una infancia llena de amor, por su apoyo incondicional y por ser una presencia constante y significativa a lo largo de toda mi vida. Los admiro profundamente por su ejemplo, fortaleza y entrega; este logro es un reflejo de todo lo que sembraron en mí.

A mis abuelos paternos, que desde el cielo iluminan mi camino. Su memoria permanece como una guía firme que me impulsa a honrar su nombre con cada logro alcanzado.

A todo el personal del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, especialmente al MSc. Freddy Alexander Carranza por brindarme la oportunidad y confiar en mis capacidades, por su apoyo y disposición, y al MSc Guillermo Jacob Pineda, por su guía cercana, su paciencia y compromiso constante, sus conocimientos y consejos dejaron una huella significativa en mi formación.

Al Lic. Mario Antonio Hernández, por estar presente a lo largo de mi formación, extendiendo su apoyo y orientación con generosidad. Sus consejos y su ejemplo marcaron profundamente mi formación académica y personal.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a la Dirección de Procesos de Grado, Licda. Ana Luisa Cruz, así como a los asesores de área, MSc. Eliseo Ayala Mejía y MSc. Oscar Raúl Avilés, por sus valiosas recomendaciones, su constante disposición y el apoyo brindado a lo largo de esta etapa.

ÍNDICE GENERAL

	Pág. N°
ABREVIATURAS	
GLOSARIO	
RESUMEN	
CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II	
2.0 OBJETIVOS	14
CAPÍTULO III	
3.0 MARCO TEÓRICO	16
3.1. Fundamentos de la Química Analítica y del Análisis Químico	16
3.1.1. Tipos de análisis químicos: análisis cualitativo y cuantitativo	16
3.2. Conceptos básicos en Análisis Químico	16
3.3. Clasificación de los métodos analíticos	17
3.3.1. Métodos Clásicos o Químicos	17
3.3.2. Métodos Instrumentales	17
3.3.3. Métodos de Separación	17
3.4. Pretratamiento de muestras	18
3.4.1. Importancia del pretratamiento de muestras	18
3.4.2. Objetivos del pretratamiento de muestras	18
3.4.3. Métodos de pretratamiento de muestras	18
3.5. Alimentos	20
3.5.1. Definición de alimento	20
3.5.2. Clasificación de los alimentos	20
3.5.3. Composición química de los alimentos	21
3.5.4. Análisis de los alimentos	21
3.5.5. Análisis bromatológico proximal	22
3.6. Minerales	24

3.6.1. Espectroscopía de absorción atómica	24
3.7. Aguas	25
3.7.1. Definición de agua	25
3.7.2. Clasificación de aguas	25
3.7.3. Composición y estructura del agua	26
3.7.4. Análisis del agua	26
3.8. Análisis físicos del agua	27
3.8.1. Conductividad	27
3.8.2. pH	27
3.8.3. Turbidez	27
3.8.4. Temperatura	28
3.8.5. Sólidos (totales, disueltos y suspendidos)	28
3.9. Análisis químicos del agua	28
3.9.1. Dureza total	28
3.9.2. Oxígeno disuelto	28
3.9.3. Alcalinidad	28
3.9.4. Cloruros	28
3.9.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno	29
3.9.6. Fosfatos	29
3.9.7. Nitratos	29
3.9.8. Sulfatos	29
4.0. Definición de un manual	29
4.1. Elaboración de un manual	30
CAPÍTULO IV	
5.0 PRODUCTO FINAL	32
Análisis Bromatológico Proximal y Determinación de Minerales en Alimentos	42
Análisis Físicoquímicos de Aguas	116
CAPÍTULO V	
6.0 CONCLUSIONES	176

CAPÍTULO VI

7.0 RECOMENDACIONES

178

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Factores de conversión de proteína usados para convertir nitrógeno a proteína entre diferentes alimentos	58
2	Preparación de estándares múltiples para Fe, Na, K, Zn y Cu	92
3	Preparación de estándares individuales para Ni, Mn, Cd y Pb	93
4	Preparación de estándares de Ca y Mg	95
5	Parámetros para lectura de minerales en AA-Llama	96
6	Parámetros de repetición en equipo para determinación de minerales por AA-Llama	97
7	Parámetros de sprayado en equipo para determinación de minerales por AA-Llama	97
8	Parámetros para lectura de minerales en AA-Horno	98
9	Parámetros para lectura de minerales en AA-GH	101
10	Escala de medición de sólidos sedimentables (mL/L)	165
11	Parámetros de lectura en la determinación de turbidez	173

ABREVIATURAS

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

ISO: International Organization for Standardization

FND: Fibra Neutro Detergente

FAD: Fibra Ácido Detergente

DBO/DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno (a 5 días cuando se especifica DBO5)

OD: Oxígeno Disuelto

SD: Sólidos Disueltos

SS: Sólidos en Suspensión

UV: Ultravioleta

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

AA-Llama: Absorción Atómica por Llama

AA-Horno: Absorción Atómica con Horno de Grafito

AA-GH: Absorción Atómica con Generador de Hidruros

ppm: Partes por millón

ppb: Partes por billón

EE: Extracto Etéreo

KJEL-TAB: Tabletas comerciales de catalizador para digestión Kjeldahl

RESUMEN

El presente trabajo de grado se desarrolló en modalidad de Práctica Profesional Supervisada en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, durante el periodo de julio de 2025 a febrero de 2026. Surge ante la necesidad de uniformizar criterios y estandarizar los procedimientos para el análisis de alimentos y aguas, dado que la ausencia de un documento sistematizado comprometía la uniformidad y la trazabilidad de los resultados.

El objetivo principal fue elaborar un manual técnico que consolidara los protocolos de pretratamiento adaptados a las condiciones locales y metodologías analíticas alineadas a normativas vigentes y aplicables al trabajo del laboratorio.

La metodología incluyó la recopilación de información bibliográfica actualizada, revisión de protocolos internos, manuales técnicos y normativas nacionales e internacionales, y la estructuración lógica de los procedimientos para su aplicación.

Como producto final, se obtuvo un manual institucional que sistematiza los protocolos de pretratamiento por tipo de matriz, el análisis bromatológico proximal, la determinación de minerales y la caracterización fisicoquímica de aguas; integrando recomendaciones prácticas que fortalecen la reproducibilidad de los ensayos y la estandarización de los resultados.

Se concluye que la disposición de este manual deja una herramienta didáctica y técnica que fortalece la calidad institucional, beneficiando a estudiantes, docentes y analistas, y contribuyendo a la optimización de los procesos de análisis para alimentos y aguas. Se recomienda mantener actualizado el manual mediante la incorporación de nuevas metodologías y normativas, con el fin de garantizar la mejora continua y la calidad de los análisis.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

La aplicación de métodos analíticos sistematizados en el laboratorio constituye un aspecto esencial para garantizar la confiabilidad, precisión y reproducibilidad de los resultados. Estos procedimientos, alineados con normativas internacionales y nacionales de calidad, permiten asegurar la fiabilidad de los procesos y fortalece las competencias de quienes realizan actividades analíticas en el laboratorio.

El presente trabajo es realizado como parte del programa de Práctica Profesional Supervisada, en el contexto de trabajo de grado, y está orientado a la elaboración de un manual de métodos analíticos, enfocado en el análisis de alimentos y aguas. La Práctica Profesional Supervisada fue realizada en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador durante el periodo comprendido de julio de 2025 a febrero de 2026, en un tiempo total de 960 horas.

La elaboración del manual se llevó a cabo con el propósito de consolidar y organizar todos los procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio, facilitando su aplicación de manera uniforme y sistemática. Este documento surge como una herramienta de apoyo para analistas, docentes y estudiantes, permitiendo reducir errores operativos, mejorar la comprensión de los métodos y fortalecer la calidad de los resultados analíticos, consolidando así un instrumento técnico que favorece la eficiencia, la reproducibilidad y la formación académica.

Como resultado de esta práctica, se obtuvo un manual institucional estructurado y de fácil aplicación que detalla los pasos para el pretratamiento de muestras, el análisis bromatológico proximal, la determinación de minerales y parámetros fisicoquímicos de aguas, contribuyendo al fortalecimiento de las actividades analíticas del Laboratorio del Departamento de Química Agrícola, y apoyando el cumplimiento de los objetivos de calidad en los procesos de análisis.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Elaborar un manual de métodos analíticos para el análisis de alimentos y aguas en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Recopilar información sobre los métodos analíticos de alimentos y aguas aplicados en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola.

2.2.2 Estructurar procedimientos de pretratamiento de muestras de alimentos y aguas para garantizar su correcta preparación antes del análisis.

2.2.3 Presentar el manual final en un formato práctico y claro como herramienta de consulta y referencia para el laboratorio del Departamento de Química Agrícola.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1. Fundamentos de la Química Analítica y del Análisis Químico ⁽¹⁾

Se puede definir la “Química Analítica” como una ciencia de medición basada en un conjunto de ideas y métodos útiles en todos los campos de la ciencia. La Química Analítica se ocupa de separar, identificar y determinar la composición relativa de cualquier muestra de materia. Por otro lado, se considera al “Análisis Químico” como la parte práctica de la “Química Analítica”, que aplica los métodos desarrollados por la misma para la resolución de problemas.

La relación de la Química Analítica no se reduce simplemente a otras ramas de la química, sino a otras muchas ciencias, por lo que es frecuente que se la califique como “Ciencia Central”. Asimismo, la naturaleza interdisciplinaria del análisis químico le convierte en una herramienta vital en laboratorios médicos, industriales, académicos y gubernamentales.

3.1.1. Tipos de análisis químicos: análisis cualitativo y cuantitativo

El Análisis Químico de una muestra de materia puede abordarse desde dos puntos de vista: análisis cualitativo y análisis cuantitativo. El análisis cualitativo establece la identidad química de las especies en la muestra. El análisis cuantitativo determina en forma numérica la cantidad relativa de las especies que componen la muestra.

3.2. Conceptos básicos en Análisis Químico:

Se denomina muestra a una parte representativa de la materia objeto de análisis, siendo una alícuota de la muestra una porción o fracción de la misma. Se llama analito a la especie química objeto del análisis. La matriz de la muestra será el conjunto de todas aquellas especies químicas que acompañan al analito en la muestra. La técnica analítica es el medio utilizado para llevar a cabo el análisis químico, mientras que el método analítico es un concepto más amplio pues no sólo incluye a la o las técnicas analíticas empleadas en un análisis sino también todas las operaciones implicadas hasta la consecución del resultado final.

3.3. Clasificación de los métodos analíticos

Para llevar a cabo un análisis cuantitativo hay que llevar a cabo dos mediciones:

- La primera medida es el peso o volumen de la muestra bajo análisis.
- La segunda medida es una cantidad que es proporcional a la cantidad de analito presente en la muestra.

Los métodos analíticos se clasifican en función de la naturaleza de esta última medida, en este sentido hablamos de:

3.3.1. Métodos Clásicos o Químicos

En los métodos gravimétricos se determina la masa de analito o de algún compuesto relacionado químicamente con él.

En los métodos volumétricos se mide el volumen de una disolución de concentración conocida que contiene la cantidad de reactivo necesaria para reaccionar completamente con el analito.

3.3.2 Métodos Instrumentales

Los métodos electroanalíticos conllevan la medida de alguna propiedad eléctrica como potencial, intensidad de corriente, resistencia o cantidad de electricidad.

Los métodos espectrofotométricos se basan en la medida de alguna propiedad de la radiación electromagnética tras la interacción con los átomos o moléculas de analito; o bien la producción de radiación electromagnética a partir del analito cuando la materia ha sido sometida a algún tipo de excitación.

Existe un grupo misceláneo de métodos que implican la medida de la relación carga-masa, velocidad de desintegración radioactiva, calor de reacción, conductividad térmica, actividad óptica o índice de refracción.

3.3.3. Métodos de Separación

Cuando se desarrollaron estos métodos su finalidad inicial era la eliminación de interferentes antes de proceder a aplicar la técnica analítica seleccionada. En la actualidad, existen métodos de separación que son métodos de análisis en sí mismos, como por ejemplo la cromatografía. (1)

3.4. Pretratamiento de muestras ⁽²⁾

El pretratamiento de muestras se refiere a los procedimientos iniciales aplicados a una muestra antes del análisis principal, que generalmente involucran métodos físicos. Estos procedimientos pueden incluir procesos tales como lavado, tamizado, refrigeración, homogeneización, molienda, secado, filtración, agitación magnética, disolución y centrifugación.

3.4.1. Importancia del pretratamiento de muestras

Este proceso es esencial para garantizar que las muestras sean representativas, homogéneas y compatibles con los métodos analíticos elegidos. Sin un tratamiento previo adecuado, la muestra puede contener interferencias que distorsionen los resultados, mientras que la ausencia de un tratamiento adecuado puede provocar la pérdida de analitos o la obtención de datos inexactos.

3.4.2. Objetivos del pretratamiento de muestras:

Los principales objetivos del procesamiento de muestras se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Eliminar sustancias que pueden interferir con los resultados del análisis: la presencia de interferencias en la muestra puede comprometer seriamente la precisión de los resultados analíticos. Las interferencias son sustancias que pueden reaccionar con los analitos de interés o con los reactivos utilizados en el análisis, generando señales falsas o enmascarando señales verdaderas.
- Asegurar que la muestra esté en las condiciones ideales para el análisis, compatible con los requisitos específicos del método analítico elegido: Cada método analítico tiene requisitos específicos en cuanto al estado físico y químico de la muestra.

3.4.3. Etapas de pretratamiento de muestras ⁽²⁾

- Lavado: puede ser necesario lavar las muestras para eliminar los contaminantes superficiales o que interfieren. Este proceso es común en análisis que requieren muestras puras.

- La homogeneización: es un proceso fundamental para garantizar la uniformidad de la muestra. Además de los homogeneizadores, se utilizan técnicas como agitación y molienda para distribuir uniformemente los componentes dentro de la muestra. La importancia de la homogeneización es garantizar que todas las partes de la muestra representen el mismo contenido, lo cual es esencial para obtener resultados analíticos precisos.
- La agitación: este método es ideal para disolver sólidos, homogeneizar líquidos y mantener suspensiones uniformes. Se pueden utilizar equipos de diferentes tipos, variando según el procedimiento, tipo de muestras, volumen y aplicación, además, puede ser calentado.
- La molienda: es el proceso que reduce el tamaño de las partículas de una muestra, facilitando la homogeneización y extracción de analitos. La molienda es crucial en análisis químicos y físicos que requieren partículas de tamaño uniforme.
- El tamizado: se utiliza para separar partículas según su tamaño. Este método es particularmente útil para analizar suelos, minerales y otros materiales particulados. Se utilizan tamices con diferentes mallas para obtener una distribución de tamaño de partícula específica.
- El secado: secar las muestras es esencial cuando se desea eliminar la humedad que podría interferir con el análisis. Los métodos de secado más comunes incluyen el uso de hornos, desecadores o liofilizadores. El secado es particularmente necesario en análisis de sustancias sensibles al agua o donde la presencia de humedad puede alterar los resultados.
- La disolución: implica preparar soluciones a partir de muestras sólidas, haciéndolas adecuadas para análisis posteriores. Este proceso es importante para análisis químicos donde los analitos deben estar en solución para ser detectados o cuantificados. La elección del disolvente y del método de disolución depende de la naturaleza de la muestra y de los analitos de interés.

- La filtración: se utiliza para eliminar partículas sólidas de una solución o suspensión. Existen varios tipos de filtros, incluidos filtros de papel, filtros de membrana y filtros de fibra de vidrio, cada uno de ellos adecuado para diferentes aplicaciones. La elección del filtro depende del tamaño de las partículas a eliminar y del tipo de muestra.
- La centrifugación: separa los componentes de una mezcla en función de sus densidades mediante la fuerza centrífuga. La centrifugación es crucial en muchos protocolos de laboratorio, biología molecular y bioquímica.

3.5. Alimentos

3.5.1. Definición de alimento ⁽³⁾

El alimento es cualquier sustancia (sólida o líquida) normalmente ingerida por los seres vivos con fines:

Nutricionales: ayudan a la regulación del metabolismo y mantenimiento de las funciones fisiológicas, como la temperatura corporal.

Psicológicos: satisfacción y obtención de sensaciones gratificantes.

De acuerdo con un criterio fisiológico, alimento es toda sustancia que puede ser utilizada por los organismos vivos como fuente de materia o energía, entre otros términos, se entiende por alimento, el material reducido exógeno que se obtiene de la naturaleza para llevar a cabo las funciones vitales.

3.5.2. Clasificación de los alimentos:

Los alimentos se pueden dividir en tres grupos básicos:

- Productos animales: Son la mejor fuente de proteínas de alta calidad porque contienen todos los aminoácidos esenciales en las proporciones necesarias para el organismo. Además, aportan minerales como calcio y fósforo para huesos y dientes, hierro para la sangre, yodo para la tiroides, así como vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina y niacina). Se dividen en carnes, huevos, leches y sus derivados.

- Granos y raíces: Proporcionan gran cantidad de energía y se componen de cereales y leguminosas, estas últimas con proteínas vegetales de buen valor biológico, aunque no sustituyen las de origen animal. Las raíces y tubérculos incluyen alimentos como camote, ñame, yuca, papa y plátano, que también son fuentes importantes de carbohidratos.
- Hortalizas y frutas: Son la principal fuente de vitaminas A y C en la dieta, además de aportar pequeñas cantidades de vitaminas del complejo B, minerales como calcio y hierro, carbohidratos en forma de azúcares, proteínas vegetales y algo de grasa en ciertos casos. Las frutas, al consumirse crudas, conservan mejor la vitamina C, lo que las convierte en un alimento esencial para complementar la nutrición.

3.5.3. Composición química de los alimentos ⁽³⁾

Los alimentos están formados por compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, y de acuerdo a las proporciones en que se encuentran se dividen en componentes mayoritarios y minoritarios. Los componentes mayoritarios son el agua, los carbohidratos, los lípidos y las proteínas. En cantidades menores se encuentra las vitaminas y minerales, aunque no por ello son menos importantes desde el punto de vista nutricional. También pueden encontrarse sustancias como pigmentos, enzimas emulsificantes, agentes oxidantes, antioxidantes y saborizantes en cantidades relativamente pequeñas.

3.5.4. Análisis de los alimentos ⁽⁴⁾

La importancia de la alimentación como necesidad vital es un hecho incuestionable conocido por todos. Si bien es importante comprender esta verdad, también es necesario conocer como nos alimentamos, es decir cuál es la calidad de los alimentos que ingerimos, sobre todo por la gran relación que se ha demostrado que tiene la alimentación con la salud. La alimentación por ser un acto reiterado, a largo plazo y vital, constituye el factor ambiental que más influye en la etiología, es decir la causa, de numerosas enfermedades.

Los alimentos no son compuestos estáticos, sino dinámicos y consecuentemente las ciencias alimentarias deben estudiar la composición de los alimentos y los efectos que sus componentes provocan en el curso de los diferentes procesos a que están sujetos los alimentos, investigando y descubriendo las conexiones que existen entre la estructura de los diferentes compuestos y sus

propiedades organolépticas, así como su capacidad de deterioro en función de su composición química.

La caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterseles utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan. Así, la evaluación de los alimentos involucra tres tipos de análisis:

- Análisis físico-químico: Implica la caracterización de los alimentos desde el punto de vista físico-químico, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, cuales sustancias están presentes en un alimento y en que cantidades estos compuestos se encuentran. Brinda poderosas herramientas que permiten caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional y toxicológico.
- Análisis microbiológico: El análisis microbiológico se realiza con vistas a identificar y cuantificar los microorganismos presentes en un producto, así como también constituye una poderosa herramienta en la determinación de la calidad higiénico-sanitaria de un proceso de elaboración de alimentos, lo que permite identificar aquellas etapas del proceso que puedan favorecer la contaminación del producto.
- Análisis sensorial: Constituye una disciplina científica que permite evaluar, medir, analizar e interpretar las características sensoriales de un alimento (color, olor, sabor y textura) mediante uno o más órganos de los sentidos humanos. A pesar de que la evaluación sensorial es el análisis más subjetivo, pues el instrumento de medición es el ser humano, muchas veces define el grado de aceptación o rechazo de un producto.

