



Contaminación de Aguas

Guías de Laboratorio

**Elaborado por Químico M. Sc. Olga V.
Kostenko**



Visión

Ser una de las 10 mejores universidades privadas del Perú al año 2020, reconocidos por nuestra excelencia académica y vocación de servicio, líderes en formación integral, con perspectiva global; promoviendo la competitividad del país.

Misión

Somos una universidad privada, innovadora y comprometida con el desarrollo del Perú, que se dedica a formar personas competentes, íntegras y emprendedoras, con visión internacional; para que se conviertan en ciudadanos responsables e impulsen el desarrollo de sus comunidades, impartiendo experiencias de aprendizaje vivificantes e inspiradoras; y generando una alta valoración mutua entre todos los grupos de interés.



Índice

VISIÓN	2
MISIÓN	2
NORMAS BÁSICAS DE LABORATORIO	3
ÍNDICE	4

Primera unidad:

1. Práctica N° 1: Propiedades físico-químicas del agua.	7
2. Práctica N° 2: Muestreo: toma y preservación de muestras de agua.	9
3. Práctica N°3: Análisis fisicoquímico del agua.	14
4. Práctica N°4: Determinación de sulfatos en agua por gravimetría.	17

Segunda unidad:

1. Práctica N°5: Determinación de materia orgánica.	20
2. Práctica N°6: Determinación de cloruros.	22
3. Práctica N°7: Tratamiento y potabilización de aguas.	25

Tercera unidad

1. Práctica N°8: Determinación de hierro por gravimetría.	26
2. Práctica N°9: Determinación de sólidos totales.	29
3. Práctica N°10: Determinación de metales por espectrofotometría.	31

Cuarta unidad

1. Práctica N°11: Determinación de cloro activo en agua potable.	34
2. Práctica N°12: Análisis de muestras de agua.	36



PRESENTACIÓN

El presente Manual de Guías del laboratorio del curso Contaminación de Aguas está dirigido a los docentes y a los alumnos de la carrera Ingeniería Ambiental y afines. Está diseñado en base de las experiencias en el dictado del curso Contaminación de aguas como herramienta para el desarrollo de la parte práctica del curso para que los alumnos conozcan los fundamentos básicos, metodología y técnicas de análisis de aguas y pueden aplicarlos para análisis de aguas o diseñar la parte experimental de los trabajos de investigación.

Cada guía incluye los materiales necesarios para el desarrollo de la práctica, actividades a desarrollar y tareas complementarias de reforzamiento.



NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS

Para garantizar la seguridad en el laboratorio, siempre se debe tener en cuenta los posibles riesgos asociados al trabajo con reactivos químicos, equipos de laboratorio y cumplir con las medidas de seguridad.

Por seguridad consideramos a un conjunto de medidas necesarias para prevenir accidentes y eliminar las condiciones de riesgo, eso incluye cumplimiento obligatorio de normas y la implementación de buenas prácticas preventivas.

Las buenas prácticas de laboratorio incluyen cumplimiento de reglas, recomendaciones y respeto a las prohibiciones relacionadas con el manejo de materiales de laboratorio y sustancias químicas. Su aplicación requiere de conocimiento, sentido común, concentración y también apoyo y colaboración solidaria en el ambiente de trabajo.

Normas generales de trabajo en el laboratorio

- **El uso del EPP (equipo de protección personal) es obligatorio.**
- No está permitido el ingreso con faldas, pantalones cortos y calzados que dejen al descubierto partes del cuerpo.
- El estudiante no podrá ingresar al laboratorio después de 10 minutos de iniciada la práctica.
- No está permitido el ingreso al laboratorio con mochilas, bolsas o carteras, las mismas que deberán ser ubicadas en los casilleros a la entrada del laboratorio.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada. No deben colocarse libros, cuadernos u otros objetos sobre las mesas de trabajo. Se deberá verificar que la mesa esté limpia al comenzar y al terminar el trabajo realizado.
- Queda estrictamente prohibido comer, beber, almacenar alimentos, correr, fumar o maquillarse en el laboratorio, aun cuando no se estén realizando prácticas.
- **Reportar al profesor o al auxiliar de laboratorio cualquier incidente o accidente dentro de su horario de clases.**

Normas Específicas de Trabajo

- Tener un cuaderno de trabajo donde se registra el desarrollo de cada práctica.
- Rotular los vasos de precipitado, matraces, muestras etc., colocando los números 1, 2,3... y anotando en su cuaderno de trabajo la información correspondiente.
- Los frascos de los reactivos deben cerrarse inmediatamente después de su uso. Durante su utilización, los tapones o las tapas deben colocarse siempre boca arriba sobre la mesa.
- No deben manipularse jamás productos o disolventes inflamables en las proximidades de un mechero encendido o de la flama de un encendedor.
- Las balanzas deben dejarse perfectamente limpias después de su uso.
- Si algún reactivo se derrama, debe limpiarse inmediatamente dejando el lugar perfectamente ordenado.



- Las soluciones y recipientes calientes, deben manipularse con cuidado, para la introducción y extracción de recipientes en muflas, hornos o estufas, deberán utilizarse pinzas largas (como las que se usan para el manejo de crisoles en las muflas) y/o guantes protectores del calor.
- No se debe acercar a la nariz ni oler directamente los vapores de sustancias volátiles. Cuando se requiera, aleje el recipiente prudencialmente y dirija los vapores con las manos hacia la nariz para percibirlos.
- Nunca regrese reactivos sobrantes (sólidos o líquidos) al recipiente original después de usados.

• **NOTA:**
Antes de iniciar su trabajo experimental, debe verificar cuidadosamente que todo su material está en buen estado y limpio.