3.5.5. Análisis bromatológico proximal ⁽³⁾

Consiste en un análisis químico mediante el cual se determina la composición de un alimento en términos de sus principales grupos de nutrientes. Evalúa la calidad de un alimento en función de grupos de compuestos con características físico-químicas semejantes, pero con diferentes valores nutritivos.

Es también un excelente procedimiento para realizar control de calidad y determinar si los productos terminados alcanzan los estándares establecidos por los productores y consumidores.

El análisis bromatológico proximal consta de las siguientes partes:

- Humedad (%): La determinación de humedad es uno de los procedimientos más importantes y más ampliamente estudiadas en la evaluación de alimentos. La humedad indica el contenido de agua del material de estudio. La determinación del contenido de humedad es necesaria para calcular el valor nutritivo de un producto alimenticio y para expresar los resultados de las determinaciones analíticas en una base uniforme. Para su determinación generalmente se incluyen métodos de secado, el material es calentado bajo condiciones cuidadosas y la pérdida de peso es tomada como una medida de la humedad contenida en la muestra.
- Cenizas (%): La ceniza se puede obtener por medio del método de ceniza seca, en el cual la muestra es pesada en un recipiente y la materia orgánica es quemada sin flama y calentada por un período de tiempo fijo o hasta que obtenga un peso constante. El residuo tiene que estar libre de carbono. El recipiente es enfriado en un desecador y la cantidad de ceniza total es determinada por el peso final. Y su valor, puede considerarse como una medida general de la calidad, y a menudo es un criterio útil, para determinar la identidad de un alimento.
- Proteína Cruda (%): El contenido proteico de los alimentos puede estimarse a partir del contenido de nitrógeno por el procedimiento Kjeldahl. Este método está basado en la combustión húmeda de la muestra, calentándola con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para efectuar la reducción del nitrógeno orgánico de la muestra a amoníaco, el cual es retenido en solución como Sulfato de Amonio. La solución de la digestión, se hace alcalina y se destila o se arrastra con vapor para liberar el amoníaco que es atrapado y titulado.
- Grasa (%): El contenido en “grasa” (algunas veces llamado extracto etéreo o grasa cruda) de los alimentos, está constituido de lípidos “libres” o sea aquellos que pueden ser extraídos por los disolventes menos polares como las fracciones ligeras del petróleo y éter dietílico, mientras que los constituyentes lípidos “combinados” necesitan disolventes más polares como alcoholes para su extracción. Estos se extraen en forma intermitente con un exceso

de disolvente (éter dietílico) recientemente condensado sobre la muestra contenida en un dedal que hace las veces de filtro. Cuando el proceso se completa, la grasa cruda queda en el balón, se seca en estufa y eso se pesa.

- Fibra Cruda (%): Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra. La fibra cruda es el residuo orgánico combustible e insoluble, que queda después de que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas. La fibra cruda proporciona principalmente el contenido de celulosa, pentosas, ligninas y otros componentes indigeribles presentes en los alimentos.
- Carbohidratos (%): Llamado también Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). Se determina por diferencia después de que se han completado los análisis para Ceniza, Fibra Cruda, Extracto Etéreo y Proteína Cruda. El extracto Libre de Nitrógeno o carbohidratos es necesario para encontrar el total de nutrientes digeribles (TND) de un alimento.

3.6. Minerales:

Los minerales comprenden aquellas sustancias capaces de proporcionar los iones que son constituyentes normales de los fluidos corporales y de las estructuras de soporte y que, por otra parte, desempeñan un papel enzimático y en procesos metabólicos, se administran con el fin de mantener, o retribuir, los niveles normales de los iones que ofrecen interés fisiológico.

Son elementos que se originan en la tierra y no pueden ser producidos por los organismos vivos. Las plantas obtienen minerales desde el suelo, y la mayoría de los minerales en nuestra dieta provienen directamente de las plantas o indirectamente de fuentes animales. También están presentes en el agua que bebemos, pero varían según la ubicación geográfica.

3.6.1. Espectroscopía de absorción atómica: ⁽⁹⁾

La espectroscopía de absorción atómica es uno de los métodos espectrométricos atómicos que utiliza el espectro lineal característico de cada elemento. La radiación emanada de una fuente de luz impacta en las partes atomizadas de la muestra, donde la radiación es parcialmente absorbida. La fuente de luz estándar utilizada es una lámpara de cátodo hueco en la que el cátodo está formado por el elemento del analito.

Es un método práctico y sensible por el que se pueden determinar macroelementos (calcio, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre) y microelementos (hierro, manganeso, cobre y zinc), luego de ser liberados de material orgánico por residuo seco.

Esta puede dividirse en tres variantes del proceso. Estos varían en el tipo de atomización de la muestra y, por tanto, son adecuados para diferentes aplicaciones: Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama, Absorción Atómica con Horno de Grafito y, Absorción Atómica con Generador de Hidruros.

3.7. Agua:

3.7.1. Definición de agua ⁽⁵⁾

El agua es la sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales, y como agua de cristalización en muchos cristales.

3.7.2. Clasificación de aguas ⁽⁶⁾

Existen diferentes tipos de agua de acuerdo a su procedencia, características físico-químicas y usos:

Por procedencia:

- Agua subterránea
- Agua superficial
- Agua fósil

Por características físico-químicas:

- Agua destilada
- Agua dulce
- Agua salada
- Agua salobre
- Agua dura
- Agua blanda

Por usos:

- Agua potable
- Agua potable salubre
- Agua claras o aguas de primer uso
- Aguas residuales, negras o servidas
- Agua estancada

3.7.3. Composición y estructura del agua ⁽⁷⁾

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). La molécula tiene una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105°), lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares.

3.7.4. Análisis del agua ⁽⁸⁾

El análisis del agua es un proceso mediante el cual se evalúa la calidad del agua a través de diversas pruebas y mediciones. Su objetivo principal es determinar si el agua es apta para el consumo humano, uso agrícola, industrial o para mantener la salud de los ecosistemas naturales. Este análisis permite detectar contaminantes, evaluar parámetros físicos y químicos, y verificar la presencia de microorganismos que puedan representar un riesgo para la salud.

Realizar un análisis del agua es esencial para cualquier persona, empresa o institución que dependa de este recurso, asegurando su calidad y cumplimiento con las normas locales e internacionales de salubridad.

El análisis del agua se divide en diferentes categorías, dependiendo de los parámetros que se desean evaluar y el uso que se le dará al agua. Los principales tipos de análisis del agua son:

- **Análisis físicos:** es el primer paso para conocer la calidad del agua, permite hacer una evaluación rápida de su condición y detectar señales tempranas de contaminación. Ayuda a identificar la necesidad de análisis más completos.
- **Análisis químicos:** es una evaluación detallada que permite conocer la composición química del agua, y permite identificar problemas que no se perciben a simple vista y garantizar que el agua sea saludable y segura.
- **Análisis microbiológicos:** es fundamental para determinar si el agua contine microorganismos como bacterias, virus, hongos o parásitos. Es especialmente importante en el agua destinada al consumo humano, pero también necesario en procesos industriales, producción alimentaria y en el monitoreo de fuentes naturales.
- **Análisis especializados:** se realizan cuando se requiere una evaluación más profunda y detallada. Este tipo de análisis busca contaminantes menos comunes o en concentraciones mínimas que pueden tener efectos a largo plazo en la salud o el medio ambiente.

3.8. Análisis físicos del agua ⁽⁸⁾

3.8.1. Conductividad: La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución.

3.8.2. pH: La técnica potenciométrica se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H⁺. El potencial en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. La temperatura de la disolución afecta al valor de pH, por lo cual habrá de tenerse en cuenta esta circunstancia cuando se proceda a medir potenciométricamente el pH.

3.8.3. Turbidez: La turbidez del agua es producida por materias orgánicas e inorgánicas en suspensión. Es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra.

Método nefelométrico: se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución de referencia patrón en idénticas condiciones.

3.8.3. Temperatura: Es una propiedad física de un sistema en la que se da una transferencia de energía térmica o calor. Cuando existe una diferencia de temperatura, el calor tiende a transferirse del sistema de mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico.

3.8.4. Sólidos (totales, disueltos y suspendidos): Se refiere a la materia suspendida o disuelta en el agua. Su estudio se basa en la gravimetría, que es la medición de la masa de un residuo sólido obtenido tras procesos de filtración y evaporación a temperaturas controladas

3.9. Análisis químicos del agua

3.9.1. Dureza total: se refiere a la suma de las concentraciones de calcio y magnesio presentes en el agua. Es la medida del contenido mineral en una muestra de agua que es irreversible por ebullición. Es un parámetro crítico a considerar al evaluar la calidad del agua potable, ya que puede afectar directamente la infraestructura de plomería y electrodomésticos, así como el sabor y las propiedades del agua.

3.9.2. Oxígeno disuelto: se refiere a las moléculas de oxígeno (O_2) que se encuentran físicamente disueltas en el agua. A diferencia del oxígeno químicamente combinado en compuestos (como el agua o los óxidos), el oxígeno disuelto está disponible para ser utilizado por los peces, bacterias, plantas acuáticas y otros organismos vivos. La cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua puede variar con la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica, entre otros factores.

3.9.3. Alcalinidad: La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. El valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado. Las determinaciones de alcalinidad se utilizan en la interpretación y el control de los procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales.

3.9.4. Cloruros: son aniones derivados del ácido clorhídrico. Se encuentran naturalmente en la mayoría de las aguas y los suelos debido a la disolución de sales minerales como el cloruro de sodio y el cloruro de potasio. Aunque no son tóxicos en bajas concentraciones, niveles elevados pueden dar sabor salado al agua potable, dañar cultivos sensibles a la salinidad, corroer estructuras metálicas y tuberías y afectar ecosistemas acuáticos por aumento de conductividad.

3.9.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5: Mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido por microorganismos aerobios para degradar la materia orgánica biodegradable presente en la muestra durante un periodo de incubación de 5 días a 20°C. La diferencia entre el oxígeno inicial y final permite cuantificar indirectamente la carga orgánica.

3.9.6. Fosfatos: La determinación de fosfatos es un análisis fundamental en diversos campos, incluyendo el tratamiento de aguas, la agricultura, la industria alimentaria, la investigación ambiental y la bioquímica. Es un nutriente limitante en los ecosistemas acuáticos cuya presencia excesiva acelera procesos de eutrofización, afectando la calidad del agua y la biodiversidad. Los métodos colorimétricos son los más utilizados por su sencillez y bajo costo.

3.9.7. Nitratos: Los nitratos representan la forma más oxidada del nitrógeno en el ciclo del agua y su presencia en concentraciones elevadas es un indicador común de contaminación por escorrentía agrícola de fertilizantes o infiltración de desechos orgánicos. Se fundamenta en la Ley de Beer-Lambert, donde la energía absorbida por la muestra es proporcional a la concentración de nitrógeno oxidado presente.

3.9.8. Sulfatos: Niveles elevados de sulfatos pueden conferir sabor amargo al agua y ejercer efectos laxantes en los consumidores, además de causar corrosión en tuberías. Se cuantifican mediante turbidimetría, midiendo la luz dispersada por la suspensión de cristales de sulfato de bario (BaSO_4) que se forma al reaccionar la muestra con cloruro de bario en medio ácido

4.0. Definición de un manual: ⁽¹⁰⁾

Un manual o guía es un documento o publicación en el cual se establecen de manera ordenada y consecutiva los pasos y procedimientos a seguir para llevar a cabo con éxito una tarea o adquirir un conocimiento. Puede tratarse de folletos, publicaciones en línea o libros

4.1. Elaboración de un manual: ⁽¹⁰⁾

Para elaborar un manual es importante, ante todo, tener en claro a quién estará dirigido y qué es lo que se desea describir en su contenido. Esto se debe a que los manuales deben dirigirse del modo más eficiente posible al lector, para que este no requiera de ningún otro apoyo o explicación.

Una vez establecido este criterio inicial, se puede avanzar en la elaboración del manual de acuerdo al siguiente esquema general:

- Cotejar los manuales ya existentes: Un buen punto de partida en la elaboración del manual supone la lectura atenta de los manuales que ya existen, sean los de la propia organización o los de otras. Dicha lectura servirá para observar las debilidades y carencias de las ediciones previas, y las fortalezas de los manuales ajenos que se puedan adaptar al propio.
- Recopilar la información: Consiste en reunir toda la información que el manual debe abordar, desde todos los puntos de vista posibles. El resultado de esta etapa será una enorme cantidad de información “en crudo”, o sea, sin organizar y sin redactar de manera apropiada.
- Definir los parámetros del manual: En esta etapa se debe elaborar un plan o esquema general del texto, para saber de antemano cuántas y cuáles serán sus secciones, cuál será el criterio para su organización, cuál será el tono y el estilo en que se escriba y otros detalles importantes. Algunos, sin embargo, podrán reformularse o modificarse más adelante.
- Escribir el manual: Básicamente, se trata de explicar todo lo que se investigó al principio, pero de un modo sistemático, formal, claro y especializado. Como con cualquier otro texto, la escritura deberá avanzar por partes y luego corregirse en su totalidad, de ser posible por una autoridad ajena al grupo de escritura.
- Presentar el manual: Existen dos formas básicas de presentar el manual terminado: como un libro empastado y con tapas rígidas, o como un cuadernillo de espiral.

CAPÍTULO IV

5.0 PRODUCTO FINAL

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



MANUAL DE METODOLOGIAS
LABORATORIO QUÍMICA AGRÍCOLA

Elaborado por: Karen Lisseth Osorio Solórzano

Ciudad Universitaria, 17 de febrero de 2026

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág. N°
CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ALIMENTOS	36
PRETRATAMIENTO DE ALIMENTOS	37
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL Y DETERMINACIÓN DE MINERALES EN ALIMENTOS	42
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD PARCIAL	43
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD TOTAL	47
DETERMINACIÓN DE CENIZAS	50
DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y PROTEICO	53
DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO	60
DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA (MÉTODO ANKOM)	64
DETERMINACIÓN DE FIBRA NEUTRO DETERGENTE (MÉTODO ANKOM)	69
DETERMINACIÓN DE FIBRA ÁCIDO DETERGENTE (MÉTODO ANKOM)	74
DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES O EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO (E.L.N)	79
DETERMINACIÓN DE MINERALES	82
Preparación de la solución de cenizas para determinación de minerales (Solubilización)	82
Digestión de muestras líquidas (acuosas) para la determinación de minerales	86
Análisis del contenido de micronutrientes por el método de espectrofotometría de absorción atómica por llama	89
Determinación de minerales por AA-Llama (Fe, Na, K, Cu, Zn, Ca, Mg, Ni, Mn, Cd, Pb)	89
Preparación de soluciones Estándar múltiples para Fe, Na, K, Cu, Zn y Cu partiendo de stock de 40 ppm	92
Preparación de soluciones Estándar múltiples para Ni, Mn, Cd y Pb partiendo de stock de 100 ppm	93
Determinación de minerales por AA-Llama (Ca, Mg)	94
Preparación de soluciones Estándar de Ca y Mg partiendo de stock de 100 ppm	95

Resumen de parámetros de lectura de minerales en AA-Llama (Fe, Na, K, Cu, Zn, Ni, Mn, Ca, Mg, Cd, Pb)	96
Determinación de minerales por AA-Horno (Pb, Cd, Ni, Cr, Mn)	97
Parámetros para lectura de minerales en AA-Horno (Pb, Cd, Ni, Cr, Mn)	98
Determinación de minerales por AA-GH (As)	99
Preparación de soluciones Estándar partiendo de stock de 100 ppb	100
Parámetros para lectura de minerales AA-GH (As)	101
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO (MÉTODO COLORIMÉTRICO)	104
CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRAS DE AGUAS	109
PRETRATAMIENTO DE AGUAS	111
ANÁLISIS FISIQUÍMICOS DE AGUAS	116
DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD (CARBONATOS Y BICARBONATOS)	117
DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN AGUA (MÉTODO MOHR)	121
DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	127
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO5 (MÉTODO POTENCIOMÉTRICO)	130
DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL EN AGUAS (Ca + Mg)	134
DETERMINACIÓN DE Mg	139
DETERMINACIÓN DE FOSFATOS (MÉTODO FOTOMÉTRICO)	142
DETERMINACIÓN DE NITRATOS (MÉTODO FOTOMÉTRICO)	145
DETERMINACIÓN DE SULFATOS (MÉTODO TURBIDIMÉTRICO)	148
DETERMINACIÓN DE pH (MÉTODO POTENCIOMÉTRICO)	152
DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO OD (MÉTODO POTENCIOMÉTRICO)	155
DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS DISUELTOS Y SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	158
DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (SD)	161
DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (SS) MÉTODO IMHOFF	164
DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA	168
DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ	171



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ALIMENTOS

Existen diferentes tipos de alimentos que se pueden dividir en tres grupos básicos:

Productos animales:

- Carnes frescas: cortes de res, pollo, cerdo, pescado
Derivados: jamón, salchichas, mortadela, chorizo, harinas de carnes y hueso (usadas en alimentación animal).
- Lácteos: Leche fluida entera o descremada.
Derivados: quesos, quesillo, mantequilla, crema, leche en polvo.
- Huevos

Granos, Cereales y Raíces:

- Granos y Cereales: maíz amarillo o blanco, sorgo (maicillo), frijol, arroz, trigo, avena, soja, lentejas, ajonjolí, garbanzos.
Derivados: concentrados para aves, concentrados para ganado lechero, alimentos para mascotas (perros y gatos), harinas de maíz, arroz, trigo, galletas, pastas, pan de caja.
- Raíces: yuca, papa, camote, malanga
Derivados: almidón de yuca, hojuelas fritas (snacks), harinas de yuca.

Hortalizas y Frutas:

- Hortalizas: espinaca, lechuga, repollo, brócoli, tomate, chile verde, zanahoria.
Derivados: conservas de vegetales, puré de tomate, encurtidos.
- Frutas: Naranja, limón, manzana, papaya, mango, melón.
Derivados: jugos naturales, néctares, mermeladas, jaleas, pulpas congeladas.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 37

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

PRETRATAMIENTO DE ALIMENTOS



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del pretratamiento
3. Responsable
4. Materiales y Equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Fuentes o causas de error
8. Referencias

1. Alcance

Este pretratamiento está diseñado para aplicarse a todas las matrices alimenticias recibidas para análisis. Establece las operaciones mínimas requeridas para la adecuación de muestras de carácter sólido, previo a su ejecución analítica. El alcance abarca desde la recepción y estabilización térmica, hasta los procesos de molienda y homogeneización necesarios para asegurar la representatividad de las alícuotas y la optimización de la superficie de contacto.

2. Fundamento del pretratamiento

El pretratamiento se fundamenta en la estabilización térmica de la fracción orgánica y en la estandarización granulométrica de la matriz sólida. Dado que los alimentos son sistemas biológicamente complejos y heterogéneos, propensos a la alteración enzimática y segregación de componentes, se requerirá una adecuación térmica (pre-secado) para fijar su composición química original.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Asimismo, una molienda controlada como proceso fundamental para incrementar el área superficial de contacto, lo que optimizará la interacción entre la muestra y los agentes químicos durante los procesos de extracción y solubilización de analitos.

Este procedimiento garantizará que la alícuota tomada sea representativa, permitiendo que la muestra esté adecuadamente preparada para una determinación instrumental exacta, reproducible y libre de interferencias físicas.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Molino, mortero y pistilo
- Tijeras, cuchillos
- Espátula
- Pinzas metálicas
- Cajas de aluminio
- Desecadores
- Estufa de vacío

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

– Recepción y registro de la muestra:

Codificar y rotular la muestra (verificar que la cantidad de muestra sea suficiente para los análisis solicitados)



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

NOTA: si la cantidad de muestra es muy grande aplicar la técnica del cuarteo.

– **Limpieza inicial: (si aplica)**

Retirar impurezas externas como polvo, tierra o residuos.

Lavar con agua destilada para evitar la incorporación de minerales externos.

Retirar el exceso de agua con papel absorbente libre de contaminantes.

NOTA: la limpieza inicial es un paso selectivo, que se aplica únicamente a alimentos con contaminantes superficiales visibles (vegetales, frutas, raíces, granos enteros). No se aplica en matrices procesadas, cárnicos, lácteos o deshidratados, porque podría alterar su composición.

– **Reducción de tamaño:**

Fraccionar la muestra en pequeñas partes manualmente, o con ayuda de tijeras o cuchillos.

Moler la muestra de forma controlada utilizando molino de cuchillas

NOTA: si son alimentos duros o fibrosos para facilitar la molienda, triturar previamente con ayuda de mortero y pistilo.

Limpiar el equipo y ambientarlo entre cada muestra, para evitar contaminación cruzada.

– **Secado:**

Colocar la muestra, en cajas de aluminio, para efectuar secado térmico a 105 - 110°C en estufa por una o más horas.

NOTA: registrar el peso inicial y final de la muestra durante esta etapa, ya que será un factor indispensable para posterior corrección de los resultados a base seca.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Rotular y conservar la muestra en desecador, para prevenir la rehidratación higroscópica de la muestra antes del análisis.

7. Fuentes o causas de error

- Si la muestra no se traslada inmediatamente al desecador o si este no posee el agente desecante activo, la muestra absorberá humedad ambiental.
- El uso de molinos, morteros o tijeras que conserven residuos de procesamientos anteriores alterará la composición química de la muestra.
- Una molienda que no logre una granulometría uniforme impedirá que la alícuota seleccionada para el análisis no represente fielmente la totalidad del alimento.

8. Referencias

- Zumbado, H. (2002). *Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos*. La Habana, Cuba: Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 42

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

**ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMAL Y DETERMINACION DE
MINERALES EN ALIMENTOS**



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD PARCIAL

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados, suelos o lodos, y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de agua.

2. Fundamento del Método

Se basa en la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura entre 60-70 °C por un período de 24 horas, en una estufa de aire reforzado o ventilación forzada, luego se coloca en desecador para llevar la muestra a equilibrio con la humedad ambiente y se pesa cuando se enfría.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Espátula
- Pinzas metálicas
- Tijeras, cuchillos
- Bandejas de aluminio, bolsas de papel
- Desecadores
- Balanza semi-analítica
- Estufa de aire circulante

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Limpiar y seleccionar el material con el que se trabajará.
- Fraccionar la muestra en pequeños partes (de ser necesario, generalmente para forrajes), y homogenizar.
- Pesar el recipiente en balanza semi-analítica, limpio y seco, en el cual se colocará la muestra, ya sea bandeja de aluminio, bolsa de papel con orificios (para el caso de forrajes), o cualquier recipiente que se utilice para la determinación. Anotar el peso.
- Transferir la muestra previamente fraccionada y homogenizada al recipiente previamente pesado.
- Pesar la muestra a la cual se le determinará la humedad parcial, dentro del recipiente previamente pesado, en balanza semi-analítica. Anotar peso
- Colocar la muestra en la estufa de ventilación forzada durante 24 horas, previamente calentada a temperatura entre 60 y 70 °C.
- Sacar la muestra de la estufa transcurrido el tiempo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Enfriar en desecador durante 30 minutos.
- Pesar y registrar el peso de la muestra más el recipiente después de secar.
- Determinar el porcentaje de humedad

7. Cálculos

Ecuación A

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

Pérdida de peso = (Peso de muestra antes de secar) – (Peso de muestra después de secar).

Peso de muestra = (Peso de recipiente con muestra – Peso de recipiente vacío).

8. Fuentes o causas de error:

- Fraccionar la muestra en partícula no uniformes provocan un secado desigual, dejando agua atrapada en el centro de las fracciones más grandes.
- El enfriamiento fuera del desecador provoca que la muestra reabsorba humedad ambiental rápidamente, alterando el peso seco final.
- Un exceso de muestras en la estufa obstruye el flujo de aire forzado, creando zonas de humedad residual que impiden el secado uniforme.
- La manipulación brusca de muestras muy secas puede causar la pérdida de partículas pequeñas, confundiendo con pérdida de peso.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 930.15, *Moisture in Animal Feed*.
- International Organization for Standardization (ISO). (1999). *Animal feeding stuffs --Determination of moisture and other volatile matter content (ISO 6496:1999)*. Geneva, Switzerland: ISO.
- Undersander, D., Mertens, D. R., & Thiex, N. (1993). *Forage Analysis Procedures*. National Forage Testing Association. Omaha, NE.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD TOTAL

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados, suelos o lodos, y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de agua.

2. Fundamento del método

La cantidad de agua se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105 °C durante 5 horas y presión de 100 mm de Hg.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Espátula
- Pinzas metálicas
- Cajas de aluminio
- Desecadores
- Balanza analítica
- Estufa de vacío

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Calentar a 105 °C en una estufa de vacío una caja de aluminio durante un período de 2 horas. Enfriar en desecador durante 30 minutos y pesar en balanza analítica (anotar el peso).
- En la caja de aluminio tarada pesar 5 gramos de muestra previamente homogenizada (anotar el peso).
- Colocar destapada la caja de aluminio con la muestra en la estufa de vacío (previamente calentada a 105 °C) durante 5 horas. Ajustar la presión del vacío a 100 mm de Hg.
- Retirar la caja de la estufa, tapar y poner en desecador para que enfríe durante 30 minutos.
- Pesar y registrar los pesos.
- Realizar el cálculo para obtener el porcentaje de humedad total.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

Pérdida de peso = (Peso de caja con muestra antes de secar) – (Peso de caja con muestra después de secar).

Peso de muestra = (Peso de caja con muestra – Peso de caja vacía).

8. Fuentes o causas de error:

- La omisión de un secado previo de los recipientes de pesaje provocará que la humedad residual del material altere el peso inicial.
- Si las cajas de aluminio no se cierran herméticamente tras salir de la estufa, la muestra absorberá vapor de agua del aire durante el traslado.
- El contacto directo de las manos con los recipientes de pesaje transferirá impurezas que incrementarán el peso de manera errónea.
- El contacto directo de la caja de aluminio con las paredes de la estufa generará un calor excesivo que quemará la materia orgánica antes de medir la humedad residual.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 934.01, *Moisture in Animal Feed*.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th ed.). Food Science Text Series. Springer International Publishing.
- Mendham, J., Denney, R. C., Barnes, J. D., & Thomas, M. J. K. (2000). *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis* (6th ed.). London, UK: Prentice Hall.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados, suelos o lodos, y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de ceniza.

2. Fundamento del método

La destrucción de la materia orgánica por incineración de cada muestra se lleva a cabo en un horno de mufla a temperatura de 550 °C por un período de 2 horas, quedando sólo el material inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Espátula
- Pinzas metálicas
- Crisoles
- Desecadores
- Balanza analítica
- Horno mufla

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Colocar el crisol limpio bien identificado en un horno de mufla, calentar a 550 °C por una hora.
- Sacar el crisol del horno mufla, colocar en un desecador y enfriar durante 30 minutos.
- Pesar el crisol vacío en una balanza analítica, anotar el peso.
- Pesar en una balanza analítica aproximadamente 5 gramos de muestra, a la que ya se le ha determinado la humedad total, en el crisol de porcelana tarado. *(Se obtendrán resultados en base seca).
- Colocar el crisol en el horno de mufla y mantener a temperatura de 550 °C durante 2 horas. **NOTA:** Calcinar a 500 °C si se van a determinar metales pesados.
- Retirar el crisol del horno mufla, colocar en el desecador durante 30 minutos y pesar (anotar este peso).
- Determinar el porcentaje de cenizas
- Guardar la muestra de ceniza para la solubilización y determinación de minerales, en caso de ser necesario.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

Peso de la ceniza = (Peso de crisol con cenizas) - (Peso de crisol vacío).

Peso de muestra = (Peso de crisol con muestra) - (Peso de crisol vacío).

8. Fuentes o causas de error:

- El uso de temperaturas superiores a los 600 °C en la mufla causará la pérdida de elementos minerales volátiles.
- La manipulación directa con las manos, añadirá residuos orgánicos de la piel que incrementarán el peso de manera errónea.
- El incremento térmico brusco en muestras líquidas provocará la pérdida de analito por salpicaduras.
- El óxido desprendido de herramientas de manipulación desgastadas se integrará a la muestra, sobreestimando el contenido mineral.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 942.05, *Ash of Animal Feed*.
- Mendham, J., Denney, R. C., Barnes, J. D., & Thomas, M. J. K. (2000). *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis* (6th ed.). London, UK: Prentice Hall.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th ed.). Food Science Text Series. Springer International Publishing.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y PROTEICO

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados (nitrógeno proteico) y suelos o lodos (nitrógeno total) y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de nitrógeno.

2. Fundamento del método

Este método se divide en tres etapas:

- **Digestión:** Destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola.

El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores.



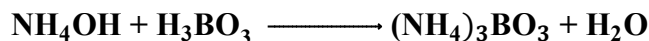
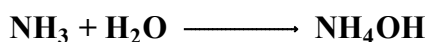
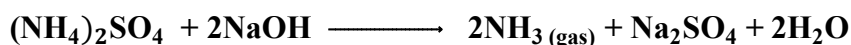
Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

El amoniaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que es estable en las condiciones de trabajo.



- **Destilación:** Liberación del amoniaco formado, recogiendo en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio.



- **Titulación:** El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico 0.1 N empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo.



3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Balanza analítica
- Espátula
- Tubos tecator



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Base de tubos tecator
- Erlenmeyer
- Probeta de 100 mL
- Pizeta
- Digestor
- Destilador
- Bureta o Bureta electrónica
- Agitador magnético
- Magneto

5. Reactivos

- **Ácido sulfúrico concentrado.**
- **Mezcla de Catalizadores (Sulfato de potasio 7 g + Sulfato de Cobre 0.8 g):**
Mezclar 7 g de Sulfato de potasio pulverizado y agregue 0.8 g de sulfato de cobre pulverizado y libre de Selenio. La mezcla debe tener una apariencia Homogénea.
(448.72 g de K y 51.28 g de Cu para 500 g de mezcla)
Nota: Esta mezcla es equivalente a las tabletas KJEL-TAB que se encuentra comercialmente.
- **Solución de ácido clorhídrico 0.1 N.**
Medir volumétricamente 0.83 mL de HCl concentrado, adicionar en un balón de 100.0 mL aproximadamente 25 mL de agua destilada e incorporar el HCl concentrado, llevar a un volumen de 100.0 mL con agua destilada. ***(16.6 mL para 2 L de solución) ***
- **Solución de ácido bórico al 4% + solución de indicadores (verde de bromocresol y rojo de metilo en metanol o alcohol etílico):** Pesar 0.1 gramos de verde de



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

bromocresol y dilúyalos en 100 mL de alcohol etílico (debe macerar esta solución para facilitar su disolución).

Pese 0.07 g de rojo de metilo y dilúyalos en 70 mL de alcohol etílico (debe macerar esta solución para facilitar su disolución).

Nota: La mezcla se prepara diluyendo 70 ml de la solución de rojo de metilo en los 100 ml de la solución de verde de bromocresol y se lleva a un volumen de 1 litro con agua destilada, en balón volumétrico.

Pesar 200 g de Ácido Bórico y se diluyen con agua destilada 4 L (la mezcla se debe calentar si es necesario para facilitar la disolución. Deje enfriar y lleve a volumen). Luego mezcle con la solución de indicadores preparada para obtener un volumen total de 5 L con agua destilada.

– **Solución de hidróxido de sodio al 35 %.**

Pesar 35 gramos de NaOH en balanza semi-analítica, y disolverlo en agua libre de CO₂ a un volumen de 100 mL.

6. Procedimiento

Digestión

- Pesar entre 0.1 y 0.2 g de muestra y colocarla en un tubo tecator para micro Kjeldahl de 250 mL.
 - Agregar al tubo, que contiene la muestra pesada:
 - 12 mL de ácido sulfúrico concentrado.
 - 3g de la mezcla de catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre).
- Agitar suavemente durante 5 minutos ésta mezcla y colocar los tubos en el equipo de digestión Kjeldahl, al mismo tiempo conectar el sistema de extracción de vapores y condensación de gases. Retirar los tubos cuando la solución se torne de color azul o verde (dependiendo del indicador).



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Destilación

- Dejar enfriar los tubos y agregar aproximadamente 80 mL agua destilada, esperar a que enfrién nuevamente.
- Colocar el tubo en el equipo de destilación.
- En un Erlenmeyer de 250 mL colocar 25 mL de la solución de ácido bórico al 4%, más indicadores (verde de bromocresol y rojo de metilo), y colocarlo en el aparato de destilación (solución de color rojo).
- Agregar 60 mL de solución de hidróxido de sodio al 35 %.
- Recibir el destilado en el Erlenmeyer de 250 mL el que debe estar en el aparato después de 5 minutos de trabajo del mismo (hasta que complete la destilación se observará un cambio de color del indicador de rojo a verde. Deje enfriar el tubo por 10 a 15 minutos y luego retirarlo).

Titulación

- Titular el destilado obtenido con solución de ácido clorhídrico 0.1 N hasta cambio de color del indicador que va de verde a rojo. Y determinar la cantidad de proteína en la muestra.

7. Cálculos

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{Volumen de HCL en mL}) \times \text{N de HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

0.014= Miliequivalente del nitrógeno.

$$\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

El factor de 6.25 se aplica a la mayoría de proteínas animales y vegetales. Para más factores ver Tabla N° 1.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Tabla N° 1. Factores de conversión de proteína usados para convertir nitrógeno a proteína entre diferentes alimentos

Ingredientes	Factores de conversión
CEREALES	
Harina, harina integral	5.83
Macarrones, espagueti, pastas de trigo	5.70
Salvado	6.31
Arroz	5.95
Cebada	5.83
Avena	5.83
LEGUMINOSAS, NUECES Y SEMILLAS	
Cacahuete	5.46
Soya, semillas, harina o productos	5.71
NUECES	
Almendra	5.18
Coco (sin corteza)	5.30
Otras nueces	5.30
LECHE Y QUESO	
Leche, todo tipo, fresca o seca	6.38
ACEITE Y GRASAS	
Margarina (vegetal o animal)	6.38
OTROS ALIMENTOS *	6.25

* Incluye todas las carnes y pescados.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

8. Fuentes o causas de error:

- La falta de una cantidad adecuada de catalizador provocará que la digestión no se complete, subestimando el contenido real de nitrógeno.
- La falta de precisión al identificar el cambio de color exacto del indicador provocará que se registrará un volumen de titulante erróneo.
- La agitación violenta de la mezcla ácida provocará la pérdida de muestra por adherencia en las paredes superiores, donde no alcanzarán la temperatura de digestión necesaria, quedando material orgánico sin mineralizar.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 984.13, *Protein (Crude) in Animal Feed*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados: Manual de capacitación*. <https://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/ab492s06.htm>
- FOSS. (2000). *Métodos de procedimientos de análisis e instalación de equipo de digestión y destilación: Manual técnico*. FOSS Analytical.
- VELP Scientific. (2013). *Métodos de procedimientos de análisis e instalación de equipo de digestión y destilación. Manual técnico*.
- Mendham, J., Denney, R. C., Barnes, J. D., & Thomas, M. J. K. (2000). *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis* (6th ed.). London, UK: Prentice Hall.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th ed.). Food Science Text Series. Springer International Publishing.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de Extracto Etéreo, aplica solo para muestras sólidas.

2. Fundamento del método

El éter se evapora y se condensa continuamente, durante 8 horas, al pasar a la muestra extrae materiales solubles.

El extracto se recoge en un balón de fondo plano y cuando el proceso se completa, el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que queda en el balón se seca y se pesa.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Balones de fondo plano
- Pinzas
- Espátula
- Balanza analítica
- Corneta
- Refrigerante
- Lápiz de grafito
- Hot-plate
- Estufa de aire circulante
- Desecadores
- Mascarilla de gases

5. Reactivos

Éter etílico

6. Procedimiento

- Pesar en papel filtro corriente más o menos 2.0 gramos de muestra a la que se le ha determinado la humedad a 105 °C (Humedad Total) colocar en un dedal de extracción limpio y seco el papel filtro conteniendo la muestra. Anotar el peso como “peso seco”.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Cubrir la muestra con un papel filtro de casi igual diámetro al interior del dedal o utilice algodón. Esto permite que el éter se distribuya de forma uniforme sobre la muestra.
- Colocar el dedal con la muestra en el recipiente para muestras (corneta), y fijarlo bajo el condensador del equipo de extracción.
- Lavar y secar un balón de fondo plano en estufa a 105 °C por 2 horas, enfriarlo y pesarlo.
- Agregar 200 mL de éter etílico al balón de fondo plano y colocarlo sobre el condensador.
- Abrir la llave del agua que enfría el condensador.
- Observar si hay escapes de éter después de que este comienza a ebullición y condensarse. Cuando el nivel del éter en el balón de grasa baje y suba constantemente (debido a que una porción siempre está volatilizándose y otra condensándose), el aparato puede dejarse solo y realizar observaciones periódicas.
- El periodo de extracción es de 8 horas.
- Después de que la extracción se complete, bajar los condensadores y permitir que el dedal drene completamente.
- Remover las muestras y colocarlas en beaker para recoger el éter.
- Colocar nuevamente los balones con grasa y destile el éter.
- Remover los balones poco antes de que el éter se evapore hasta sequedad.
- Vaciar el éter destilado en un recipiente especial para conservar el éter usado.
- Completar la evaporación del éter que queda en los balones de grasa, dejándolo sobre la mesa de trabajo por un tiempo.
- Colocar los balones con grasa en una estufa a 100 °C por 1 hora, después enfriarlos en el desecador a temperatura ambiente y pesarlos (anote el peso).
- Determinar el porcentaje de extracto etéreo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{Peso de Extracto Etéreo}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Donde:

Peso de muestra = (Peso papel filtro con muestra) - (Peso papel filtro vacío)

Peso de E.E. = (Peso de balón con extracto etéreo) - (Peso de balón vacío)

8. Fuentes o causas de error:

- Una temperatura baja en la placa calefactora causará que el solvente no recirculará el número de veces necesario, dejando parte de la grasa atrapada en la matriz de la muestra.
- El contacto directo de las manos con la superficie externa del balón añadirá residuos orgánicos y humedad de la piel que incrementarán el peso final, provocando una sobreestimación del contenido de grasa en la muestra.
- Si el nivel de solvente es insuficiente para activar el sifoneo, la grasa no se arrastrará al matraz y el calor directo de la placa quemará o polimerizará los lípidos ya extraídos al no existir éter líquido que regulará la temperatura.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 920.39C, *Fat (Crude) or Ether Extract in Animal Feed*.
- Mendham, J., Denney, R. C., Barnes, J. D., & Thomas, M. J. K. (2000). *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis* (6th ed.). London, UK: Prentice Hall.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th ed.). Food Science Text Series. Springer International Publishing.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA (MÉTODO ANKOM)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de Fibra Cruda, aplica solo para muestras sólidas ya que la muestra utilizada proviene de la que ha pasado por el proceso de extracto etéreo.

2. Fundamento del método

La Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde al residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Pinzas
- Espátula
- Balanza analítica
- Balanza Semi-analitica
- Estufa de aire circulante
- Beaker 250 mL, 1000 mL, 2000 mL
- Probetas de 10mL, 25mL
- Hot-plate
- Desecadores
- Charola o Bandeja
- Sellador de bolsas
- Plumón
- Equipo digestor ANKOM
- Bolsas ANKOM
- Base para bolsas ANKOM

5. Reactivos

- **Acetona**
- **Solución de ácido sulfúrico 0.25 ± 0.005 N.**

Medir volumétricamente 6.93 mL de H₂SO₄ concentrado, adicionar en un balón de 1000.0 mL aproximadamente 250 mL de agua destilada e incorporar el H₂SO₄ concentrado, llevar a un volumen de 1000.0 mL con agua destilada.