Actividad:

1. ¿Qué normas y cómo las aplicarías para las siguientes situaciones durante la práctica en laboratorio...?
 - a) Al ingresar al laboratorio.
 - b) Si se rompe un vaso de precipitado con una solución.
 - c) Si en la práctica se debe calentar un crisol a una T° de 700°C .
 - d) Si en la mesa hay un frasco sin etiqueta.
 - e) Si se derrama una sustancia en la mesa de trabajo.
 - f) Para el uso de la balanza.
 - g) Al terminar la parte experimental.

2. Fundamenta tu respuesta y elabora un flujograma para cada situación anterior.



Un flujograma o diagrama de flujo es la representación gráfica de una secuencia de acciones. Tiene nombre de diagrama porque se utilizan símbolos o esquemas que se conectan por medio de flechas para indicar orden secuencial.



Guía de práctica N° 1

Propiedades físico-químicas del agua

Instrucciones: El trabajo se realizará en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado al final de la guía.

1. **Propósito /Objetivo:** Relacionar las propiedades físico-químicas del agua con su estructura molecular. Aplicar el método científico de observación.
2. **Fundamento Teórico:** El agua es un compuesto químico cuya fórmula es H_2O y sus propiedades están relacionadas con su estructura molecular: tipos de enlaces, ángulos y longitudes de enlaces, polaridad etc. También en sus propiedades influyen las fuerzas intermoleculares. Para hablar de contaminación de agua o determinar sus contaminantes es sumamente importante conocer la estructura del agua y sus propiedades. De igual manera debemos prestar la atención al método científico de observación, que nos obliga a formular la cuestión o hipótesis en base de las observaciones, nos enseña la importancia de concentrarnos, prestar atención y tener paciencia durante la experimentación en un laboratorio y la búsqueda de las respuestas. El método científico incluye observación, formulación de hipótesis, experimentación y emisión de conclusiones.

3. Equipos, Materiales

3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Termómetro digital		2

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Vaso de p/p	1L	1
2	Hielo	En trozos	0,5 kg
3	Papel milimetrado		1 hoja

4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Seguir el procedimiento indicado, observado las transformaciones en el sistema agua-hielo.
- 4.2 Presentar las mediciones obtenidos en la tabla.
- 4.3 Elaborar un gráfico relacionando la temperatura de ambos termómetros con el tiempo de medición.
- 4.4 Elaborar un informe de la práctica realizada en forma individual.
 - 4.4.1 Dibujar la estructura molecular de agua.



- 4.4.2 Elaborar una lista de propiedades físicas de agua.
- 4.4.3 Elaborar una lista de propiedades químicas del agua.
- 4.4.4 Explicar: ¿Por qué es líquida el agua a temperatura ambiente (25 °C)?
- 4.4.5 Explicar: ¿Cómo aplicamos el método Científico de observación?

5. Procedimientos:

- 5.1 Llenar el vaso de precipitados de 1L con hielo en trozos o picado y añadir agua fría (agua destilada) hasta que esté completamente lleno. Agitar la mezcla.
- 5.2 Colocar dos termómetros: uno cerca de la parte superior y otro cerca del fondo de la mezcla (parte inferior).
- 5.3 Registrar las temperaturas cada 5 minutos durante 60 minutos, dejando el sistema en reposo.

6. Resultados:

6.1

Tiempo (min)	T °C superior	T °C inferior
0		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
46		
50		
55		
60		

6.2 Graficar la relación temperatura-tiempo

7. Formato para informe de laboratorio:

- 1. Práctica N°..., Fecha...
- 2. Objetivos
- 3. Procedimiento
- 4. Resultados obtenidos
- 5. Cálculos
- 6. Interpretación y discusión de los resultados (incluir comparación con las normas nacionales e internacionales)
- 7. Conclusiones de la práctica.
- 8. Bibliografía consultada.



Guía de práctica N° 2

Muestreo: toma y preservación de muestras de agua

Instrucciones: El trabajo se realiza en el campo, en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. Objetivos: Realizar la toma de muestras de agua para análisis fisicoquímico aplicando el protocolo de muestreo.
2. Fundamento teórico: **Muestreo es la técnica de recolección y preservación de las muestras de agua.**

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc.) para el análisis de interés. Para lograr esto, se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis.

Las muestras ingresan al laboratorio para determinaciones específicas, sin embargo, la responsabilidad de que las condiciones y validez de las mismas se mantengan debe ser asumida por las personas responsables del muestreo, de la conservación y del transporte de las muestras. Las técnicas de recolección y preservación de las muestras son de gran importancia.

ANTES DE MUESTREO:

El trabajo de campo se inicia con la preparación de los materiales, indumentaria de protección, equipos de medición de campo (multiparámetro, termómetro, pHmetro etc.), se debe verificar su buen funcionamiento antes de iniciar el trabajo. Ver tabla N°1.

La cantidad de muestra necesaria para un análisis físico-químico es de 1L como mínimo.

DURANTE EL MUESTREO

Mari Gamboa (2010) sostiene que:

- Describir las características del entorno al cuerpo de agua: observar la presencia de residuos, vegetación acuática, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que puedan modificar las características naturales del medio ambiente acuático.



- Tomar vistas fotográficas del punto de monitoreo.
- Tener cuidado con el uso de equipos de campo (multiparámetro), en cuerpos de agua caudalosos y geográficamente inseguros.
- Si el acceso al cuerpo de agua es muy profundo o torrencioso, evitar el ingreso. Recoger las muestras con ayuda de un brazo telescópico o con un recipiente sujetado con soguilla, guardando las medidas de seguridad (uso de arnés, chalecos flotadores, etc.).
- En caso de presentarse lluvias, se recomienda paralizar el monitoreo por seguridad del personal y protección de los equipos.
- Colectar las muestras de agua y preservarlas de acuerdo al tipo de parámetro, siguiendo las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de muestras.
- Rotular los frascos, usando plumón de tinta indeleble y cubrir la etiqueta con cinta adhesiva transparente.
- Colocar las muestras de agua preservadas y rotuladas, en un cooler con refrigerante (ice pack), para asegurar su llegada al laboratorio en condiciones de conservación óptimas.
- En el caso de frascos de vidrio, utilizar bolsas de poliburbujas, para evitar roturas en el transporte.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO:

Para obtener confiabilidad de los resultados, se requiere:

- Equipos calibrados (multiparámetro, termómetro, pH-metro etc.), se debe verificar su correcto funcionamiento antes de iniciar el trabajo de campo.
- Antes de realizar la medición, enjuagar los electrodos con la muestra de agua.
- Terminada la medición, lavar los electrodos con agua destilada, secar y guardar adecuadamente.
- Las mediciones se realizarán directamente en el cuerpo de agua siempre y cuando las condiciones lo permitan, de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado (balde transparente limpio), priorizar la medición de O.D.