- **Solución de Hidróxido de sodio 0.313 ± 0.005 N.**

Pesar 12.5 gramos de NaOH en balanza semi-analítica, y disolverlo en agua libre de CO₂, transferir a un balón de 1000.0 mL y aforar con agua libre de CO₂.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

6. Procedimiento

- Realizar el análisis por duplicado.
- Marcar con lápiz la numeración correspondiente a las bolsas para análisis de fibra (ANKOM F57).
- Pesar la bolsa en balanza analítica y registrar el peso.
- Pesar aproximadamente 1 g de la muestra desengrasada directamente en la bolsa.
- Sellar la bolsa dejando aproximadamente 0.5 cm a partir del borde con ayuda del sellador de bolsas.
- Colocar las bolsas con muestra en el suspendedor de bolsas (colocar 3 bolsas por canasta), del equipo de digestión e introducir dicho suspendedor en el equipo, poniendo la pesa sobre la última canasta para mantener el suspendedor sumergido.
- Añadir 2000 ml de la solución de ácido sulfúrico $0.255 \pm .005$ N a la cámara del digestor y cerrar la tapa del equipo.
- Encender los botones de agitación y calentamiento del equipo y dejar por 46 min en extracción. La temperatura será controlada automáticamente a 100°C .
- Después de 45 min. Apagar el botón de calentamiento.
- Abrir la válvula de escape y drenar la cámara de digestión antes de abrir la tapa del equipo.

PRECAUCIÓN: Cerciorarse que la solución se ha drenado totalmente antes de abrir la tapa, ya que la cámara de digestión, está caliente y bajo presión.

- Abrir la tapa del equipo.
- Añadir 2000 mL de agua destilada caliente ($90-100^{\circ}\text{C}$) cierre la tapa sin apretar y enjuagar durante 5 a 10 min.
- Drenar el agua de enjuague y repetir el paso anterior 2 veces más.
- Añadir 2000 mL de solución de Hidróxido de sodio 0.313 ± 005 N a la cámara del digestor y cerrar la tapa del equipo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Encender el botón de calentamiento del equipo y dejar por 46 min en extracción. La temperatura será controlada automáticamente a 100°C.
- Después de 45 min. Apagar el botón de calentamiento.
- Abrir la válvula de escape y drenar la cámara de digestión antes de abrir la tapa del equipo.
- PRECAUCIÓN:** Cerciorarse que la solución se ha drenado totalmente antes de abrir la tapa, ya que la cámara de digestión, está caliente y bajo presión.
- Abrir la tapa del equipo.
- Añadir 2000 mL de agua destilada caliente (90-100° C) cierre la tapa sin apretar y enjuagar durante 5 a 10 min.
- Drenar el agua de enjuague y repetir el paso anterior 2 veces más.
- Retirar las bolsas con muestra del equipo y presionarlas suavemente para eliminar el exceso de agua.
- Apagar el equipo.
- Colocar las bolsas en un frasco resistente a la acetona y cubrir completamente con dicho solvente.
- Cerrar el frasco y poner en agitación constante de 5 a 10 min.
- Retirar las bolsas del frasco con acetona y escurrir presionando suavemente para eliminar el exceso de solvente.
- Acomodar en una charola y dejar en campana de extracción hasta que el olor a acetona desaparezca.
- Llevar la charola con bolsas a estufa a 100° C hasta peso constante.
- Sacar las bolsas de la estufa y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar en balanza analítica anotando el peso.
- Determinar el porcentaje de extracto etéreo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Peso de muestra después de digestión} - \text{Peso de bolsa}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

8. Fuentes o causas de error:

- Un sellado defectuoso de las bolsas de filtro puede provocar pérdida física de la muestra durante la agitación en el equipo ANKOM, dispersando el material en la solución digestora.
- Si no se eliminará totalmente el ácido sulfúrico o el hidróxido de sodio de los poros de la bolsa con los lavados, estas sales se cristalizarán y aportarán un peso falso al residuo seco.
- La omisión del desengrasado previo de la muestra bloqueará los poros de la bolsa, impidiendo que los reactivos de digestión penetren en la matriz orgánica, dejando material sin hidrolizar que se pesará erróneamente como fibra.
- Si no se cubren las bolsas uniformemente con acetona, no se eliminarán las trazas de lípidos remanentes ni se facilitará la evaporación total del agua, lo que resultará en un secado incompleto en la estufa.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 978.10, *Fiber (Crude) in Animal Feed*.
- AgriAnalysis. (s.f). *Feed and forage terminology*.
<http://www.agrianalysis.com/feed-and-forage-terminology.shtml>
- ANKOM Technology. (s.f.). *Manual del operador ANKOM 200/220: Analizador de fibras*.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE FIBRA NEUTRO DETERGENTE (MÉTODO ANKOM)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de Fibra Neutro, aplica solo para muestras sólidas ya que la muestra utilizada proviene de la que ha pasado por el proceso de extracto etéreo.

2. Fundamento del método

La muestra se hierva en una solución detergente neutra, la cual es capaz de solubilizar el contenido celular y la pectina. Dejando solo un residuo que es la pared celular que se refiere a celulosa, hemicelulosa y lignina.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Pinzas
- Espátula
- Balanza analítica
- Balanza Semi-analitica
- Estufa de aire circulante
- Beaker 250 mL, 1000 mL, 2000 mL
- Probetas de 10mL, 25mL
- Hot-plate
- Desecadores
- Charola o Bandeja
- Sellador de bolsas
- Plumón
- Equipo digestor ANKOM
- Bolsas ANKOM
- Base para bolsas ANKOM

5. Reactivos

- Acetona
- Lauril sulfato de sodio 30 g/L
- EDTA 18.61 g/L
- Fosfato de ácido disódico 4.56 g/L
- Borato de sodio 6.81 g/L
- Etilenglicol monometil éter 10.0 ml/L



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Solución Neutro Detergente.

- Poner 18.61 g EDTA y 6.81 g borato de sodio en un beaker de 1000 ml, luego añádale 150 mL de agua destilada y calentar hasta disolver el contenido (solución 1).
- En otro beaker de 1000 ml haga una solución que contenga 30 g lauril sulfato de sodio y 10 mL etilenglicol monometil éter, luego añadirle 150 mL de agua destilada y calentar hasta disolver el contenido (solución 2)
- Se adiciona a la solución 1 a la solución 2 y se mezcla (solución 3).
- En otro beaker de 1000 ml poner 4.56 g fosfato ácido disódico adicionar 150 mL de agua destilada y calentar hasta disolverlo (solución 4)
- Se adiciona a la solución 4 a la solución 3 y se mezcla (solución 5), llevar a volumen de 1000 mL.

6. Procedimiento

- Realizar el análisis por duplicado.
- Marcar con lápiz la numeración correspondiente a las bolsas para análisis de fibra (ANKOM F57).
- Pesar la bolsa en balanza analítica y registrar el peso.
- Pesar aproximadamente 1 g de la muestra seca directamente en la bolsa.
- Sellar la bolsa dejando aproximadamente 0.5 cm a partir del borde con ayuda del sellador de bolsas.
- Colocar las bolsas con muestra en el suspendedor de bolsas (colocar 3 bolsas por canasta), del equipo de digestión e introducir dicho suspendedor en el equipo, poniendo la pesa sobre la última canasta para mantener el suspendedor sumergido.
- Añadir 2000 ml de la solución neutro detergente a la cámara del digestor y cerrar la tapa del equipo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Encender los botones de agitación y calentamiento del equipo y dejar por 46 min en extracción. La temperatura será controlada automáticamente a 100°C.
- Después de 45 min. Apagar el botón de calentamiento.
- Abrir la válvula de escape y drenar la cámara de digestión antes de abrir la tapa del equipo.

PRECAUCIÓN: Cerciorarse que la solución se ha drenado totalmente antes de abrir la tapa, ya que la cámara de digestión, está caliente y bajo presión.

- Abrir la tapa del equipo.
- Añadir 2000 mL de agua destilada caliente (90-100° C) cierre la tapa sin apretar y enjuagar durante 5 a 10 min.
- Drenar el agua de enjuague y repetir el paso anterior 2 veces más.
- Retirar las bolsas con muestra del equipo y presionarlas suavemente para eliminar el exceso de agua.
- Apagar el equipo.
- Colocar las bolsas en un frasco resistente a la acetona y cubrir completamente con dicho solvente.
- Cerrar el frasco y poner en agitación constante de 5 a 10 min.
- Retirar las bolsas del frasco con acetona y escurrir presionando suavemente para eliminar el exceso de solvente.
- Acomodar en una charola y dejar en campana de extracción hasta que el olor a acetona desaparezca.
- Llevar la charola con bolsas a estufa a 100° C hasta peso constante.
- Sacar las bolsas de la estufa y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar en balanza analítica anotando el peso.
- Determinar el porcentaje de extracto etéreo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos

$$\% \text{ FND} = \frac{\text{Peso de muestra después de digestión} - \text{Peso de bolsa}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

8. Fuentes o causas de error:

- Un sellado defectuoso de las bolsas de filtro puede provocar pérdida física de la muestra durante la agitación.
- Si no se empleará agua destilada a un mínimo de 90°C, el lauril sulfato de sodio se precipitará dentro de la bolsa, quedando adherido a la muestra y aumentando el peso del residuo seco.
- El uso de una solución de detergente neutro con pH desajustado alterará la solubilización de la hemicelulosa.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 978.10, *Fiber (Crude) in Animal Feed*.
- AgriAnalysis. (s.f). *Feed and forage terminology*.
<http://www.agrianalysis.com/feed-and-forage-terminology.shtml>
- ANKOM Technology. (s.f.). *Manual del operador ANKOM 200/220: Analizador de fibras*.
- National Forage Testing Association (NFTA). (2002). *Forage Analysis Procedures*. Omaha, NE.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE FIBRA ACIDO DETERGENTE (MÉTODO ANKOM)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de Fibra Acido, aplica solo para muestras sólidas ya que la muestra utilizada proviene de la que ha pasado por el proceso de extracto etéreo.

2. Fundamento del método

La muestra se pone a digerir en una solución ácido detergente en donde se hidrolizan los contenidos de celulosa que se encuentran libres y aquellas que están combinadas con la lignina, dejando la celulosa y la lignina como fibra detergente ácido (FAD).

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Pinzas
- Espátula
- Balanza analítica
- Balanza Semi-analitica
- Estufa de aire circulante
- Beaker 250 mL, 1000 mL, 2000 mL
- Probetas de 10mL, 25mL
- Hot-plate
- Desecadores
- Charola o Bandeja
- Sellador de bolsas
- Plumón
- Equipo digestor ANKOM
- Bolsas ANKOM
- Base para bolsas ANKOM

5. Reactivos

- Acetona
- Ácido sulfúrico 1N = 27.8 ml de H₂SO₄ concentración/L
- Bromuro de cetil trimetil amonio (CTAB). = 20 g/L
- Acetona.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

– **Solución Acido Detergente.**

Diluya los 27.8 ml de H₂SO₄ concentrado en un balón con un poco de agua destilada y lleve a 1 L. (esta es su solución 1 N). Luego disuelva los 20 g de CTAB en el litro de H₂SO₄ 1N.

6. Procedimiento

- Realizar el análisis por duplicado.
- Marcar con lápiz la numeración correspondiente a las bolsas para análisis de fibra (ANKOM F57).
- Pesar la bolsa en balanza analítica y registrar el peso.
- Pesar aproximadamente 1 g de la muestra seca directamente en la bolsa.
- Sellar la bolsa dejando aproximadamente 0.5 cm a partir del borde con ayuda del sellador de bolsas.
- Colocar las bolsas con muestra en el suspendedor de bolsas (colocar 3 bolsas por canasta), del equipo de digestión e introducir dicho suspendedor en el equipo, poniendo la pesa sobre la última canasta para mantener el suspendedor sumergido.
- Añadir 2000 ml de la solución ácido detergente a la cámara del digestor y cerrar la tapa del equipo.
- Encender los botones de agitación y calentamiento del equipo y dejar por 45 min en extracción. La temperatura será controlada automáticamente a 100°C.
- Después de 45 min. Apagar el botón de calentamiento.
- Abrir la válvula de escape y drenar la cámara de digestión antes de abrir la tapa del equipo.

PRECAUCIÓN: Cerciorarse que la solución se ha drenado totalmente antes de abrir la tapa, ya que la cámara de digestión, está caliente y bajo presión.

- Abrir la tapa del equipo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Añadir 2000 mL de agua destilada caliente (90-100° C) cierre la tapa sin apretar y enjuagar durante 5 a 10 min.
- Drenar el agua de enjuague y repetir el paso anterior 2 veces más.
- Retirar las bolsas con muestra del equipo y presionarlas suavemente para eliminar el exceso de agua.
- Apagar el equipo.
- Colocar las bolsas en un frasco resistente a la acetona y cubrir completamente con dicho solvente.
- Cerrar el frasco y poner en agitación constante de 5 a 10 min.
- Retirar las bolsas del frasco con acetona y escurrir presionando suavemente para eliminar el exceso de solvente.
- Acomodar en una charola y dejar en campana de extracción hasta que el olor a acetona desaparezca.
- Llevar la charola con bolsas a estufa a 100° C hasta peso constante.
- Sacar las bolsas de la estufa y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar en balanza analítica anotando el peso.
- Determinar el porcentaje de extracto etéreo

7. Cálculos

$$\% \text{ FAD} = \frac{\text{Peso de muestra después de digestión} - \text{Peso de bolsa}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

8. Fuentes o causas de error:

- Un sellado defectuoso de las bolsas de filtro provocará la pérdida física de la muestra durante la agitación.
- Si no se evacuará el detergente ácido inmediatamente después de los 45 minutos de digestión, el descenso de la temperatura provocará que parte de la materia disuelta se adhiera nuevamente a la fibra.
- Si no se cubren las bolsas uniformemente con acetona, no se eliminarán las trazas de lípidos remanentes ni se facilitará la evaporación total del agua, lo que resultará en un secado incompleto en la estufa.

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 973.18, *Fiber (Acid Detergent) and Lignin in Animal Feed*.
- AgriAnalysis. (s.f). *Feed and forage terminology*.
<http://www.agrianalysis.com/feed-and-forage-terminology.shtml>
- ANKOM Technology. (s.f.). *Manual del operador ANKOM 200/220: Analizador de fibras*.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

**DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES O EXTRACTO LIBRE
DE NITRÓGENO (E.L.N)**

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados y cualquier otra matriz de interés en conocer su porcentaje de Carbohidratos solubles, que haya pasado por las determinaciones de %ceniza, %nitrógeno, % extracto etéreo, y %fibra cruda.

2. Fundamento del método

Dentro de este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

los porcentos calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

N/A

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

Diferencia simple entre los demás resultados del bromatológico

7. Cálculos

$$\% \text{ELN} = 100\% - (\% \text{Cenizas} + \% \text{Nitrógeno} + \% \text{Extracto etéreo} + \% \text{Fibra cruda})$$

NOTA: Los resultados deben estar expresados en base seca, de lo contrario se toma el dato de humedad como parte de los componentes de la resta.

8. Fuentes o causas de error:

Debido a que el E.L.N. se calculará restando la suma de cenizas, nitrógeno, extracto etéreo y fibra cruda del 100%, cualquier imprecisión en cualquiera de estos análisis se transferirá directamente al resultado final de carbohidratos solubles.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 81

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

9. Referencia:

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
Calculation of nitrogen-free extract by difference (proximate analysis).



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACION DE MINERALES

**Preparación de la solución de cenizas para determinación de minerales
(Solubilización).**

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de alimento, forrajes, ensilados, concentrados, suelos, lodos y cualquier otra matriz sólida de interés en conocer su contenido de minerales.

En el caso de los suelos se determinan minerales totales por este método.

2. Fundamento del método

La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada. Se agita y calienta cerca del punto de ebullición. Después se filtra a través de un papel filtro libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales; y en el papel filtro sílice.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Crisol
- Balón volumétrico de 100.0 mL
- Agitador de vidrio
- Embudo
- Papel filtro Whatman 42
- Pipeta volumétrica
- Pizeta
- Bureta
- Cámara de extracción de gases
- Hot-plate

5. Reactivos

- Ácido clorhídrico concentrado (calidad AA)
- Agua osmotizada ó bidestilada

6. Procedimiento

- Realizar el análisis por duplicado.
***IMPORTANTE:** Utilizar agua calidad AA (bidestilada / osmotizada)
- Humedecer la ceniza con agua bidestilada, mediante el uso de una pizeta.
- Adicionar 5.0 mL de ácido clorhídrico calidad AA (mediante el uso de pipeteador múltiple ó bureta).



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Agregar al crisol conteniendo la ceniza 10.0 mL de agua bidestilada (con pipeteador automático).
- Poner el crisol en hot-plate a 90 - 100 °C y evaporar el líquido hasta aproximadamente la mitad, teniendo cuidado de no tener salpicaduras.
- Transcurrido el tiempo, retirar del hot-plate, y enfriar la solución a temperatura ambiente.
- Filtrar la solución, utilizando papel filtro Whatman N° 42, y recibir en balón volumétrico de 100.0 mL.
- Realizar de 2 a 3 lavados en el crisol para arrastras el contenido.
- Aforar el balón volumétrico con agua bidestilada, rotular y conservar la solución para la determinación de minerales.

***NOTA:** Realizar simultáneamente un blanco, de la misma manera.

***NOTA:** Para minerales totales en suelo seguir el mismo procedimiento.

7. Cálculos

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- La adición directa de ácido sobre cenizas secas provoca pérdidas por efervescencia violenta y proyecciones.
- Pérdida de muestra por salpicaduras durante la ebullición, especialmente si el calentamiento es brusco o no se controla adecuadamente.
- Si no se purgará el aire del tubo de la pizeta antes de humedecer las cenizas, el soplo inicial proyectará el polvo mineral fuera del crisol.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 85

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

9. Referencias:

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 975.03, *Metals in Plants*.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Digestión de muestras líquidas (acuosas) para la determinación de minerales.

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de muestra líquida acuosa a la cual se le desea conocer su contenido de minerales.

2. Fundamento del método

La solución se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada. Se agita y calienta cerca del punto de ebullición. Después se filtra a través de un papel filtro libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales; y en el papel filtro sílice.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Beaker de 100 mL
- Balón volumétrico de 100.0 mL
- Agitador de vidrio
- Embudo
- Papel filtro Whatman 42
- Pipeta volumétrica
- Pizeta
- Bureta
- Cámara de extracción de gases
- Hot-plate

5. Reactivos

- Ácido clorhídrico concentrado (calidad AA)
- Agua osmotizada ó bidestilada

6. Procedimiento

- Tomar 100.0 mL de muestra, medidos volumétricamente, y transferirlos a un beaker de 250 mL (la alícuota de muestra dependerá de la cantidad recibida)
- Agregar HCl concentrado (al 5% con respecto a la cantidad de la muestra).
- Si la muestra posee sólidos en suspensión deberá adicionarse ácido nítrico en igual proporción al HCl.
- Llevar a ebullición durante 10 minutos, manteniendo el cuidado de no tener pérdidas por salpicaduras.
- Filtrar la solución, utilizando papel filtro Whatman N° 42, y recibir en balón volumétrico de 100.0 mL.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Realizar de 2 a 3 lavados en el beaker para arrastras el contenido.
- Aforar el balón volumétrico con agua bidestilada, rotular y conservar la solución para la determinación de minerales.

***NOTA:** Realizar simultáneamente un blanco, de la misma manera.

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- Pérdida de muestra por salpicaduras durante la ebullición, especialmente si el calentamiento es brusco o no se controla adecuadamente.
- El uso de ácidos (HNO_3 o HCl) que no sean de calidad AA, introducirá trazas de metales que elevarán falsamente los resultados de la muestra.
- Si no se utilizará papel filtro de grado cuantitativo "libre de cenizas" (como Whatman N° 42), el papel podrá aportar trazas de minerales (especialmente calcio o hierro) a la muestra.

9. Referencias:

- Japan Waterworks Association. (1993). *City water testing method* (1993 ed). Japan Waterworks Association.
- Japanese Standards Association. (1993). *Testing methods for industrial wastewater* (JIS K 0102). Japanese Industrial Standards.
- Ministry of the Environment, Japan. (1993). *Environmental quality standards for water pollution*. Government of Japan.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Análisis del contenido de micronutrientes por el método de espectrofotometría de absorción atómica por llama.

Determinación de minerales por AA-Llama (Fe, Na, K, Cu, Zn, Ca, Mg, Ni, Mn, Cd, Pb)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de suelo, alimento, agua o cualquier otra matriz a la cual se le desea conocer su contenido de minerales asimilables o totales, que previamente han sido digeridas para este fin.

2. Fundamento del método

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental (E_0), esta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementará el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

estado energético (E1) que llamamos excitado. Cuando este vuelve a su estado fundamental cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinada.

Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental, se conoce como espectroscopía de absorción atómica.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Balones volumétricos (según aplique dilución)
- Micropipeta
- Puntas para pipeta
- Pipeta pasteur
- Beaker de 100 mL
- Descarte
- Pizeta plástica



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

5. Reactivos

- HCl concentrado
- Agua osmotizada/bidestilada
- Soluciones estándar Fe, Na, K, Cu, Zn, Ca, Mg, Ni, Mn, Cd, Pb.

Preparación de Cloruro de Lantano 50g / L

Disolver 67 g de Cloruro de Lantano agregando HCl (1 + 1) poco a poco para ello, luego llevar a volumen de 500 mL con Agua bidestilada.

HCl (1 + 1)

Medir cantidades equivalentes de HCl concentrado y agua bidestilada.

6. Procedimiento

– **Preparación de soluciones Estándar**

A partir de una solución madre de 1000 ppm preparar una solución stock de 40 ppm para preparar la curva de calibración.

A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

– **Estándares múltiples de Fe, Na, K, Cu, Zn.**

Preparar solución stock de 40 ppm para Fe, Na, K, Cu, Zn partiendo de una solución de 1000 ppm (para cada mineral) de la siguiente manera.

En un balón volumétrico de 100.0 mL adicionar 4.0 mL de la solución de 1000 ppm, llevar a volumen con agua bidestilada.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

**Preparación de soluciones Estándar múltiples para Fe, Na, K, Zn y Cu
partiendo de stock de 40 ppm (Resumen)**

Tabla N° 2. Preparación de estándares múltiples para Fe, Na, K, Zn y Cu

Estándar Múltiple 1						Volumen (mL)
Mineral	Fe	Na	K	Cu	Zn	10.0 mL HCl + 200.0 mL
Concentración (ppm)	0.3	0.05	0.1	0.2	0.05	
Alícuota (mL)	1.5	0.25	0.5	1.0	0.25	
Estándar Múltiple 2						Volumen (mL)
Mineral	Fe	Na	K	Cu	Zn	10.0 mL HCl + 200.0 mL
Concentración (ppm)	1.0	0.1	0.25	1.0	0.1	
Alícuota (mL)	5.0	0.5	1.25	5.0	0.5	
Estándar Múltiple 3						Volumen (mL)
Mineral	Fe	Na	K	Cu	Zn	10.0 mL HCl + 200.0 mL
Concentración (ppm)	3.0	0.5	0.5	2.0	0.5	
Alícuota (mL)	15.0	2.5	2.5	10.0	2.5	
Estándar Múltiple 4						Volumen (mL)
Mineral	Fe	Na	K	Cu	Zn	10.0 mL HCl + 200.0 mL
Concentración (ppm)	6.0	1.0	1.0	4.0	1.0	
Alícuota (mL)	30.0	5.0	5.0	20.0	5.0	

- Tomar la alícuota respectiva para cada estándar y colocarla en un balón de 200 mL, colocar aproximadamente 25 mL de agua bidestilada y adicionar los 10 mL de ácido clorhídrico concentrado (calidad AA) (calidad AA).
- Llevar a volumen con agua bidestilada.
- Homogenizar y rotular. (Guardar en refrigeración; tiempo máximo: 6 meses).



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

– **Muestra**

Hacer las diluciones necesarias para que la lectura este dentro de la curva de calibración. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración del mineral en la muestra sea pequeña.

Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

– **Estándares individuales de Ni, Mn, Cd, Pb.**

Preparar una solución stock de 100 ppm para Ni, Mn, Cd, Pb partiendo de una solución de 1000 ppm (para cada mineral) de la siguiente manera.

En un balón volumétrico de 200.0 mL adicionar 20.0 mL de la solución de 1000 ppm, llevar a volumen con agua bidestilada.

Preparación de soluciones Estándar individuales para Ni, Mn, Cd y Pb partiendo de stock de 100 ppm (Resumen)

Tabla N° 3. Preparación de estándares individuales para Ni, Mn, Cd y Pb

Estándares de Ni					Volumen (mL)
Concentración (ppm)	0.2	0.5	3.0	5.0	+5.0 mL HCl 100.0 mL
Alícuota (mL)	0.2	0.5	3.0	5.0	
Estándares de Mn					Volumen (mL)
Concentración (ppm)	0.2	0.5	1.0	3.0	+5.0 mL HCl 100.0 mL
Alícuota (mL)	0.2	0.5	1.0	3.0	
Estándares de Cd					Volumen (mL)
Concentración (ppm)	0.25	0.5	1.0	2.0	+5.0 mL HCl 100.0 mL
Alícuota (mL)	0.25	0.5	1.0	2.0	
Estándares de Pb					Volumen (mL)
Concentración (ppm)	0.2	0.5	3.0	5.0	+5.0 mL HCl 100.0 mL
Alícuota (mL)	0.2	0.5	3.0	5.0	



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Posterior a la toma de la alícuota respectiva colocar aproximadamente 25 mL de agua bidestilada y adicionar 5 mL de ácido clorhídrico concentrado (calidad AA).
- Llevar a volumen con agua bidestilada.
- Homogenizar y rotular. (Guardar en refrigeración; tiempo máximo: 6 meses).

– **Muestra**

Hacer las diluciones necesarias para que la lectura este dentro de la curva de calibración. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración del mineral en la muestra sea pequeña.

Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

Determinación de minerales por AA-Llama (Ca, Mg)

7. Procedimiento

– **Preparación de soluciones Estándar**

A partir de una solución madre de 1000 ppm preparar una solución stock de 100 ppm para preparar la curva de calibración.

Adicionar 6 mL de solución de cloruro de lantano

Llevar a volumen con agua bidestilada.

– **Preparación de una solución stock de 100 ppm para Ca y Mg, partiendo de una solución de 1000 ppm (por cada mineral).**

En un balón volumétrico de 100.0 mL adicionar 10.0 mL de la solución de 1000 ppm, llevar a volumen con agua bidestilada.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

**Preparación de soluciones Estándar de Ca y Mg partiendo de stock de 100 ppm
(Resumen)**

Tabla N° 4. Preparación de estándares de Ca y Mg

Estándar Múltiple 1			Volumen (mL)
Mineral	Ca	Mg	+ 10.0 mL
Concentración (ppm)	0.6	0.2	HCl, 12 mL
Alícuota (mL)	0.6	0.2	LaCl ₃
			200.0mL
Estándar Múltiple 2			Volumen (mL)
Mineral	Ca	Mg	+ 10.0 mL
Concentración (ppm)	2.0	0.50	HCl, 12 mL
Alícuota (mL)	2.0	0.50	LaCl ₃
			200.0mL
Estándar Múltiple 3			Volumen (mL)
Mineral	Ca	Mg	+ 10.0 mL
Concentración (ppm)	6.0	1.0	HCl, 12 mL
Alícuota (mL)	6.0	1.0	LaCl ₃
			200.0mL
Estándar Múltiple 4			Volumen (mL)
Mineral	Ca	Mg	+ 10.0 mL
Concentración (ppm)	12.0	2.0	HCl, 12 mL
Alícuota (mL)	12.0	2.0	LaCl ₃
			200.0mL

- Posterior a la toma de la alícuota respectiva colocar aproximadamente 25 mL de agua bidestilada y adicionar 10 mL de ácido clorhídrico concentrado (calidad AA).
- Adicionar 6.0 mL de solución de cloruro de lantano
- Llevar a volumen con agua bidestilada.
- Homogenizar y rotular. (Guardar en refrigeración; tiempo máximo: 6 meses).



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

– **Muestra**

Hacer las diluciones necesarias para que la lectura este dentro de la curva de calibración. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración del mineral en la muestra sea pequeña.

Adicionar Solución Cloruro de Lantano en relación de 6 mL por cada 100 mL de dilución de la muestra a preparar.

Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

Resumen de parámetros de lectura de minerales en AA-Llama (Fe, Na, K, Cu, Zn, Ni, Mn, Ca, Mg, Cd, Pb)

Tabla N° 5. Parámetros para lectura de minerales en AA-Llama

Mineral	Curva de calibración (ppm)	Longitud de onda (nm)	Corriente de Lámpara (mA)	Flujo de gas combustible (L/min)
Fe	(0.3 – 1.0 – 3.0 – 6.0)	248.3	10	2.2
Na	(0.05 – 0.1 – 0.5 – 1.0)	589.0	11	1.8
K	(0.1 – 0.25 – 0.5 – 1.0)	766.5	11	2.0
Cu	(0.2 – 1.0 – 2.0 – 4.0)	324.8	4	1.8
Zn	(0.05 – 0.1 – 0.5 – 1.0)	213.9	8	2.0
Ni	(0.2 – 0.5 – 3.0 – 5.0)	232.0	12	1.6
Mn	(0.2 – 0.5 – 1.0 – 3.0)	279.5	10	2.0
Ca	(0.3 – 1.0 – 3.0 – 6.0)	422.7	15	2.0
Mg	(0.1 – 0.25 – 0.5 – 1.0)	285.0	5	1.8
Cd	(0.25 – 0.5 – 1.0 – 2.0)	228.8	7	1.8
Pb	(0.1 – 0.5 – 3.0 – 5.0)	283.3	8	2.0



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Tabla N° 6. Parámetros de repetición en equipo para determinación de minerales por AA-Llama

	Número de repeticiones	Máximo de repeticiones	%RSD
Blanco	2	3	5
Estándar	2	3	5
Muestra	2	3	5

Tabla N° 7. Parámetros de sprayado en equipo para determinación de minerales por AA-Llama.

	Tiempo
Tiempo de pre sprayado	5 seg
Tiempo de integración	5 seg

Determinación de minerales por AA-Horno (Pb, Cd, Ni, Cr, Mn)

8. Procedimiento

– **Preparación de soluciones Estándar**

A partir de una solución madre de 1000 ppm preparar una solución stock, necesaria para preparar la curva de calibración, llevar a volumen utilizando agua bidestilada.

– **Muestra**

Hacer las diluciones necesarias para que la lectura este dentro de la curva de calibración. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración del mineral en la muestra sea pequeña.

Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Parámetros para lectura de minerales en AA-Horno (Pb, Cd, Ni, Cr, Mn)

Tabla N° 8. Parámetros para lectura de minerales en AA-Horno

Mineral	R1	R2	R3	R4	Curva de calibración (ppb)	Longitud de onda (nm)	Corriente de Lámpara (mA)
Pb	Agua	Std 40 ppb	Nitrato de Paladio	HNO ₃ (1+1)	(2.0 – 5.0 – 10.0 – 20.0)	283.3	8
Cd	Agua	Std 5 ppb	Nitrato de Paladio	HNO ₃ (1+1)	(0.2 – 0.5 – 1.0 – 2.0)	228.3	30
Ni	Agua	Std 40 ppb	-	-	(2.0 – 5.0 – 10.0 – 20.0)	232.0	12
Cr	Agua	Std 40 ppb	NH ₄ Cl al 4%	-	(1.0 – 3.0 – 5.0 – 10.0)	357.9	15
Mn	Agua	Std 40 ppb	NH ₄ Cl al 4%	-	(2.0 – 5.0 – 7.0 – 10.0)	279.5	10

- **Para 40 ppb:** De la madre de 1000 ppm (1000000 ppb) hacer un stock de 1 L de 1000 ppb, tomando 1 mL de la madre, luego para la de 40 ppb tomar 10 mL del stock y llevarlo a 250 mL. (ver esquema de dilución)

Esquema de dilución.

1,000,000 ppb (madre)

1.0 mL -----→ 1,000 mL (1,000 ppb)

↓

10.0 mL----- →250.0 mL (40 ppb)



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- **Para 5 ppb:** De la madre de 1000 ppm (1000000 ppb) hacer un stock de 1 L de 1000 ppb, tomando 1 mL de la madre, luego para la de 5 ppb tomar 1.25mL del stock y llevarlo a 250 mL. (ver esquema de dilución)

Esquema de dilución.

1,000,000 ppb (**madre**)

1.0 mL -----→ 1,000 mL (**1,000 ppb**)

↓

1.25 mL ---- →250.0 mL (**5 ppb**)

Determinación de minerales por AA-GH (As)

9. Reactivos

- **NaBH₄ (0.5 % p/v):** Disolver 2.5 gramos de NaBH₄ en 500 mL de NaOH 0.1 M. Se debe preparar en cada determinación. ***(250 mL para cada 60 muestras) ***
- **HCl 1 + 1:** Mezclar en cantidades iguales H₂O bidestilada y HCl concentrado.
- **Solución de KI (200 g/L):** Disolver 200.0 gramos de KI en agua y llevar a volumen de 100mL con H₂O bidestilada. **NOTA:** Se debe preparar en cada determinación.
- **NaOH (0.1M):** Disolver 2.0 gramos de NaOH en 100 mL de H₂O bidestilada, llevar a volumen de 500 mL.
- **Estándar 100 ppb de As.** Partiendo de una solución estándar de 1000 ppm (1,000,000 ppb), hacer un estándar intermedio de 10,000 ppb tomando 10 mL de este y llevarlo a 1 L.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Posterior a esto, partiendo de la solución al 10,000 ppb, tomar una alícuota de 2.5 mL y llevarla a un volumen de 250.0 mL.

- **Nitrato de paladio (10 µg Pd / mL).** Disolver 0.108 g de nitrato de paladio en 10 mL de ácido nítrico (1+1) y después llevar a 500 mL con agua.

Transferir 20 mL de la solución anterior a un frasco de 200 mL y llevar a volumen con agua destilada.

10. Procedimiento

Preparación de soluciones Estándar partiendo de stock de 100 ppb.

- En balones volumétricos de 50.0 mL adicionar:
 - 0.25 mL para 0.5 ppb
 - 0.50 mL para 1.0 ppb
 - 1.00 mL para 2.0 ppb
 - 2.50 mL para 5.0 ppb
- A cada balón adicionar 4.0 mL de HCL (1+1) y 2.0 mL de KI.
- Llevar a cabo una digestión a ± 85 °C durante 30 minutos, teniendo el cuidado de que no ebulle.
- Enfriar la solución, y llevar a volumen con agua bidestilada.

- **Muestra**

En balón volumétrico de 50.0 mL adicionar 10.0 mL de la muestra tratada (digestión húmeda o digestión seca)

Al balón adicionar 1.0 mL de HCL (1+1) y 2.0 mL de KI.

Llevar a cabo una digestión a ± 85 °C durante 30 minutos, teniendo el cuidado de que no ebulle.

Enfriar la solución, y llevar a volumen con agua bidestilada



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Parámetros para lectura de minerales en AA-GH (As)

Tabla N° 9. Parámetros para lectura de minerales en AA-GH

Mineral	Solución estándar Stock	Curva de calibración (ppb)	Longitud de onda (nm)	Corriente de Lámpara (mA)
As	100 ppb	(0.5 – 1.0 - 2.0 – 5.0)	193.7	10

11. Cálculos:

N/A

12. Fuentes o causas de error:

- Se emplea digestión húmeda (ácido nítrico + ácido perclórico o una mezcla HNO₃/HCl) o digestión seca en mufla seguida de disolución ácida. Una digestión incompleta genera subestimaciones de elementos como Fe, Zn, Cu o Mn.
- Tras la digestión, el extracto se transfiere a un balón volumétrico limpio. Es fundamental respetar el volumen final, ya que cualquier error en el aforo altera directamente la concentración calculada.
- El uso de sales impuras o agua no desionizada introduce contaminantes que alteran la concentración real. También es frecuente el error en la pesada de las sales metálicas, ya sea por balanzas mal calibradas o por no considerar la humedad higroscópica en compuestos como el cloruro de calcio, lo que conduce a subestimaciones.
- La alineación incorrecta de la lámpara de cátodo hueco, el deterioro de la lámpara o la falta de mantenimiento del equipo afectan la precisión de las mediciones.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

13. Referencias.

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 975.03, *Metals in Plants*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 965.09, *Nutrients in Fertilizers*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 973.34, *Cadmium in Food*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 974.27, *Lead in Food*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 971.21, *Mercury in Food*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 986.15, *Arsenic, Cadmium, Lead, Selenium, and Zinc in Food*.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 952.13, *Arsenic in Food*.
- Japan Waterworks Association. (1993). *City water testing method* (Ed. 1993). Japan Waterworks Association.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Japanese Standards Association. (1993). *Testing methods for industrial wastewater* (JIS K 0102). Japanese Industrial Standards.
- Ediger, R. D. (1975). AA analysis with the graphite furnace using matrix modification. *Atomic Absorption Newsletter*, 14(5), 127–130.
- Cruz, R. B., & Van Loon, J. C. (1974). A critical study of graphite furnace non-flame AAS for the determination of trace base metals in complex heavy matrix sample solutions. *Analytica Chimica Acta*, 72(2), 231–243.
- Price, W. J. (1979). *Spectrochemical analysis by atomic absorption*. Heyden & Son.
- Maesen, F. J. M., Balke, J., & Masee, R. (1978). Non-spectral interferences in beam-heated graphite furnaces. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 33(10-12), 611–624.
- Ediger, R. D. (1975). AA analysis with the graphite furnace using matrix modification. *Atomic Absorption Newsletter*, 14, 127-130.
- Cruz, R. B., & Van Loon, J. C. (1974). A critical study of graphite furnace non-flame AAS for the determination of trace base metals in complex heavy matrix sample solutions. *Analytica Chimica Acta*, 72, 231–243.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO (MÉTODO COLORIMÉTRICO)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo de suelo, alimento, agua o cualquier otra matriz a la cual se le desea conocer su contenido de minerales asimilables o totales.

2. Fundamento del método

El método de análisis para determinar fósforo consiste en una extracción del elemento con una solución doble ácido, solución de Mehlich o Solución Carolina del Norte. Una vez extraídos los elementos; el fósforo se determina con el método colorimétrico del Vanadato-Molibdato de Amonio.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

La coloración amarilla que se desarrolla en esta metodología se debe a la formación del sistema Vanadomolibdofosfórico, al sustituirse los átomos de oxígeno del radical PO₄-3 por los radicales oxivanadio y oximolibdeno, para dar un heteropolícompuesto adaptable a muchos medios acidificados.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Beaker de 1 litro
- Balanza analítica
- Estándar de 1000 ppm de P
- Espectrofotómetro UV-VIS
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Micro pipetas
- Puntas de pipetas
- Celda de cuarzo

5. Reactivos

- **Solución Molibdato-Vanadato de Amonio.**
- **Solución de Molibdato de amonio:** Pesar 60 g de molibdato de amonio tetrahidratado y disolverlos en 900 ml de agua destilada caliente. Luego enfriar y diluir a 1 litro.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- **Solución de Meta-Vanadato de amonio:** Pesar 1.5 g de meta vanadato de amonio y diluirlos en 690 ml de agua destilada caliente; luego añadir 300 ml de HNO₃, enfriar y diluir a 1 litro.

Adicionar gradualmente con agitación, la solución de Molibdato de amonio a la solución de Vanadato de amonio.

NOTA: Almacenar a temperatura ambiente en frascos de polietileno. El reactivo es estable indefinidamente en frascos de polietileno, pero si es almacenada en frascos de vidrio gradualmente se forma precipitado después de varios meses. Descartar el reactivo si se forma precipitado.

- **Solución Extractora Carolina del Norte.**

La solución extractora de ácido débil es una solución de aproximadamente 0.05N de HCl y 0.025N de H₂SO₄.

Medir 0.67 ml de H₂SO₄ concentrado y 4.05 ml de HCl concentrado.

Llevar a volumen de 1 litro con agua destilada y mezclar bien.

6. Procedimiento

Preparación de Soluciones Estándar

A partir de una solución madre de 1000 ppm preparar una solución stock de 100 ppm.

Curva de calibración

De la solución stock de 100 ppm, preparar los siguientes estándares: 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm y 20 ppm.

Muestra

- Pipetear 5.0 mL de la solución madre de ceniza y transferirlos a un tubo de ensayo **(para fósforo total)**.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Pipetear 5.0 mL del filtrado de la extracción con la solución de carolina del norte y transferirlos a un tubo de ensayo (**para fósforo asimilable**).
- Añadir 2.0 mL de solución Molibdato-Vanadato, agitar y dejar en reposo durante 30 min.
- Realizar los mismos 2 pasos anteriores para los estándares.
- Transcurrido el tiempo, leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.
- Llevar un blanco para ajustar el cero de absorbancia en el equipo.