ASPECTOS A TENER EN CUENTA DURANTE EL MUESTREO:

Mari Gamboa (2010) manifiesta que:

- Para las muestras bacteriológicas: no lavar el envase con el agua a muestrear, mantener el envase estéril hasta el instante de llenado, conservar en el frío y analizar lo más rápido posible.
- Llenar completamente los envases, si el agua colectada va a ser sometida a alguno de los siguientes análisis: compuestos orgánicos volátiles, OD, CO₂, Cl libre, Nitrógeno amoniacal, pH, dureza, SO₂, NH₄, Fe, aceites y grasas, acidez, alcalinidad.
- Colectar un volumen de agua suficiente para efectuar todas las determinaciones analíticas previstas. Para un análisis físico-químico se recomienda tener 1L de muestra como mínimo.



IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE LA TOMA DE MUESTRA:

Si se dispone de GPS posicionar satelitalmente la ubicación, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO, SE ESCOGE TOMANDO EN CUENTA:

Accesibilidad:

- Elegir lugar seguro y accesible para tomar la muestra. El uso de imágenes satelitales es de gran ayuda; sin embargo la ubicación definitiva se debe realizar en campo.
- Considerar rutas seguras, evitar caminos muy empinados, rocosos, vegetación densa y terreno fangoso.
- Puentes: El muestreo desde puentes es recomendable debido a su fácil acceso, la identificación exacta de los puntos de muestreo, la posibilidad de controlar las posiciones vertical y horizontal del muestreo y la capacidad de tomar muestras con seguridad bajo todas las condiciones de flujo y meteorológicas; sin embargo hay que tener en cuenta el tráfico vial.

Representatividad:

Muestra de agua debe ser representativa, por ello elegir el punto de muestreo en donde el río presente un cauce regular y uniforme. Los puntos de monitoreo deben ubicarse aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual.

Frecuencia de Monitoreo:

Se realiza el monitoreo para medir los cambios que ocurren en determinados periodos de tiempo, para hacer el seguimiento periódico a las variaciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua. Depende de los siguientes factores:

- Vigilancia de la calidad de agua, dependiendo de los usos de la cuenca;
- Ocurrencia de eventos extraordinarios (huaycos, accidentes, derrame de sustancias peligrosas, etc.)
- Fiscalización de la calidad del agua por autorización de vertimientos de aguas residuales tratadas en concordancia con los sectores ambientales.
- Estacionalidad de la cuenca (época de avenida y de estiaje).

Medición de parámetros de campo:

Para obtener resultados confiables, se requiere:

- Equipos calibrados (multiparámetro, termómetro, pH-metro etc.), se debe verificar su buen funcionamiento antes de iniciar el trabajo de campo.
- Antes de realizar la medición, enjuagar los electrodos con la muestra de agua.
- Terminada la medición, lavar los electrodos con agua destilada, secar con papel tissu y guardar adecuadamente.
- Las mediciones se realizarán directamente en el cuerpo de agua siempre y cuando las condiciones lo permitan, de lo contrario tomar una muestra en un recipiente apropiado (balde transparente limpio), priorizar la medición de O.D

**Tabla N°1: LAVADO DE BOTELLAS Y APLICACIÓN DE SOLUCIÓN PRESERVANTE**

Mari Gamboa (2010) sostiene que:

Parámetro	Recipiente Volumen / material	Procedimiento de lavado	Preservación química/ temperatura	Tiempo de almacenamiento máximo
Físicos y mayoría iones principales	Polietileno 100 ml	Lavado ácido	Ninguna/ 4°C	24 hs
Especies de nitrógeno, carbono orgánico, amoníaco	Polietileno 250 ml	Lavado ácido	Ninguna/4°C	24 hs
Fosforo total	Polietileno 250 ml	Lavado ácido	Ácido sulfúrico hasta pH < 2 / 4°C	28 días
Plata	Vidrio ámbar 250 ml	Lavado ácido	Solución de 0,4 g de Sodio-EDTA en 100 ml/ 4 °C	10 días
Mercurio total	Vidrio 500 ml	Lavado ácido	Sol. Ácido sulfúrico Bicromato de potasio / 4°C	28 días
Metales totales	Polietileno 500 ml	Lavado ácido	Ácido nítrico a pH 2 / 4°C	6 meses
Metales disueltos	Polietileno 500 ml	Lavado ácido	Ácido nítrico a pH 2 / 4°C	6 meses
plaguicidas	Vidrio 500 ml	Lavado con acetona	3 a 5 °C	Período corto

Procedimiento para LAVADO ACIDO: Enjuagar tres veces con agua destilada y una vez con ácido crómico, luego enjuagar tres veces nuevamente con agua destilada y una vez con ácido nítrico. Terminar el lavado con agua destilada.