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- El uso de materiales contaminado con detergentes a base de fosfatos falseará los resultados, generando un error por exceso muy significativo.
- El incumplimiento del tiempo de reposo tras añadir Molibdato-Vanadato alterará los resultados: si se leerá la absorbancia antes de tiempo, la formación del complejo amarillo será incompleta, subestimando la concentración; si se excediera el reposo, la luz o temperatura afectarán la estabilidad del complejo, causando variaciones de color y lecturas inexactas.
- El llenado insuficiente de las celdas, provoca que la luz atraviese el aire o el menisco, provocando lecturas de absorbancias erróneas.
- Si se manipula la celda por sus lados transparentes, la grasa cutánea bloqueará parte del haz, aumentando falsamente la concentración de fósforo.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

9. Referencias

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 958.01, *Phosphorus (Total) in Fertilizers*.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

CLASIFICACION DE LAS MUESTRAS DE AGUAS

Existen diferentes tipos de agua de acuerdo a su procedencia, características físico-químicas y usos.

Por procedencia:

- **Agua subterránea:** Agua que ocupa la zona saturada del subsuelo. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.
- **Agua superficial:** Toda agua natural abierta a la atmósfera, concerniente a ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales. Fluye o se almacena en la superficie del terreno, y se considera de utilidad.
- **Agua fósil:** Agua subterránea que ha permanecido por miles o millones de años retenida en las rocas sedimentarias desde su formación.

Por características físico-químicas:

- **Agua destilada:** Agua en la que no se encuentra ninguna sal diluida, pues ha sido purificada o limpiada mediante destilación.
- **Agua dulce:** Agua con baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada para producir agua potable.
- **Agua salada:** Agua en la que la concentración de sales minerales es relativamente alta. Se puede encontrar en los océanos y mares de la Tierra.
- **Agua salobre:** Tiene más sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar. Puede resultar de la mezcla de agua de mar con agua dulce,



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- **Agua dura:** Agua que contiene cantidades relativamente grandes de sales disueltas, principalmente de calcio y magnesio.
- **Agua blanda:** Agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales.

Por usos:

- **Agua potable:** Definida por la OMS y la UNICEF como el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar.
- **Agua potable salubre:** Es el agua cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la Organización Mundial de la Salud o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable.
- **Aguas claras o aguas de primer uso:** Aquellas provenientes de distintas fuentes naturales y de almacenamientos artificiales, que no han sido usadas previamente.
- **Aguas residuales, negras o servidas:** Se denominan aguas residuales a las que han sido contaminadas por diversos usos. Constituyen un residuo, y comúnmente se les denomina aguas negras por el color que presentan.
- **Agua estancada:** Es el agua que queda atrapada en la superficie del suelo porque está saturado o porque es impermeable y no hay suficiente desnivel para que escurra.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 111

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

PRETRATAMIENTO DE AGUAS



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del pretratamiento
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Fuentes o causas de error
8. Referencias

1. Alcance

Este pretratamiento está diseñado para aplicarse a todas las muestras de agua recibidas para análisis. Establece las operaciones mínimas requeridas para la adecuación de las muestras previo a su ejecución analítica. El alcance abarca desde la recepción y climatización de la muestra, hasta los procesos de homogeneización, clarificación y digestión necesarios para asegurar la representatividad de las alícuotas y la eliminación de interferencias físicas antes de su lectura instrumental.

2. Fundamento del pretratamiento

El pretratamiento se fundamenta en la estabilización física y la digestión oxidativa de la matriz acuosa. Debido a que las muestras de agua son sistemas dinámicos propensos a la sedimentación de partículas y cambios en su equilibrio químico por variaciones de temperatura, se requiere una adecuación térmica y mecánica para restablecer su estado



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

original. Asimismo, se incluye la digestión oxidativa como proceso fundamental para el análisis de minerales, la cual utiliza agentes oxidantes y energía térmica para degradar la materia orgánica y liberar los analitos de interés, asegurando una fase líquida apta para la determinación instrumental.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Beaker de 250 mL
- Balón volumétrico de 100 mL
- Agitador de vidrio
- Embudo
- Papel filtro Whatman 42
- Pizeta
- Cámara de extracción de gases
- Hot-plate
- Pipeta digital

5. Reactivos

- Agua osmotizada o bidestilada
- Ácido clorhídrico concentrado (calidad AA)
- Ácido nítrico concentrado (calidad AA)

6. Procedimiento

- **Recepción y registro de la muestra:**



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Codificar y rotular la muestra (verificar que el volumen recibido sea suficiente para los análisis solicitados).

– **Conservación inicial:**

Mantener la muestra en refrigeración a 4°C para evitar proliferación microbiana y cambios físicos.

NOTA: no congelar, ya que puede alterar la composición de sólidos disueltos.

– **Filtración: (si aplica)**

Filtrar la muestra por gravedad utilizando papel Whatman N°42.

NOTA: este paso se aplica únicamente cuando el método analítico requiere eliminar sólidos suspendidos que interfieran o cuando sea necesario una fase clara.

– **Preservación química: (si aplica)**

Permitir que la muestra alcance la temperatura ambiente antes de proceder a la apertura y toma de alícuotas

Agitar el contenedor original de forma manual para asegurar la representatividad de la alícuota a tomar.

Tomar 100 mL de muestra, medidos volumétricamente, y transferirlos a un beaker de 250 mL

Agregar HCl concentrado (al 5% con respecto a la cantidad de la muestra)

NOTA: Si la muestra posee sólidos en suspensión deberá adicionarse ácido nítrico en igual proporción al HCl.

Llevar a ebullición durante 10 minutos o hasta reducir el volumen unos 15-20 mL, manteniendo el cuidado de no tener pérdidas por salpicaduras

Filtrar la solución, utilizando papel filtro Whatman N° 4, y recibir en balón volumétrico de 100 mL



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Realizar de 2 a 3 lavados en el beaker para arrastrar el contenido

Aforar el balón volumétrico con agua bidestilada, rotular y conservar la solución en refrigeración hasta su análisis.

7. Fuentes o causas de error

- Si la alícuota se toma del contenedor original sin una agitación manual previa, los sólidos sedimentados quedarán fuera del análisis, subestimando la concentración real de minerales asociados a material suspendido.
- Pérdida de muestra por salpicaduras durante la ebullición, especialmente si el calentamiento es brusco o no se controla adecuadamente.
- Filtración deficiente, ya sea por uso de papel filtro incorrecto, roturas del filtro, arrastre de partículas al filtrado o realizar la filtración con la muestra aún caliente, lo que puede provocar pérdidas de volumen por evaporación, arrastre de vapores ácidos y errores en la concentración final.

8. Referencias

- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Method 3030 E (Nitric Acid Digestion) and Method 1060 (Collection and Preservation of Samples). Washington, DC: APHA.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1994). *Method 200.2: Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements* (Revision 2.8). Cincinnati, OH: EPA.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 116

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

ANALISIS FISICOQUIMICOS DE AGUAS



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD (CARBONATOS Y BICARBONATOS)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer su contenido de carbonatos y/o bicarbonatos.

2. Fundamento del método

La alcalinidad se determina por titulación de la muestra con una solución valorada de un ácido fuerte como el HCl, mediante dos puntos sucesivos de equivalencia, indicados por medio del cambio de color utilizando dos indicadores ácido-base adecuado.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Bureta
- Frasco gotero
- Erlenmeyer de 125 mL
- Beaker de 50 mL
- pHmetro

5. Reactivos

- HCL 0.01 N
- Indicador de bromofenol

6. Procedimiento:

- Cuando se le agrega a indicador de fenolftaleína a la muestra de agua y aparece un color rosa, esto indica que la muestra tiene un pH mayor que 8.3 y es indicativo de la presencia de carbonatos.
- Se procede a titular con HCl valorado, hasta que el color rosa vire a incoloro, con esto, se titula la mitad del CO_3^{2-}
- En seguida se agregan unas gotas de indicador de azul de bromofenol, apareciendo una coloración azul y se continúa titulando con HCl hasta la aparición de una coloración verde. Con esto, se titula los bicarbonatos (HCO_3^-) y la mitad restante de los carbonatos (CO_3^{2-}).
- Si las muestras de agua tienen un pH menor que 8.3 la titulación se lleva a cabo en una sola etapa. Se agregan unas gotas de indicador de azul de bromofenol, apareciendo una coloración azul y se precede a titular con solución de HCl hasta la aparición de un color verde; con eso se titula los HCO_3^- .



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos

$$meq/L \text{ de } CO_3 = \frac{2V \times N \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

V = mL de HCl gastados

N = Normalidad del HCl usado

$$meq/L \text{ de } HCO_3 = \frac{(T-2V) \times N \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

T= mL de HCl gastado en las 2 titulaciones

V = mL gastados en la primera titulación

N = Normalidad del HCl

8. Fuentes o causas de error:

- Si la muestra permanecerá expuesta al aire por mucho tiempo antes del análisis, el CO₂ se disolverá formando ácido carbónico, lo que disminuirá la alcalinidad real y falseará los resultados de carbonatos.
- La demora en la titulación tras la adición del indicador, provoca que la estabilidad química de la mezcla cambie, afectando la nitidez del cambio de color final.
- La presencia de burbujas en la punta de la bureta durante la titulación, resulta en un error sistemático por exceso en el cálculo de bicarbonatos.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 120

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

9. Referencia:

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Method 973.43, *Alkalinity of Water*.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Method 2320. Washington, D.C



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE CLORUROS EN AGUA (MÉTODO DE MOHR)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer su contenido de cloruros.

2. Fundamento del método

El fundamento de la “Argentometría” es la reacción entre el ion plata y el ion cloruro, como se demuestra en la siguiente reacción:



Es decir, cuando una solución de cloruro soluble se combina con otra de nitrato de plata, se forma un precipitado blanco de cloruro de plata. Cuando todo el cloruro ha reaccionado con la plata, se ha alcanzado el punto estequiométrico. Para apreciar el punto final de la reacción se añade un indicador que produce un precipitado de



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

distinto color al del cloruro de plata. Esto se consigue cuando se deja caer otra porción de solución de nitrato de plata, sobre la sustancia que se está valorando.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Bureta
- Frasco gotero
- Erlenmeyer de 250 ml
- Beaker de 100, 50 mL
- Balanza analítica

5. Reactivos

Preparación de solución estándar de nitrato de plata 0.1N.

- Poner a secar en estufa a 110 °C nitrato de plata (grado reactivo analítico), durante una o dos horas.
- Dejar enfriar y pesar exactamente 16.989 g.
- Disolver en agua libre de cloruros, aforar a un litro en frasco volumétrico, tapan el frasco volumétrico, mezclar bien la solución por agitación, rotación e inversión del frasco volumétrico varias veces.
- Guardar en frascos ámbar.
- Las soluciones valoradas de nitrato de plata deben protegerse contra el polvo ya que produce reducción de la plata y de la luz, porque provoca una reducción fotoquímica.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

NOTA: El nitrato de plata se reduce por la materia orgánica, por lo tanto, deberá evitar el contacto con cristales de nitrato de plata o con su solución ya que esto causará manchas oscuras sobre mesas, piel, telas, entre otros. Deben tomarse las debidas precauciones para manejar los cristales y soluciones de nitrato de plata: usar guantes y limpiar inmediatamente cualquier salpicadura.

Preparación de solución estándar de cloruro de sodio 0.1N

- Poner a secar en estufa a 250° - 350 °C cloruro de sodio (calidad reactivo analítico), durante una hora.
- Enfriar en desecador y pesar exactamente 5.846 g.
- Disolver con agua destilada y aforar en frasco volumétrico de 1000 mL.
- Esta solución se utiliza para determinar la normalidad de la solución de nitrato de plata.

Preparación de solución indicador cromato de potasio 5%

- Pesar 5.0 gramos de cromato de potasio.
- Disolver con agua destilada libre de cloruros y llevar a volumen de 100 mL en balón volumétrico.

Valoración o estandarización de la solución de nitrato de plata

- Pipetear 25 ml. de solución de NaCl en un Erlenmeyer de 125 ml.
- Agregar 1 mL de indicador cromato de potasio
- Titular con la solución de AgNO₃ puesta en la bureta hasta que cambia de color el indicador.
- Hacer un blanco.
- Repetir esta titulación 3 veces.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Las valoraciones deben concordar en 0.1 mL.
- Calcular la normalidad de la solución de AgNO_3 .

6. Procedimiento

- Homogenizar la muestra: se invierte el recipiente que contiene la muestra varias veces para homogenizarla.
- Servir en un vaso de precipitado y luego medir con pipeta volumétrica 20 o 25 ml. de la muestra de agua y colocar en un Erlenmeyer de 250 ml.
- Agregar 1 ml. de solución de cromato de potasio al 5% (20 gotas).
- Titular con la solución valorada de nitrato de plata colocada en la bureta, agitando circularmente el Erlenmeyer, lentamente, durante toda la valoración para facilitar el alcance del equilibrio de solubilidad.
- Se continúa la valoración, agregando primero gotas y luego fracciones de gota del valorante, hasta cambio de color amarillo canario a anaranjado o parduzco y que permanezca por 30 segundos.
- Al final de cada valoración se anota el volumen de solución de nitrato de plata usado.
- En esta determinación se debe hacer siempre un ensayo en blanco o testigo, como ayuda para reconocer el cambio de color en el punto final y determinar la cantidad de solución de nitrato de plata que se gasta para producir el punto final cuando hay ausencia de cloruros.
- Esta cantidad se resta de los mililitros de AgNO_3 gastados en la valoración.

Ensayo en blanco:

- Medir con pipeta volumétrica 25 ml. de agua destilada libre de cloruros y colocarla en un Erlenmeyer de 250 ml.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Agregar 1 ml de solución de indicador de cromato de potasio y la cantidad necesaria de carbonato de calcio (CaCO_3) para que la turbidez del líquido parezca idéntica a la muestra analizada. Aproximadamente 0.3 g. de carbonato de calcio.
- Titular la solución preparada anteriormente con la solución de nitrato de plata y anotar los mililitros gastados en la titulación.

7. Cálculos

- a = ml. AgNO_3 usados muestra
b = ml. AgNO_3 usados en el testigo
N = Normalidad de la solución de AgNO_3
v = mililitros de muestra (alícuota)
Peso equivalente Cl^- = 35.45 g/mol eq

$$\text{Cl}^- \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ o ppm} \right) = \frac{(a - b) \times N_{\text{AgNO}_3} \times \text{Peso equivalente Cl}^- \times 1000}{V}$$

8. Fuentes o causas de error:

- Si se enjuagará la cristalería con agua corriente y no se secará o enjuagará con agua destilada, los cloruros residuales se sumarán a la muestra, falseando el análisis por exceso.
- La presencia de burbujas de aire en la punta de la bureta provoca un error, sobrestimando la concentración de cloruros en la muestra.
- La exposición a luz ambiental intensa durante la titulación descompondrá el precipitado de cloruro de plata blanco al reducirlo a plata metálica con un tono grisáceo, lo cual interferirá con la visualización del punto final del indicador cromato.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

9. Referencias:

- Ayres, G. H. (1970). *Análisis químico cuantitativo* (S. Vicente Pérez, Trad.). Harper & Row.
- Blaedel, W. J., & Meloche, V. W. (1964). *Elementary quantitative analysis: Theory and practice* (2^a ed.). Harper & Row.
- Cabrera Campos, J. A., Castillo Panameño, B. A., & Chávez Méndez, R. A. (1995). *Aplicación de una técnica volumétrica para la determinación de la concentración de mastitis en leche de vaca en el Departamento de La Libertad* [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Christian, G. D. (1990). *Química analítica*. Editorial Limusa.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche. (1982). *Metodi analitici per le acque* (Vol. 1). La Pergamena.
- Fischer, R. B., & Peters, D. G. (1970). *Análisis químico cuantitativo* (3^a ed.). Interamericana.
- Flaschka, H. A., Barnard, A. J., & Sturrock, P. E. (1973). *Química analítica cuantitativa* (A. Eroles Gómez, Trad.). Compañía Editorial Continental.
- Harris, D. C. (1990). *Análisis químico cuantitativo*. Grupo Editorial Iberoamericana.
- Skoog, D. A., & West, D. M. (2000). *Fundamentals of analytical chemistry* (4^a ed.). CBS College Publishing.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la conductividad eléctrica.

2. Fundamento del método

La conductividad eléctrica de un electrolito se puede definir como la capacidad del mismo para transmitir una corriente eléctrica. La conductividad dependerá en este caso de la cantidad de iones disueltos en el mismo, de la carga y movilidad de estos iones, y de la viscosidad del medio en el que se hallan disueltos.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

Sonda multiparámetros, conductivímetro

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Calibrar el conductivímetro siguiendo las instrucciones del fabricante y usando la solución de referencia de NaCl de 1000 ppm.
- Si los electrodos no cuentan con termo compensador, medir la temperatura de la muestra y cuidar que no difiera en más de 1°C de la temperatura de las soluciones tampones que deben estar a una temperatura de 20°C a 25°C.
- Agitar la muestra e introducir los electrodos.
- Leer la conductividad una vez estabilizada la lectura y anotar el valor con dos decimales.
- Finalmente enjuagar repetidamente el electrodo con agua destilada de modo que no queden restos ni incrustaciones de lodo en la superficie del electrodo.
- Secar con papel absorbente y almacenar adecuadamente.

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- Una profundidad de inmersión insuficiente de la sonda impide la formación del campo eléctrico, subestimando la capacidad conductora de la solución.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- El uso de estándares de calibración degradados o contaminados, derivan en una calibración incorrecta del instrumento.
- La contaminación cruzada por un enjuague deficiente de la sonda.
- La conductividad es altamente dependiente de la temperatura, si la muestra no se estabiliza a 25°C o si el equipo no realiza una compensación automática precisa, los valores de conductividad aumentarán o disminuirán erróneamente.

9. Referencias:

- Pérez Cadenas, A. F. (s.f.). *Conductividad de disoluciones y electrólisis*. Laboratorio en Química 4.0. Universidad de Granada. Recuperado el 16 de diciembre de 2025, de https://www.ugr.es/~laboratoriodequimica/practicas_II/6_6_practica.htm
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Method 2510. Washington, D.C.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

**DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO5
(MÉTODO POTENCIOMÉTRICO)**

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Fuentes o causas de error
8. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la concentración de oxígeno disuelto luego de incubarlo 5 días (DBO5).

2. Fundamento del método

El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado para este análisis (frasco DBO de 300 mL), e incubarlo a una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 5 días.

El Oxígeno disuelto se mide antes y después del proceso de incubación, y el DBO se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el Oxígeno disuelto final. Debido a que el Oxígeno disuelto se determina inmediatamente después de



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

hacer la dilución, toda la captación de Oxígeno, incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos, se incluye en la determinación de la DBO.

La determinación de DBO debe realizarse lo más pronto posible, es decir que de preferencia este análisis debe realizarse el mismo día en que la muestra es tomada, principalmente en aquellos casos en que la muestra de agua posee una baja cantidad de Oxígeno disuelto y por consiguiente se sospeche que tiene una alta DBO.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

Sonda multiparámetros, electrodo de OD.

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Conectar el Electrodo para determinación de Oxígeno Disuelto en el equipo.
- Encender el equipo y oprimir el botón para colocar en modo de Oxígeno Disuelto.
- Dejar estabilizar por 30 minutos para lograr que el electrodo se polarice completamente.
- Calibrar el equipo antes de comenzar a tomar las lecturas de las muestras.
- Destapar la botella que contiene la muestra previamente ambientada a una temperatura aproximadamente de 20 °C e introducir el electrodo asegurándose que el sensor de temperatura quede sumergido completamente.
- Dejar estabilizar la lectura (aproximadamente 5 minutos) y luego registrar el dato.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Tomar la lectura de pH de la muestra y de ser necesario ajustar el pH para que esté en el rango de 6.5 a 7.5, utilizando HCl 1N o NaOH 1N según sea necesario.
- Preparar los frascos para DBO (botellas Winkler de aproximadamente 300 mL) llevando por lo menos un duplicado de cada dilución de la muestra que se vaya a realizar y un blanco de agua de dilución.
- Medir los mililitros de muestras necesarios para cada dilución y transferirlos a cada botella de DBO. Llevar a volumen con agua de dilución y agitar para homogenización.
- Repetir este procedimiento para cada una de las diluciones que sean necesarias de realizar.
- Preparar el blanco adicionando a la botella de DBO agua de dilución hasta llevar a volumen. Este es necesario para asegurar que el agua utilizada en el análisis no esté aportando DBO al análisis.
- Determinar el Oxígeno Disuelto (OD) de estas diluciones y el Blanco utilizando el electrodo para determinación de OD. Anotar esta Lectura como OD Inicial.
- Tapar herméticamente los frascos que contienen las muestras, sus respectivas diluciones y el blanco, descartando el exceso de líquido que queda en la boca del frasco.
- Transferir los frascos a una incubadora con una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y dejar en estas condiciones durante 5 días.
- Trascorridos los 5 días, tomar nuevamente el Oxígeno Disuelto a cada una de las diluciones y el blanco. Registrar las Lecturas como OD Final.
- La DBO es el resultado de la diferencia entre el Oxígeno Disuelto Inicial menos el Oxígeno Disuelto Final. Para el caso de las diluciones, esta diferencia ira multiplicada por el respectivo factor de dilución.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- Una profundidad de inmersión insuficiente del sensor impide que el equipo registre la temperatura real del ensayo y aplique una compensación térmica basada en el aire ambiental.
- El sellado deficiente de las botellas Winkler permiten el intercambio gaseoso con el exterior y provoca el ingreso de oxígeno atmosférico a la muestra, lo que invalida la medición final.
- La fluctuación de la temperatura de incubación fuera del rango de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ altera la tasa metabólica ya que un aumento térmico acelera excesivamente el consumo de oxígeno, mientras que un descenso lo ralentiza, desviando el resultado de la cinética estándar de cinco días.
- La exposición de las botellas a la luz durante los cinco días de incubación fomentó la actividad fotosintética de algas presentes en la muestra, lo cual generó oxígeno adicional.

9. Referencia:

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Pollution Control Federation. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (Comité Editorial Conjunto, Ed.; 17^a ed. 5-4-5-5.). Ediciones Díaz de Santos.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Method 5210 B. Washington, D.C.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS (Ca + Mg)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la concentración de Ca + Mg, conocida esta como dureza total.

2. Fundamento del método

El total de iones calcio y magnesio disueltos en una muestra de solución de suelo se titulan con solución de EDTA. Esta reacciona primero con los iones Ca^{+2} libres, luego con los iones Mg^{+2} libres y por último con el Mg^{+2} presente en el complejo que forma este ion con el indicador Negro de Eriocromo (NET), que es un ácido tribásico que forma complejos solubles coloreados con los iones calcio y magnesio. Los complejos de Mg^{+2} que forma son más estables que los de Ca^{+2} .

La solución de muestra se regula a un pH 10 ± 0.1 para tener un compromiso entre la estabilidad de los quelatos (la estabilidad del quelato con EDTA es mayor al



Manual de Metodologías Analíticas

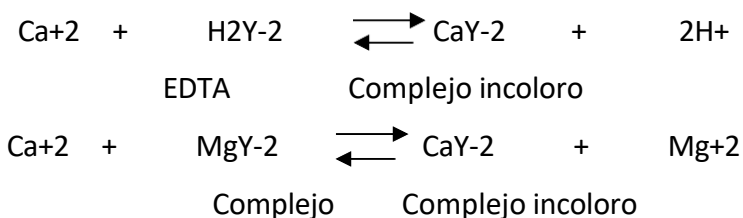
Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

aumentar el pH) y la necesidad de evitar la precipitación de los iones metálicos como $\text{CaCO}_3(\text{s})$ y $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$ que se analiza.

En esta valoración se utiliza una solución amortiguadora o reguladora de amoníaco para evitar la precipitación de otros iones metálicos ya que el amoníaco puede formar con ellos complejos débiles.

REACCIONES:

TITULACIÓN:



PUNTO FINAL:



3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Pipeta volumétrica de 40.0 o 50.0 mL
- Beacker de 50 mL
- Bureta

5. Reactivos

Solución Estándar de EDTA 0.01M.

- Pesar 2 gramos de $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ previamente secado a 80°C durante 2 horas.
- Agregar 0.05 g de cloruro de magnesio con 6 moléculas de agua.
- Transferir a un frasco volumétrico de 500 mL, añadir aproximadamente 400 mL de agua destilada y agitar hasta que se disuelva el EDTA.
- El EDTA se disuelve lentamente y el proceso puede durar media hora o más. De ser posible, la solución debe dejarse reposar toda la noche antes de usarla.
- Aforar y agitar.
- Guardar en frasco de polietileno previamente lavado con pequeñas porciones de EDTA. No almacenar en recipiente de vidrio debido a que las soluciones de EDTA hacen que se desprendan gradualmente los iones metálicos del vidrio, provocando un cambio en la concentración del EDTA libre.
- Calcular la molaridad del EDTA por titulación con solución estándar del calcio.

Solución Estándar de Calcio 1 ml. = 1 mg. de CaCO_3 .

- Pesar 1.0 gramos de CaCO_3 previamente secado durante toda la noche a 105°C .
- Colocarlo en un Erlenmeyer de 500 mL y añadir por medio de un embudo HCl concentrado hasta que se disuelva todo el CaCO_3 .
- Transferir cuantitativamente a un frasco volumétrico de 1000 mL.
- Aforar, rotular y guardar.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Solución reguladora o tampón de cloruro de amonio más hidróxido de amonio.

- Disolver 16.9 g. de NH_4Cl en 143 ml de NH_4OH concentrado, diluir a 250 mL con agua destilada. Es conveniente guardar la solución en frascos de polietileno para evitar que se desprendan iones metálicos del vidrio.

Indicador negro de eriocromo T. Al 0.5% P/V.

- Disolver 0.5 gramos de negro eriocromo T y 4.5 g. de cloruro de hidroxilamina en 100 ml. de alcohol etílico al 95%. (Se agrega cloruro de hidroxilamina para reducir el Cu (II) a Cu (I) y que no interfiera). **NOTA:** Esta solución debe prepararse de nuevo transcurridos unos cuantos días porque es inestable.

6. Procedimiento

- Homogenizar la muestra de agua.
- Servir en un beaker y medir con pipeta volumétrica 40 o 50 mL de la muestra de agua, colocarla en un Erlenmeyer de 250 ml.
- Añadir 2 mL de solución reguladora. Debe añadirse siempre antes del indicador, para evitar reacciones del indicador con hierro.
- Agregar 2 – 3 gotas de indicador. Debe evitarse añadir demasiado indicador a soluciones diluidas, de lo contrario el cambio en el punto final será demasiado gradual.
- Ambientar la bureta con pequeñas porciones de la solución de EDTA y luego llenarla.
- Titular agitando hasta cambio de color.
- Anotar los mL gastados. El titulante debe agregarse con lentitud agitando fuertemente en la vecindad de dicho punto.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos:

Se calcula y registra la dureza del agua en mg/L o ppm de CaCO₃.

Peso molecular CaCO₃ = 100.09 g/mol

$$\text{Dureza Total } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 = \frac{\text{mL EDTA gastados} \times \text{Molaridad} \times 100.09 \times 1000}{\text{mL alícuota}}$$

8. Fuentes o causas de error:

- El uso de un indicador cuya útil ha expirado, generando puntos finales falsos o retrasados.
- La evaporación del amoníaco y la absorción de dióxido de carbono por dejar abierta la solución reguladora reducen drásticamente el pH y la capacidad amortiguadora del reactivo.
- La presencia de burbujas de aire atrapadas en la punta de la bureta provoca una lectura de volumen errónea, resultando una sobreestimación de la dureza al momento de realizar el cálculo final.

9. Referencia:

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21^a ed., pp. 2-37–2-39). APHA.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE Mg

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Fuentes o causas de error
8. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la concentración de Ca, y que luego por diferencia poder obtener la concentración de Mg si se necesita.

2. Fundamento del método

El calcio se valora con EDTA en medio fuertemente alcalino pH 12. En estas condiciones el magnesio presente se precipita como hidróxido de magnesio Mg (OH)₂, y no interfiere en la valoración del calcio. El indicador metalocrómico que se usa es la murexida o purpurato de amonio (sal amónica de la purpurina) que forma con el calcio en medio alcalino un color rosado que al final de la valoración cambia a púrpura.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Pipeta volumétrica de 40.0 o 50.0 mL
- Beacker de 50 mL
- Bureta

5. Reactivos

- **Solución valorada de EDTA 0.01M.**
- **Solución de NaOH 1M. o bien una solución que contenga 40 g. NaOH/litro.**
- **Indicador murexida o purpurato de amonio.**

Se mezcla 0.50 g de purpurato de amonio con 100 gramos de Na₂SO₄ en polvo y se pasa después por un tamiz de 40 – 50 mesh.

6. Procedimiento

- Homogenizar la muestra de agua.
- Medir 40 o 50 ml. de muestra según pipeta volumétrica que posea y colóquela en un Erlenmeyer de 250 ml.
- Añadir 3 ml. de NaOH 1M. Agregar esta solución lentamente y con agitación para evitar coprecipitación del ion Ca⁺² con Mg⁺².
- Agregar aproximadamente 50 mg. de murexida, agitar bien para disolver el indicador.
- Llenar la bureta con solución de EDTA 0.01M previamente estandarizada y titular la muestra hasta cambio de color a morado en el punto final de la valoración.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos:

Dureza total como calcio

$$\frac{mg}{L} Ca^{2+} = \frac{mL EDTA gastados \times Molaridad \times Peso atómico del calcio \times 1000}{mL alícuota}$$

8. Fuentes o causas de error:

- El uso de un exceso de indicador murexida oscurece la tonalidad de la muestra y dificulta la identificación del punto final exacto por la alta densidad cromática del reactivo.
- La demora excesiva en iniciar la titulación provoca la degradación oxidativa del indicador en el medio básico y la absorción de CO₂ atmosférico, facilitando la redisolución del magnesio y adsorción de iones calcio al precipitado.
- La presencia de burbujas de aire atrapadas en la punta de la bureta provoca una lectura de volumen errónea, resultando una sobreestimación de Mg al momento de realizar el cálculo final.

9. Referencias:

- Jackson, M. L. (1970). Análisis químico de suelos (J. Beltrán Martínez, Trad.; 2^a ed.). Editorial Omega.
- Chapman, H. D., & Pratt, P. F. (1973). *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Editorial Trillas.
- Jenkins, D., & Snoeyink, V. L. (1993). *Química del agua: Manual de laboratorio*. Limusa.
- Walker, J. (1991). *Métodos de análisis de agua*. Universidad de Massachusetts.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington, D.C.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE FOSFATOS (MÉTODO FOTOMÉTRICO)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
Responsable
3. Materiales y equipos
4. Reactivos
5. Procedimiento
6. Fuentes o causas de error
7. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la concentración de fosfatos.

2. Fundamento del método

En solución sulfúrica, los iones ortofosfatos forman con los iones molibdato, ácido molibdofosforico. Este último, con ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno (PMB) que se determina fotométricamente. El color de la solución permanece estable 60 minutos después de transcurrido el tiempo de reacción.

El procedimiento es análogo EPA 365.2+3, US Estándar Methods 4500-PE, ISO 6978/1 y EN1189.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Fotómetro UV, NOVA
- Celdas de cuarzo

5. Reactivos

- Kit de fosfato

6. Procedimiento

- Sacar la muestra del refrigerador y llevar la muestra a temperatura ambiente.
- Homogenizar la muestra y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman N° 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
- Comprobar el valor del pH de la muestra, intervalo previsto: pH 0 –10.
- En caso necesario, corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o respectivamente de ácido sulfúrico.
- Pipetear 5.0 mL de la muestra en un tubo de ensayo.
- Añadir 5 gotas del reactivo PO4-1 y mezclar.
- Añadir 1 micro cuchara azul rasa del reactivo PO4-2.
- Agitar intensamente el tubo para disolver la sustancia sólida.
- Espere un tiempo de reacción de 5 minutos en las muestras analizadas para generar un complejo coloreado completo.
- Después de transcurridos los 5 minutos; añadir la solución en la cubeta correspondiente.
- Introducir la celda de selección del método (la cual contiene la curva de calibración del mismo equipo).



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas del equipo y lea cada una de las muestras respectivamente.
- Importante: Dependiendo de la concentración del analito; así se hace necesaria la utilización de cubetas de 1, 2 y 5 cm; tomando en consideración que para cubetas de 2 y 5 cm el volumen de muestras tomadas, como de reactivos deben ser el doble.

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- La falta de agitación intensa deja sedimentos del reactivo en el fondo del tubo, lo que impide la disolución completa del agente reductor y causa una formación de color heterogénea o incompleta.
- La demora excesiva entre la adición del reactivo reductor y la medición fotométrica altera la intensidad del color azul de molibdeno debido a que la estabilidad del complejo es temporal.
- El uso de una celda de lectura sucia o rayada dispersa la radiación incidente en el espectrofotómetro y provoca una sobreestimación de la absorbancia de la muestra.

9. Referencia:

- Merck KGaA. (s. f.). *Manual de procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60: Determinación de fosfatos. Método: 14848 (Test con reactivos)*. Darmstadt, Alemania.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington, D.C.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE NITRATOS (MÉTODO FOTOMÉTRICO)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la concentración de nitratos.

2. Fundamento del método

En solución sulfúrica y fosfórica los iones Nitrato forman 2,6-dimetifenol (DMP) el compuesto 4-nitro-2,6-dimetifenol que se determina fotométricamente. El color de la solución permanece estable 30 minutos después de transcurrido el tiempo de reacción.

El procedimiento es análogo a ISO 7890/1

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Fotómetro UV, NOVA
- Celdas de cuarzo

5. Reactivos

Kit de nitratos

6. Procedimiento

- Sacar la muestra del refrigerador y llevar la muestra a temperatura ambiente.
- Mezclar y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman N° 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
- Pipetear 4.0 mL del reactivo NO₃-1 en una cubeta redonda vacía.
- Añadir 0.50 mL de la muestra filtrada con la pipeta en una cubeta de reacción, no mezclar.
- Añadir 0.50 mL del reactivo NO₃-2 con la pipeta, cerrar con la tapa roscada y mezclar. ¡Atención, la cubeta se calienta!
- Espere un tiempo de reacción de 10 minutos en las muestras analizadas para generar un complejo coloreado completo.
- Añadir la solución en la cubeta correspondiente.
- Introducir la celda de selección del método (la cual contiene la curva de calibración del mismo equipo).
- Colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas del equipo y lea cada una de las muestras respectivamente.
- **Importante:** Dependiendo de la concentración del analito; así se hace necesaria la utilización de cubetas de 1, 2 y 5 cm; tomando en consideración que para cubetas de 2 y 5 cm el volumen de muestras tomadas, como de reactivos deben ser el doble.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- El error en el pipeteo de los micro volúmenes reactivos alterará drásticamente la estequiometría de la reacción.
- La omisión de tapar el tubo inmediatamente después de agregar el reactivo NO₃-2 permite la liberación de vapores y la absorción de gases atmosféricos, lo que altera el equilibrio químico de la reacción y la estabilidad del complejo coloreado.
- Una lectura fotométrica realizada fuera del intervalo de los 10 minutos de reacción invalida la precisión del dato.
- El uso de una celda de lectura sucia o rayada dispersa la radiación incidente en el espectrofotómetro y provoca una sobreestimación de la absorbancia de la muestra.

9. Referencia:

- Merck KGaA. (s. f.). Manual de procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60: Determinación de nitratos. Método: 09713 (Test con reactivos). Darmstadt, Alemania.
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington, D.C.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE SULFATOS (MÉTODO TURBIDIMÉTRICO)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este método permite la determinación cuantitativa de sulfatos en aguas potables, residuales, superficiales, de pozo y de piscina, en un rango de 1 a 40 mg/L de ion sulfato (SO_4^{2-}).

2. Fundamento del método

El ion sulfato precipita en medio ácido con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. La turbidez generada es proporcional a la concentración de sulfatos presentes en la muestra. La absorbancia de la suspensión se mide espectrofotométricamente a 420 nm, comparando los resultados con una curva de calibración previamente construida.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y equipos

- Espectrofotómetro UV-VIS
- Celdas de cuarzo
- Beaker
- Agitador de vidrio

5. Reactivos

- Solución patrón de sulfato: utilizar solución trazable de 100-1000mg/L.
- Solución acondicionadora para sulfato: colocar en un vaso de precipitados de 1L en el siguiente orden y mezclando después de cada adición: 300mL de agua, 30mL de ácido clorhídrico concentrado (HCl), 100mL de alcohol isopropílico (CH₃-CH₂OH-CH₃) y 75g de cloruro de sodio (NaCl). Finalmente añadir 50 mL de glicerol previamente medidos en una probeta. Mezclar todo y llevar a volumen final de 500mL con agua. Esta solución es estable seis meses almacenada en frasco de vidrio ámbar a temperatura ambiente
- Cloruro de bario dihidratado (BaCl₂·2H₂O): Emplear una solución comercial trazable, homogeneizar antes de usar.

6. Procedimiento

Curva de calibración:

- Pipetear volúmenes crecientes de la solución patrón de sulfato, en balones volumétricos completar con agua desionizada hasta aforo. Para obtener al menos seis concentraciones comprendidas en el intervalo de 0 a 40 mg/L



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Transferir cada patrón a beaker de 100 mL
- Adicionar 2.5 mL de solución acondicionadora y agitar
- Añadir una cucharilla de cristales de cloruro de bario, agitar vigorosamente.
- Leer la absorbancia a 420 nm antes de 5 minutos
- Construir la curva de calibración

Verificación de la curva:

- Cada vez que se analicen muestras, no es necesario construir una nueva curva de calibración, sino verificar la validez de la existente.
- Se prepara un patrón de 20 mg/L y se lee como si fuera muestra. Si el resultado está dentro de $\pm 10\%$, la curva es válida.

Determinación en muestras:

- Tomar 50 mL de muestra en beaker de 100 mL
- NOTA:** en caso de turbiedad evidente, centrifugar o filtrarla
- Adicionar 2.5 mL de solución acondicionadora y agitar.
 - Añadir una cucharilla de cloruro de bario y agitar vigorosamente.
 - Leer la absorbancia a 420 nm antes de 5 minutos.
 - Si la absorbancia excede el mayor patrón, realizar diluciones sucesivas y repetir la lectura.

7. Cálculos

La concentración de sulfatos se determina interpolando la absorbancia de la muestra en la curva de calibración. En caso de diluciones, multiplicar el resultado por el factor de dilución aplicado.

$$C_{\text{muestra}} = C_{\text{lectura}} \times FD$$



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

Donde:

C muestra: concentración real de sulfatos en la muestra (mg/L).

C lectura: concentración obtenida de la curva de calibración (mg/L).

FD: factor de dilución.

8. Fuentes o causas de error:

- Lecturas realizadas después de los 5 minutos recomendados, lo que altera la turbidez medida.
- Aguas con alta turbidez deben filtrarse o centrifugarse. Si no se hace, la turbidez propia de la muestra se suma a la del precipitado, generando sobreestimación.
- El exceso de sílice superior a 500 mg/L y las muestras con alto contenido de materia orgánica que dificulta la precipitación del sulfato de bario.
- Preparación incorrecta de la solución acondicionadora o de los patrones

9. Referencias:

- Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingeniería USBMed*, 3(2), 6–11.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE pH (MÉTODO POTENCIOMÉTRICO)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer el pH.

2. Fundamento del método

El pH es la medida de la concentración de iones Hidrogeno (potencial de Hidrogeno), nos da la medida directa del grado de acidez o de alcalinidad de los medios acuosos. El electrodo de vidrio es sin duda alguna el electrodo indicador de mayor importancia para la determinación de los iones hidrogeno. Es fácil de usar y está sujeto a pocas interferencias que afectan a otros electrodos para determinar pH.