3. Equipos, Materiales

3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Termómetro digital		1
2	pH-metro	Portátil	1

1.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Recipiente de 1 L	De polietileno, con tapa	1
2	Vaso o recipiente para las mediciones	De polietileno	1
3	Dispositivo para la toma de muestra	Con sogá o mango	1
4	Etiquetas	Autoadhesivas	1



5	Cuaderno de observaciones		1
6	Foto cámara		1
7	Plumón indeleble		1

4. Procedimiento experimental:

4.1 Antes de la salida al campo: verificar el correcto funcionamiento de los equipos, preparar los materiales y pegar las etiquetas a los recipientes para las muestras.

4.2 En el lugar de muestreo:

- Identificar el sitio de muestreo (georreferenciación: latitud, longitud) o especificar el lugar de la manera más concreta posible.
- Identificar tipo de fuente y características de la misma (pozo, perforación, canal, río, represa, cercanía a las descargas industriales o domésticas, existencia de pozos abandonados, etc.)
- Destino (consumo humano o animal, riego, etc.).
- Información acerca del Establecimiento y nombre del Propietario o Encargado (con datos de dirección, e-mail y/o tf.) donde se ha muestreado e información adicional acerca de problemas hídricos. (En caso corresponda).
- Fecha y hora.
- Nombre de quien realizó el muestreo.
- Tipo de análisis a efectuar (físico-químico y/o microbiológico).
- Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado.
- Cualquier otra observación que se considere de importancia.

4.2 Consignar los datos necesarios en la etiqueta con plumón indeleble.

4.3 Llenar el recipiente previamente enjuagado con el agua a muestrear.

4.4 Medir los parámetros del campo: T° del aire, T° de agua, pH y anotar los resultados.

4.5 Llevar la muestra obtenida al laboratorio para su análisis posterior.

5. Resultados:

Elaborar un informe técnico de la salida al campo y del muestreo realizado.

Referencia:

Mari Gamboa, R. (2010). *Protocolo para el monitoreo de la calidad de aguas continentales superficiales*. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. Recuperado de <https://es.slideshare.net/JosRamiroDazCumpn/protocolo-monitoreo-calidad-aguas-per>



Guía de práctica N° 3

Análisis fisicoquímico del agua

Instrucciones: El trabajo se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. **Propósito:** Identificar los parámetros físico-químicos de agua analizando diferentes muestras de agua.
2. **Fundamento Teórico:** Para interpretar correctamente los análisis de agua es muy importante conocer bien y entender cuáles son sus parámetros físico-químicos.

pH

La medición del pH se utiliza para determinar la acidez o la alcalinidad del agua. El pH no indica la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos en el agua, sino la fuerza que éstos tienen.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:

La conductividad eléctrica es la capacidad para conducir la corriente eléctrica. Se mide con conductímetro. Las unidades de medición son el Siemens/cm (S/cm), microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o miliSiemens (mS/cm).

Molécula de agua (H_2O), no conduce la corriente eléctrica, pero el agua con sales disueltas si la conduce. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución se satura de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad se disminuye en lugar de aumentar. Todos los valores de conductividad están referidos a una temperatura de referencia de 25 ° C.

Almacenaje de la muestra

Las muestras se guardan en frascos de vidrio o polipropileno, con sus respectivas tapas.

Interferencias

Sustancias no disueltas o materiales que precipiten lentamente en la muestra pueden causar contaminación de la superficie de los electrodos y causar lecturas erróneas. La Contaminación por sustancias orgánicas y corrosión de los electrodos también producen errores de lectura y medición.



TURBIDEZ:

La turbidez o turbiedad del agua es la pérdida de transparencia, se debe a la presencia de partículas en suspensión como arcilla, limo, compuestos orgánicos de diferente origen, plancton y otros organismos microscópicos que impiden el paso de la luz a través del agua.

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para el consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, se considera óptima menor de 1 NTU. Turbidez se mide con el nefelómetro o turbidímetro, que determina la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

COLOR

HANNA Instruments refiere que:

Agua adquiere color por la presencias de iones metálicos, humus o materia orgánica. Se diferencia color verdadero y color aparente del agua. El término "color verdadero" se refiere a color de agua después de filtración o centrifugación. En cambio, el término "color aparente" indica color del agua a simple vista.

Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Item	Equipo	Característica	Cantidad
1	pH-metro		1
2	Multiparamétrico		1
3	Turbidímetro		1
4	Conductímetro		1

3.2. Materiales

Item	Material	Característica	Cantidad
1	Equipo de filtración		1
2	Vasos de P/P	100 ml	2
3	Vasos de P/P	250	2
4	Papel filtro	N° 541	1
5	Embudo		1
6	Piceta		

3. Indicaciones/instrucciones:

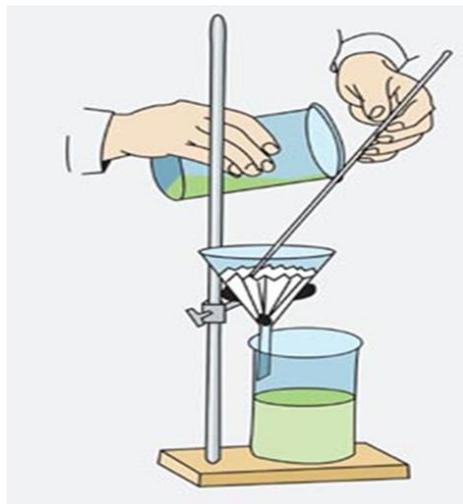
- 1.1 Describir el color aparente y color verdadero de la muestra de agua.
- 1.2 Determinar el pH, la conductividad, sólidos disueltos y la turbiedad de diferentes muestras de agua.
- 1.3 Elaborar un informe y presentar los datos obtenidos.
- 1.4 **Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**

4. Procedimiento experimental:

- 5.1 Rotular los materiales para cada muestra y armar equipo de filtración.
Atención: Antes de realizar siguiente paso solicitar aprobación del docente.