El sistema de electrodos de vidrio/calomelanos es una herramienta muy flexible para determinar pH en condiciones muy distintas. Puede usarse sin interferencias en



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

disoluciones que contengan agentes oxidantes fuertes o reductores fuertes, proteínas y gases, además de permitir medir el pH de líquidos viscosos e incluso en semisólidos.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- pHmetro
- Beaker de 50 mL
- Descarte

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Encienda el pH-metro de Campo y deje que estabilice (Aprox. entre 1 – 2 minutos).
- Calibrar el equipo de ser necesario.
- Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible.
- Introducir el electrodo directamente en la muestra asegurándose que quede sumergido completamente (Aprox. de 2 – 3 cm bajo la superficie del agua).
- Dejar que la lectura se estabilice (entre 1 a 2 minutos) y anotar.
- Sacar el electrodo del agua y enjuagar con suficiente agua destilada. Secar con papel toalla suavemente.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- El enjuague insuficiente con agua destilada entre mediciones causará la contaminación cruzada.
- La fricción con papel o paños rugosos generará cargas electrostáticas y micro-rayaduras en la membrana de vidrio, lo que alterará el potencial de milivoltios y degradará la sensibilidad del sensor.
- El contacto directo de la membrana de vidrio con el fondo o las paredes del vaso de precipitados durante la medición obstruye el intercambio iónico y genera una respuesta lenta o un potencial de unión inestable.
- El uso de soluciones buffer contaminadas o caducadas introduce un error sistemático en la estandarización del potenciómetro.

9. Referencias:

- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., y Crouch, S. R. (2005). *Fundamentos de química analítica* (8ª ed., pp. 629-631). Thomson Learning.
- American Public Health Association, American Water Works Association, y Water Pollution Control Federation. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (Comité Editorial Conjunto, Ed.; 17ª ed.). Ediciones Díaz de Santos.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTOS OD (MÉTODO POTENCIOMÉTRICO)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la cantidad de oxígeno que esta contiene.

2. Fundamento del método

El elemento sensor, constituido por una célula cerrada por una membrana selectiva conteniendo un electrolito y dos electrodos metálicos se sumergen en el agua a analizar. La membrana es impermeable al agua y a las materias iónicas disueltas, pero permeable al oxígeno.

Debido a la diferencia de potencial entre los electrodos causada por un voltaje externo, el oxígeno que pasa a través de la membrana se reduce en el cátodo produciendo una corriente eléctrica. La corriente así producida es directamente



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

proporcional al índice de transporte de oxígeno a través de la membrana y, por tanto, a la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

Sonda multiparámetros

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Conectar el Electrodo para determinación de Oxígeno Disuelto en el equipo.
- Encender el equipo y oprimir el botón para colocar en modo de Oxígeno Disuelto.
- Dejar estabilizar el equipo por 30 minutos para lograr que el electrodo se polarice completamente.
- Calibrar el equipo antes de comenzar a tomar las lecturas de las muestras.
- Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible (si la toma es en campo).
- Introducir el electrodo directamente en el río asegurándose que quede sumergido hasta el nivel del sensor de temperatura (Aprox. de 5 – 6 cm bajo la superficie del agua, si la muestra es en laboratorio introducir en el electrodo en el recipiente que contiene la muestra.
- Dejar que la lectura se estabilice y anotar. En caso de que el flujo del río es fuerte, la lectura puede requerir de una a dos horas para su estabilización.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Sacar el electrodo del agua y enjuagar con agua destilada. Secar con papel toalla suavemente.

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- Un enjuague insuficiente con agua destilada entre mediciones causa la contaminación cruzada por transferencia de sedimentos o microorganismos que se adherirán a la membrana del sensor.
- La inmersión del electrodo a una profundidad menor a los 5 cm expondrá el sensor a la influencia directa de la interfase aire-agua y causará una sobreestimación de los niveles de oxígeno.
- Fricción con papel o paños rugosos genera cargas electrostáticas y micro-rayaduras en la membrana permeable del sensor de oxígeno, lo que alterará la tasa de difusión del gas hacia el cátodo y provocará lecturas inestables.

9. Referencia:

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Pollution Control Federation. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (Comité Editorial Conjunto, Ed.; 17ª ed., pp. 4-149–4-152.). Ediciones Díaz de Santos.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS DISUELTOS Y SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la cantidad de sólidos totales que contiene.

2. Fundamento del método

Una alícuota de muestra se pone a sacar en estufa a una temperatura de 105°C, quedando un residuo en el que están presentes todos los sólidos que contiene el agua.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Balón volumétrico de 100.0 mL
- Beaker de 100 ml
- Estufa de aire circulante
- Balanza analítica

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Mezclar bien el agua, si está refrigerada, permitir que se enfríe a temperatura ambiente.
- Medir en el frasco volumétrico 100 ml. de agua (alícuota de muestra).
- Verter en el beaker previamente secado, pesado e identificado.
- Secar en estufa a 105°C, hasta evaporación completa del agua,
- Enfriar, el beaker en el desecador durante 30 minutos y pesar en balanza analítica.

7. Cálculos:

Peso de residuo= (Peso de Beaker + residuo) - (Peso de Beaker vacío)

$$\text{ppm de Sólidos Totales} = \frac{\text{Peso de residuo} \times 1000,000}{\text{Alícuota de muestra}}$$



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

8. Fuentes o causas de error:

- Falta de homogeneización de la muestra antes de tomar la alícuota que impide la distribución uniforme de los sedimentos.
- Enfriamiento del beaker fuera del desecador o por un tiempo menor a 30 minutos permitirá la absorción inmediata de humedad ambiental.
- La manipulación del beaker directamente con las manos tras el secado transferirá grasas y humedad de la piel.

9. Referencias:

- López, D. (1996). *Introducción a la geoquímica del agua natural*. Fundación de Amigos del Lago de Ilopango.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21^a ed., pp. 2-59–2-60). APHA.
- Environmental Protection Agency. (2007). *Guidelines establishing test procedures for the analysis of pollutants under the Clean Water Act: National Primary Drinking Water Regulations; and National Secondary Drinking Water Regulations; Analysis and Sampling Procedures; Final Rule*. 40 CFR, Part 122, 136 et al.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS (SD)

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la cantidad de sólidos disueltos que contiene.

2. Fundamento del método

Una alícuota de la muestra se filtra para separar las partículas en ella suspendidas; después se pone a secar a una temperatura de 105°C, se enfría y pesa. El residuo constituye los sólidos disueltos en la muestra.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Balón volumétrico de 100 mL
- Papel filtro 0.45 m
- Beaker 250 mL
- Estufa de aire circulante
- Balanza analítica

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- En un frasco volumétrico medir 100 ml. de muestra de agua
- Filtrar a través de papel filtro 0.45 micras colocado en el embudo
- Recibir el filtrado en un beaker de 250 ml, previamente secado en estufa, enfriado y pesado.
- Colocar el beaker con la muestra de agua filtrada en la estufa a una temperatura 105°C.
- Dejar que se evapore toda el agua, retirar el beaker de la estufa, enfriar en desecador y pesar.

7. Cálculos

Peso de residuo = (Pesos de Beaker + Muestra filtrada y evaporada) - (Peso de Beaker vacío)

$$ppm \text{ de Sólidos Disueltos} = \frac{\text{Peso de residuo} \times 1,000,000}{\text{Alícuota de muestra}}$$



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

8. Fuentes o causas de error:

- Uso de una temperatura superior a 105°C durante la evaporación en la estufa provocará la pérdida de sólidos volátiles.
- Falta de homogeneización de la muestra antes de tomar la alícuota que impide la distribución uniforme de los sedimentos.
- Enfriamiento del beaker fuera del desecador o por un tiempo menor a 30 minutos permitirá la absorción inmediata de humedad ambiental.
- La manipulación del beaker directamente con las manos tras el secado transferirá grasas y humedad de la piel.

9. Referencias

- López, D. (1996). *Introducción a la geoquímica del agua natural*. Fundación de Amigos del Lago de Ilopango.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21^a ed., pp. 2-59–2-60). APHA.
- Environmental Protection Agency. (2007). *Guidelines establishing test procedures for the analysis of pollutants under the Clean Water Act: National Primary Drinking Water Regulations; and National Secondary Drinking Water Regulations; Analysis and Sampling Procedures; Final Rule*. 40 CFR, Part 122, 136 et al.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (SS) MÉTODO IMHOFF

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

Este análisis puede ser realizado para cualquier tipo y calidad de agua a la cual se le desea conocer la cantidad de sólidos en suspensión que contiene.

2. Fundamento del método

Sólidos sedimentables es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

- Cono Inoff
- Varilla agitadora

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- En su propio frasco, dejar que la muestra alcance la temperatura ambiente del laboratorio.
- Mezclar bien la muestra por agitación.
- Llenar el cono Imhoff, evitando verter la muestra por las paredes del cono, hasta la marca de 1 L. En casos excepcionales donde el volumen de muestra disponible sea menor a 1 litro, se verterá toda la muestra y anotará el volumen (esto último para realizar los cálculos).
- Dejar sedimentar por 45 minutos.
- Remover suavemente las paredes del cono con una varilla agitadora.
- Dejar sedimentar 15 minutos más.
- Anotar el volumen de sólidos sedimentables como mL/L, acorde a:

Tabla N° 10. Escala de medición de sólidos sedimentables (mL/L)

Intervalo de volumen (mL)	División de la escala (mL)	Criterio para reportar resultados
0-2	0.1	0.1
2-6	0.5	0.3*
6-10	0.5	0.5
10-20	1	0.5*
20-40	1	1



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Siempre que el nivel de sólidos se encuentre más próximo a la distancia media entre dos divisiones de escala, este valor se sumará al correspondiente a la división menor. Si el nivel se halla más próximo a una de las divisiones de escala, se considerará el valor de ésta.
- A partir de 40 mL se sigue el criterio previo en función de la división de escala del cono utilizado.

Notas:

De existir materiales flotables, no deben considerarse como sedimentables.

Usualmente no se requieren réplicas.

7. Cálculos y presentación de resultado

Reportar el volumen de sólidos sedimentables como mL/L.hora. Los resultados inferiores a 0.1 mL/L deben informarse como < 0.1 mL/L. Cuando se analicen volúmenes < 1 L, será necesario realizar la corrección de volumen, dividiendo el valor anotado entre el volumen en L. Resultados inferiores a 20 mL/L se expresarán con una cifra decimal. A partir de dicho valor, se expresarán redondeados a la unidad.

8. Fuentes o causas de error:

- Realizar la prueba en un lugar sujeto a vibraciones constantes o luz solar directa genera corrientes de convección que alteran la sedimentación, lo que impide que los sólidos se depositarán de forma compacta y uniforme en el fondo del cono.
- Falta de homogeneización de la muestra de agua original antes de verter en el cono Imhoff causará una distribución desigual de las partículas, lo que deriva en un resultado no representativo.
- El uso de la varilla agitadora de forma brusca para remover las paredes agitará nuevamente los sólidos ya depositados.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Verter la muestra sobre las paredes del cono facilita la adherencia prematura de los sólidos, lo que impide su acumulación en el fondo graduado y provoca una lectura de volumen sedimentado inferior a la real.

9. Referencias

- Dickson, T. R. (1989). *Química: Enfoque ecológico*. Editorial Limusa.
- López, D. (1996). *Introducción a la geoquímica del agua natural*. Fundación de Amigos del Lago de Ilopango.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21^a ed., pp. 2-59–2-60). APHA.
- Environmental Protection Agency. (2007). *Guidelines establishing test procedures for the analysis of pollutants under the Clean Water Act: National Primary Drinking Water Regulations; and National Secondary Drinking Water Regulations; Analysis and Sampling Procedures; Final Rule*. 40 CFR Part 122, 136 et al.
- Arribas Rojo, P. (1995). *Auditorías ambientales y gestión ambiental*. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

El método es aplicable a todo tipo de aguas: potables, residuales y superficiales, incluyendo las marinas.

2. Fundamento del método

La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste.

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

4. Materiales y Equipos

Termómetro

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Verificar que el termómetro a utilizar se encuentre en buenas condiciones.
- Para el caso de ríos colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible (de preferencia realizar esta determinación en un lugar donde no haya contacto directo con las radiaciones solares).
- Introducir el termómetro en el río, asegurándose que el bulbo, que contiene el material expandible del termómetro, quede sumergido completamente.
- Mantener sumergido el termómetro hasta que la temperatura sea estable, aproximadamente entre 1 – 2 minutos, y anotar esta temperatura como T1
- Ubicarse en un lugar donde no lleguen directamente los rayos del sol (bajo un árbol) y mantener el termómetro expuesto al ambiente entre 3- 5 minutos y registrar esta nueva lectura como T2.
- La diferencia entre T2 y T1 es el cambio de Temperatura del río (este valor puede ser negativo o positivo)
- La temperatura debe medirse directamente en el cuerpo de agua. En los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreador o balde), la temperatura debe medirse a la mayor prontitud posible directamente en dicho dispositivo para así minimizar cualquier error.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- El uso de un termómetro con la columna de líquido fraccionada o el bulbo agrietado impedirá una medición fiable.
- La inmersión parcial del bulbo del termómetro impide que el sensor alcance el equilibrio con la masa de agua, lo que resultará en una lectura influenciada por la temperatura del aire.
- Medición de la temperatura en las orillas del río o en zonas de remanso donde el agua estuviera estancada alterará la representatividad.

9. Referencia

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Pollution Control Federation. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (Comité Editorial Conjunto, Ed.; 17^a ed.). Ediciones Díaz de Santos.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ

Contenido

1. Alcance
2. Fundamento del método
3. Responsable
4. Materiales y equipos
5. Reactivos
6. Procedimiento
7. Cálculos
8. Fuentes o causas de error
9. Referencias

1. Alcance

El método es aplicable a prácticamente todos los tipos de aguas: crudas, de proceso, tratadas, residuales y naturales, incluyendo la de mar, siempre que estén libres de residuos y sedimentos gruesos que sedimenten rápidamente.

2. Fundamento del método

La turbiedad de las aguas se debe a la presencia de material suspendido y coloidal como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan sin alteración a través de una muestra.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

No debe relacionarse la turbiedad con la concentración en peso de los sólidos en suspensión, pues el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas, son factores que también afectan la dispersión de la luz. El método nefelométrico se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones.

Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad. El equipo empleado es un turbidímetro (nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

3. Responsable

Responsable de Laboratorio de Química Agrícola

4. Materiales y Equipos

- Fotómetro UV, NOVA
- Celdas de cuarzo

5. Reactivos

N/A

6. Procedimiento

- Sacar la muestra del refrigerador y llevar la muestra a temperatura ambiente.
- Mezclar suavemente para evitar la formación de microburbujas que puedan interferir en el análisis.



Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- Ambientar la celda o cubeta con la muestra que se analizará y descartar esta primera muestra, luego introducir la muestra en la cubeta de 50 mm.
- Colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas y elegir método 077.
- Leer las muestras.

Tabla N° 11. Parámetros de lectura en la determinación de turbidez

Intervalo de medida:	1 – 100 FAU	550 nm	Cubeta de 50 mm
-----------------------------	-------------	--------	-----------------

7. Cálculos:

N/A

8. Fuentes o causas de error:

- El uso de celdas con rayaduras, suciedad o huellas dactilares en la superficie óptica obstruye el paso del haz luminoso provocando una lectura inexacta.
- La falta de aclimatación de la muestra provoca la condensación en las paredes de la celda, desviando el haz de luz y generando una lectura de turbidez falsamente elevada por la humedad exterior.
- No ambientar la celda permite que residuos de líquidos previos diluyan la alícuota, alterando la concentración de partículas y provoca una subestimación de la turbidez real.

9. Referencias

- Merck KGaA. (s. f.). *Manual de procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60: Determinación de turbidez. Método 077 (Análogamente a EN ISO 7027)*. Darmstadt, Alemania.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA**

Página 174

Manual de Metodologías Analíticas

Fecha de emisión 26-febrero-2026	Fecha de revisión 27-febrero-2026	Fecha de aprobación 27-febrero-2026	Revisión 2-2026
--	---	---	-----------------

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21^a ed., pp. 2-8–2-11). APHA.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole.

CAPÍTULO

6.0 CONCLUSIONES

1. Se aseguró la pertinencia de los procedimientos y su aplicabilidad al trabajo de laboratorio en el análisis de alimentos y aguas, al integrar protocolos internos, manuales técnicos y normativa internacional como la AOAC, consolidando así fundamentos sólidos para la práctica analítica.
2. La uniformidad en las muestras y reducción de errores en las etapas iniciales de los análisis de alimentos y aguas, se ha visto favorecidas con la estructuración e implementación de pretratamientos de muestras.
3. Se garantizó la claridad y funcionalidad del manual mediante la definición una estructura organizada de pretratamientos y métodos analíticos, utilizando un lenguaje técnico accesible que facilitó la comprensión y consulta ágil de los procedimientos.
4. La elaboración del manual de métodos analíticos brindó a los estudiantes un recurso académico que fortalece su formación, a los docentes un apoyo didáctico que facilita la enseñanza y a los analistas un respaldo técnico que optimiza su desempeño, mientras que al laboratorio le asegura procesos sistemáticos y resultados confiables.
5. La modalidad de trabajo de grado a través de la Práctica Profesional Supervisada brindó a los egresados la oportunidad de vincularse con escenarios laborales reales, poniendo en práctica lo saberes adquiridos en la carrera, y favoreciendo a la incorporación de aprendizajes adicionales surgidos de la experiencia diaria.

CAPÍTULO VI

7.0 RECOMENDACIONES

1. A Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, continuar impulsando proyectos de Práctica Profesional Supervisada dentro del Laboratorio del Departamento de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
2. Al Laboratorio del Departamento de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, mantener actualizado el manual de métodos analíticos mediante una revisión integral cada 1-2 años, o en un plazo menor ante la publicación de nuevas normativas nacionales e internacionales, con el fin de asegurar que el documento continúe siendo una herramienta confiable, pertinente y alineada con los avances científicos y regulatorios.
3. A los estudiantes que realicen la práctica profesional supervisada o servicio social en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, utilizar el manual de métodos analíticos como herramienta de apoyo para su formación, fomentando la disciplina y el rigor científico en cada procedimiento desarrollado.
4. A los docentes del Departamento de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, utilizar el manual como apoyo en la enseñanza, promoviendo la correcta aplicación de los métodos y fortaleciendo la formación académica de los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Universidad de Murcia. *Tema 1: Introducción al análisis químico* [Internet]. Murcia: Universidad de Murcia; [citado 2026 Feb 1]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-1.pdf/1c49a077-8b02-405d-9100-ee5f7f1b1b7b>
2. Tecnal. La importancia del tratamiento de muestras en la calidad de los resultados analíticos [Internet]. São Paulo: Tecnal; [citado 2026 Feb 1]. Disponible en: https://tecnal.com.br/es/blog/425_la_importancia_del_tratamiento_de_muestras_en_la_calidad_de_los_resultados_analiticos
3. Colindres Alvarado ME, Recinos Ramos HM. Determinación del análisis fitoquímico preliminar y proximal de las flores y tallo joven de *Yucca guatemalensis* (Izote) y *Rytidostylis gracilis* (Cochinito) [Tesis]. San Salvador: Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador; 2013.
4. Zumbado H. Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. La Habana: Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana; 2002.
5. Félez Santafé M. Capítulo 1: El agua. En: Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. 2012. p. 1-10.
6. Agua.org.mx. Propiedades del agua [Internet]. México: Agua.org.mx; [citado 2026 Feb 2]. Disponible en: <https://agua.org.mx/propiedades-derl-agua/#tipos-de-agua>
7. Carbajal Azcona A, González Fernández M. Propiedades y funciones biológicas del agua. En: Vaquero MP, Toxqui L, editores. Agua para la Salud: pasado, presente y futuro. Madrid: CSIC; 2012. p. 33-45.

8. Reyes García MG, Rivas Cubias BE. Determinación de la calidad fisicoquímica del agua potable que se distribuye en las Facultades de la Universidad de El Salvador sede central [Tesis]. San Salvador: Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador; 2019.
9. Analytik Jena. *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)* [Internet]. Jena (DE): Analytik Jena; [citado 2026 Feb 2]. Disponible en: <https://www.analytik-jena.com/products/chemical-analysis/elemental-analysis/aas/>
10. Farías G. Manual [Internet]. Enciclopedia Concepto; 2025 [citado 2026 May 18]. Disponible en: <https://concepto.de/manual/>