- 5.2 Filtrar la muestra de agua y recolectar en un vaso de precipitados de 250 ml. (Ver dibujo).
- 5.3 Realizar las mediciones de pH, la conductividad, sólidos disueltos y la turbiedad de la muestra filtrada y sin filtrar, usando equipos de laboratorio.
- 5.4 Presentar los resultados de medición en un cuadro.



Referencias:

HANNA Instruments. Recuperado de <http://www.hannainst.es/blog/conductividad-electrica-nivel-2/>



Guía de práctica N° 4

Determinación de sulfatos en agua por gravimetría

Instrucciones: El trabajo se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. **Propósito /Objetivo:** Determinar el contenido de sulfatos en una muestra de agua e interpretar los resultados

2. **Fundamento Teórico:**

Mari Gamboa (2010) refiere en el *Protocolo para el monitoreo de la calidad de aguas continentales superficiales lo siguiente:*

contenido en sulfatos de las aguas naturales es muy variable, desde miligramos por litro hasta gramos por litros. Los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos o en la contaminación con aguas residuales industriales. La presencia de sulfatos no suele presentar problema de potabilidad a las aguas de consumo pero en concentraciones superiores a 300 mg/l pueden provocar trastornos gastrointestinales. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio pueden tener acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de los mismos en agua potable.

Gravimetría es un método analítico cuantitativo para determinar la cantidad de una sustancia midiendo su peso. Los cálculos se realizan con base en los pesos atómicos y molares, y conociendo la composición de sustancias puras y las relaciones ponderales (estequiometría) de las reacciones químicas. Determinación gravimétrica de sulfatos consiste en precipitación de iones de SO_4^{2-} con cloruro de bario en medio ácido y formación de sulfato de bario, una sal de color blanco, insoluble en el agua.

3. **Equipos, Materiales y Reactivos**

3.1. Equipos

Item	Equipo	Característica	Cantidad
1	Balanza Analítica		1

3.2. Materiales

Item	Material	Característica	Cantidad
1	Crisol de porcelana		1
2	Vasos de p/p	100 ml	2
3	Equipo de filtración		1
4	Pinza para crisol	De 50 cm	1
5	Desecador		1
6	Varilla de vidrio	De 20 cm	1
7	Piceta con agua destilada		1
8	Papel filtro N°		
9	Pipeta	De 10 ml	1



10	Propipeta		1
11	Matraz Erlenmeyer	250 ml	1

3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	BaCl ₂	Sol. al 10%	10 ml
2	Muestra de agua		50 ml

4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Escribir las reacciones químicas correspondientes a la determinación gravimétrica de sulfatos.
- 4.2 Realizar el procedimiento experimental.
- 4.3 Calcular el contenido de sulfatos en la muestra en mg/l.
- 4.4 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.
- 4.5 Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**

5. Procedimientos:

- 5.1 Marcar el crisol (en la base) con lápiz de punta de grafito.
- 5.2 Introducirlo en la estufa durante 15 minutos a 100°C.
- 5.3 Dejar enfriar en un desecador durante 15 minutos y pesarlo.
- 5.4 Repetir la operación hasta llevar el crisol a peso constante.
- 5.5 En un vaso de precipitados medir 50 ml de muestra de agua y agregar 10 ml de BaCl₂ al 10%, calentar y dejar digerir una hora en caliente sin hervir de 60 – 70°C.
- 5.6 Dejar enfriar 10 minutos.
- 5.7 Filtrar la solución, recolectar el papel filtro con el precipitado y doblarlo.
- 5.8 Introducir el filtro con el precipitado en el crisol.
- 5.9 Colocar el crisol en la mufla y calcinar durante 1 hora a 650°C.
- 5.10 Sacar de la mufla y dejar enfriar durante 15 minutos en el desecador.
- 5.11 Pesar.



terminología

Término químico “digerir” significa cocer o someter al calor lentamente

6. Cálculos

La concentración de sulfatos en la muestra en mg/L se calcula a partir de la masa del sulfato de bario que se formó y está en el crisol después de



calcinación del precipitado. Se consideran las masas molares del sulfato de bario y de sólo sulfato y volumen de la muestra.

Referencia:

Mari Gamboa, R. (2010). *Protocolo para el monitoreo de la calidad de aguas continentales superficiales*. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. Recuperado de <https://es.slideshare.net/JosRamiroDazCumprn/protocolo-monitoreo-calidad-aguas-per>



Guía de práctica N° 5

Determinación de materia orgánica

Instrucciones: El trabajo se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. **Propósito /Objetivo:** Determinar el contenido de materia orgánica en mg/L en una muestra de agua por el método de oxidabilidad con permanganato potásico e interpretar los resultados de análisis.

2. **Fundamento Teórico:** Este análisis consiste en determinar la cantidad de materia orgánica (M.O.) presente en el agua por oxidación con permanganato potásico (KMnO₄) en caliente y en medio ácido. Las sustancias de origen orgánico presentes en el agua se tratan con el Permanganato de potasio (KMnO₄) un reactivo oxidante; en la oxidación producida hay un gasto de reactivo, del cual mediante cálculo se deduce la M.O. que hay en el agua analizada.

Esquema de las reacciones:

- M.O.red+KMnO₄ (añadido) = M.O. (oxidada)+KMnO₄ exceso (color)
- KMnO₄ exceso + C₂O₄H₂ (añadido)= Productos + H₂C₂O₄ exceso (inoloro)
- H₂C₂O₄ exceso +KMnO₄ (valoración)=Productos (color)

Interferencias

El contenido elevado de cloruros (300 mg/l) produce los resultados erróneos al aplicar ésta técnica. Se aconseja realizar la prueba de los cloruros previamente.

Los resultados son satisfactorios cuando KMnO₄ gastado en la valoración esté entre 2-6 ml; de no ser así, cambiar el volumen de muestra inicial, aumentándolo o disminuyéndolo.

3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Item	Equipo	Característica	Cantidad
1	Baño María		1

3.2. Materiales

Item	Material	Característica	Cantidad
1	SopORTE universal con llave		1
2	Bureta	50 ml	1
3	Embudo para bureta	Pequeño	1
4	Matraz Erlenmeyer	500 ml	2
5	Piceta		1
6	Pipeta	5 ml	1
7	Pipeta	10 ml	2
8	Pipeta	50 ml	1
9	Propipeta		1

**3.2. Reactivos**

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Permanganato potásico	Sol 0.01 N	
2	Acido Sulfúrico	Solución 1:3	
3	Acido oxálico 0,01N	Sol 0,01N	

4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Realizar el procedimiento experimental.
- 4.2 Calcular el contenido de M.O. en la muestra en mg/l.
- 4.3 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.
- 4.4 **Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**

5. Procedimientos:

- 5.1 Medir 100 ml de la muestra de agua y colocarla en el matraz.
- 5.2 Añadir 5 ml de H₂ SO₄ diluido 1:3.
- 5.3 Adicionar 20 ml de K MnO₄ 0.01N.
- 5.4 Dejar hervir durante 10 minutos (exacto!) a baño María.
- 5.5 Añadir 20 ml de ácido oxálico 0.01N, se producirá la decoloración completa.
- 5.6 Valorar el ácido oxálico en exceso con KMnO₄ 0.01N hasta que cambie el color a un rosado débil.

6. Cálculos: $mg / L \text{ de } O_2 = \text{Gasto} \times \text{Factor}$

Volumen de la muestra	50 ml	100 ml	200 ml
Factor	1,6	0,8	0,4



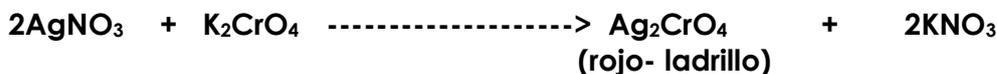
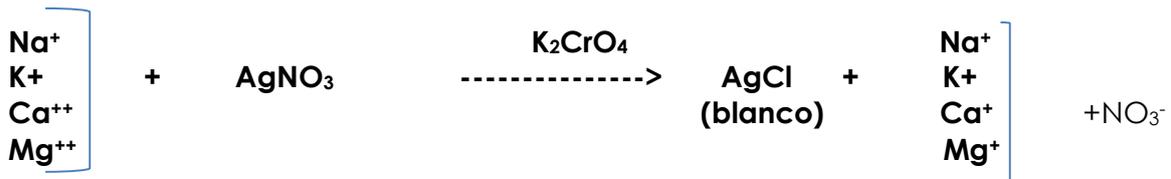
Guía de práctica N° 6

Determinación de cloruros en agua

Instrucciones: El trabajo se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

- I. **Propósito /Objetivo:** Determinar el contenido de cloruros en una muestra de agua por el método de argentometría.

1. Fundamento Teórico: Los cloruros son iones que producen sabor salado del agua. Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial puede causar corrosión en las tuberías metálicas y en las estructuras. Para determinar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se titula con nitrato de plata (AgNO_3), usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4). El cloruro de plata AgCl , se precipita cuantitativamente primero, al terminarse los cloruros, el AgNO_3 reacciona con el K_2CrO_4 formando un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 .



El pH óptimo para llevar a cabo el análisis de cloruros es de 7.0 a 8.3, en condiciones de pH mayores a 8.3, el ión Ag^+ precipita en forma de $\text{Ag}(\text{OH})$; cuando la muestra tiene un pH menor que 7.0, el cromato de potasio se oxida a dicromato, afectando el viraje del indicador.

Almacenaje de la muestra

Las muestras se pueden guardar en botellas de vidrio o de plástico, no se requieren cuidados especiales en su almacenamiento.

Campo de aplicación

Esta determinación es aplicable para aguas de uso doméstico, industrial y residual.

Interferencias del método

El **color y el pH** hacen interferencia en esta determinación. El color debe ser eliminado por medio de un tratamiento de la muestra con carbón activado. El pH se ajusta en el intervalo de 7.0 a 8.3.

Si existen bromuros y yoduros, éstos son titulados junto con los cloruros ocasionando resultados falsos.



terminología

El cambio de color durante la titulación se denomina "viraje"



Análisis de cloruros de realiza en 2 pasos: estandarización y valoración de la muestra de agua.

2. Equipos, Materiales y Reactivos

4.1. Equipos

Item	Equipo	Característica	Cantidad
1	Equipo de titulación		1

3.2. Materiales

Item	Material	Característica	Cantidad
1	Bureta	50 ml	1
2	Embudo para la bureta		1
3	Vaso de p/p	100 ml	2
4	Matraz de Erlenmeyer	250 ml	2
5	Pipeta	5 ml	1
6	Pipeta	10 ml	1
7	Pipeta de Pasteur	1 ml	3
8	Piceta		

4.2. Reactivos

Item	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Solución de Na_2CO_3	0.1 N	
2	Solución de H_2SO_4	0.1 N	
3	Solución de Fenolftaleína	0.25 %	
4	Solución AgNO_3	0.01 N	
5	Solución NaCl	0.01 N	
6	Indicador de K_2CrO_4	5 %	

3. Indicaciones/instrucciones:

- 3.1 Realizar estandarización de nitrato de plata.
- 3.2 Calcular la normalidad de nitrato de plata.
- 3.3 Realizar valoración de la muestra de agua.
- 3.4 Calcular el contenido de cloruros en mg/L, considerando el número de moles gastados en la valoración.

3.5 Interpretar los resultados obtenidos al compararlos con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.

4. Procedimientos:

Paso 1: Estandarización

- 4.1 Colocar 15.0 ml de la solución de NaCl 0.01N en un matraz Erlenmeyer y agregar 3 gotas de cromato de potasio. La muestra adquiere un color amarillo.
- 4.2 Titular con solución de AgNO_3 hasta que aparezca un color rojo ladrillo suave.
- 4.3 Anotar Gasto1.



Paso 2: Determinación de cloruros

- 4.4 Medir 5 ml de la muestra de agua y colocarla en un matraz Erlenmeyer de 125 ml.
- 4.5 Ajustar el pH entre 7.0 a 8.3 agregando 2 gotas de Na_2CO_3 0.1 N y 2 gotas de Fenolftaleína (0.25 %).
- 4.6 Si se observa el color rosa, se añaden las gotas de H_2SO_4 0.1 N necesarias para que color rosado desaparezca.
- 4.7 Agregar 3 gotas K_2CrO_4 al 5 %.
- 4.8 Titular con AgNO_3 hasta el vire de amarillo a rojo ladrillo.
- 4.9 Anotar Gasto 2.

5. Cálculos

- 5.1 Calcular la normalidad **exacta** de AgNO_3

$$\begin{array}{ccc} \text{NaCl} & & \text{AgNO}_3 \\ V_1 \times N_1 & = & V_2 \times N_2 \\ & & N_2 = \frac{V_1 \times N_1}{V_2} \end{array}$$

Donde:

V1 = Volumen de la solución de NaCl

N1 = Normalidad de la solución de NaCl

V2 = Volumen de la solución de AgNO_3 gastado en la titulación (Gasto 1)

N2 = Normalidad de la solución de AgNO_3

- 5.2 Calcular el número de moles de AgNO_3 gastados en la valoración.
- 5.3 Relacionar el número de moles de AgNO_3 con el número de moles de cloruros de la muestra analizada.
- 5.4 Calcular el contenido de cloruros en mg/L, tomando en cuenta el volumen de la muestra.

Bibliografía sugerida:

American Society for testing and Materials. Annual book of Standards 1994. Determinación de Cloruros en agua.

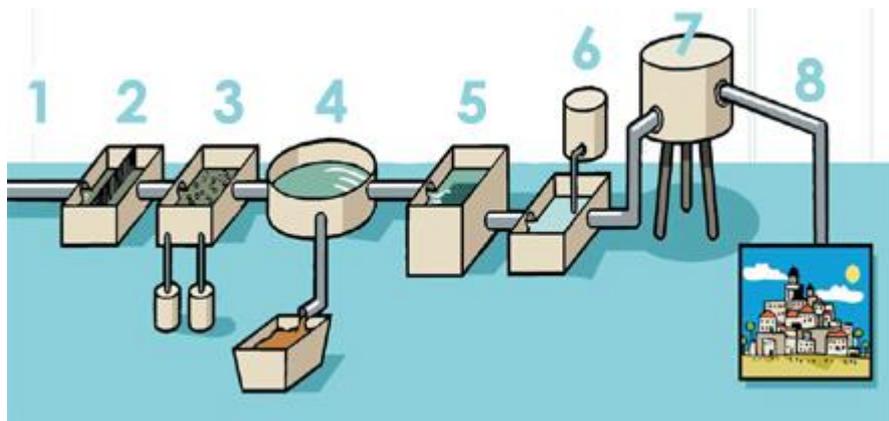


Guía de práctica N° 7

Tratamiento y potabilización de agua

Instrucciones: El trabajo se realiza en las instalaciones de la Planta de tratamiento de agua potable. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

- 1. Propósito /Objetivo:** Identificar las etapas de tratamiento de agua y los principales procesos de potabilización.
- 2. Indicaciones/instrucciones:**
 - 2.1 Identifica las etapas de tratamiento de agua.
 - 2.2 Describe los principales procesos de potabilización.
 - 2.3 Elabora esquema de una planta de tratamiento.
 - 2.4 Averigua los nombres y las fórmulas de los insumos químicos que utilizan en la Planta de tratamiento de tu localidad.
 - 2.5 Elabora informe de la visita técnica a las instalaciones de la Planta de tratamiento de agua potable.





Guía de práctica N° 8

Determinación de hierro por gravimetría

Instrucciones: El trabajo de laboratorio se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. **Trabajar en la campana de gases.** El informe de práctica se presenta en forma individual en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. **Propósito /Objetivo:** Determinar el contenido de hierro en mg/L en una muestra de agua por el método de gravimetría e interpretar los resultados de análisis.
2. **Fundamento Teórico:** El método gravimétrico de determinación de hierro consiste en precipitar el hidróxido férrico y luego calcinarlo a temperatura de 800 a 900 °C para obtener como resultado óxido férrico Fe₂O₃:



Para su precipitación cuantitativa el hierro debe estar totalmente oxidado a Fe³⁺; el Fe²⁺ se precipita incompletamente con amoníaco en presencia de sales de amonio (por su elevada solubilidad), mientras que el Fe³⁺ como Fe (OH)₃ presenta un producto insoluble.

El óxido férrico hidratado es un ejemplo típico de coloide floculado.

El precipitado Fe₂O₃ x H₂O se forma en medio ácido debido a las características ácidas del catión Fe³⁺. Aparece al principio en fase dispersa; pero al calentar y, en presencia de electrolitos, coagula en una masa gelatinosa que luego se sedimenta. Si el calentamiento se prolonga, los coágulos se rompen formando partículas pequeñas, por lo que se calienta hasta la agregación de partículas coloidales, luego se retira el calor, dejándose sedimentar hasta que se enfría.

La temperatura de precipitación es el factor más importante para la obtención de un precipitado fácilmente filtrable. El aumento de temperatura ayuda aglomerar los flóculos, por lo que la precipitación se realiza en caliente, sin hervir. Si llega a punto de ebullición, el precipitado se vuelve difícil de filtrar y puede provocar pérdida de la muestra o salpicaduras.



terminología

Flóculo se denomina la masa que forma al aglomerarse las partículas suspendidas



Para obtener un precipitado fácil de filtrar, el reactivo precipitante, en este caso el hidróxido de amonio, se agrega lentamente y con agitación. Para agitar la solución se utiliza la varilla de vidrio, procurando que no toque ni las paredes ni el fondo del vaso.

Interferencias:

Los elementos que precipitan con hidróxido de amonio, como: Al^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} , Zr^{4+}

Los elementos que precipitan con Fe^{3+} a este pH, como: $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, F^- , AsO_4^{3-} , PO_4^{3-}

3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Item	Equipo	Característica	Cantidad
1	Estufa eléctrica		1
2	Mufla	A 850°C	1
3	Balanza analítica		1
4	Desecador		1

3.2. Materiales

Item	Material	Característica	Cantidad
1	Vaso de p/p	200 ml	2
2	Vaso de p/p	100 ml	2
3	Equipo de filtración		1
4	Embudo de vidrio		1
5	Varilla de vidrio	Delgada, 15 cm	1
6	Pipeta	10 ml	1
7	Propipeta		1
8	Papel filtro sin cenizas	N°41	3
10	Crisol de porcelana	50 mm diámetro	1
11	Pinza para crisol	Larga	1
12	Piceta		

3.2. Reactivos

Item	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Ácido nítrico	Concentrado	
2	Hidróxido de amonio	Sol 1:1	

4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Escribir las reacciones químicas correspondientes a la determinación gravimétrica de hierro.
- 4.2 Realizar el procedimiento experimental.
- 4.3 Calcular el contenido de hierro en la muestra en mg/l.
- 4.4 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.
- 4.5 Interpretar los resultados obtenidos al compararlos con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**

5. Procedimientos:

- 5.1 Calcinar un crisol de porcelana en la mufla (850-900°C), enfriarlo en un desecador y llevar a peso constante.
- 5.2 Medir 10 ml de la muestra de agua, en un vaso de precipitado.
- 5.3 Agregar a la muestra 1 ml de HNO_3 concentrado, agitando la solución



- 5.4 Colocar el vaso a la estufa eléctrica y dejar hervir suavemente. Continuar la ebullición hasta que se torne de color amarillo claro. **(Trabajar en la campana de gases).** Normalmente sólo debe hervirse durante 3 a 5 minutos.
- 5.5 Agregar agua caliente hasta completar 50 ml.
- 5.6 Agregar, lentamente y con agitación, solución de hidróxido de amonio NH_4OH hasta que el precipitado coagule y el líquido huela ligeramente a amoníaco.
- 5.7 Calentar la solución durante un minuto a 80°C aproximadamente y dejar en reposo.
- 5.8 Agregar unas gotas de NH_4OH para comprobar que la precipitación ha sido completa (el líquido sobrenadante debe ser incoloro).
- 5.9 Filtrar el precipitado con cuidado, transfiriendo todo precipitado al papel filtro.
- 5.10 Lavar con pequeñas porciones de agua caliente, a la que se añaden unas gotas de amoníaco (esta operación se repite 5 o 6 veces).
- 5.11 Recuperar las partículas de precipitado que quedan adheridas al vaso con un trozo de papel filtro sin cenizas y añadirlas al resto del precipitado.
- 5.12 Doblar el borde del papel de filtro y colocarlo en un crisol de porcelana pesado previamente.
- 5.13 Llevar a mufla y calcinar a $850 - 900^\circ\text{C}$ durante 35 minutos.
- 5.14 Dejar enfriar el crisol en un desecador durante 15 minutos.
- 5.15 Pesarse el crisol y su contenido.

6. Cálculos

Al calcular la masa del precipitado, se recalcula la masa de sólo hierro, tomando en cuenta el volumen de muestra analizada. El resultado final se expresa en mg/L de Fe.



Crisoles y pinza para crisol

Desecador



Guía de práctica N° 9

Determinación de sólidos totales

Instrucciones: El trabajo de laboratorio se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. **Propósito /Objetivo:** Determinar el contenido de sólidos totales en una muestra de agua e interpretar los resultados de análisis.

2. **Fundamento Teórico:** El agua pura es H_2O y como es buen disolvente disuelve muchos iones, moléculas y otros compuestos, que representan la "carga de sólidos". Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proviene de forma natural y/o de las diferentes actividades domésticas o industriales. El término "Sólidos totales" se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado, a una temperatura de $103^{\circ}C$ a $105^{\circ}C$. Los sólidos totales se conforman por sólidos volátiles, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables. Existen diferentes métodos para la determinación de sólidos, están diseñados para obtener información sobre los diferentes tipos de sólidos presentes.

- a) Sólidos Totales (ST): Es la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los $103^{\circ}C$ a $105^{\circ}C$.
- b) Sólidos Volátiles (SV): Los sólidos Totales sometidos a combustión a una temperatura de $600^{\circ}C$, durante 20 minutos, descomponen la materia orgánica a CO_2 y H_2O . Esta pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica o volátil (SV), los sólidos que no volatilizan se denominan sólidos fijos (SF).
- c) Sólidos suspendidos (SS) constituyen uno de los parámetros que se fijan a los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los SS se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra (50 ml) a través de crisoles "GOOCH" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante. En la actualidad se prefiere utilizar filtros de membrana con un tamaño de poro de aproximadamente 1.2 micrómetros (1.2×10^{-6} metros).
- d) Sólidos Sedimentables: son sólidos con el tamaño de partícula de 10 micras o más y que pueden sedimentar.

3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Balanza		1
2	Estufa eléctrica		1
3	Desecador		

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Cápsula de porcelana	50 ml	1
2	Pinza para la cápsula		1
3	Pipeta	10 ml	1



4	Propipeta		1
5	Vaso de p/p	100 ml	1

4. Indicaciones/instrucciones:

- 1.5 Realizar el procedimiento experimental.
- 1.6 Calcular el contenido de ST en la muestra en mg/l.
- 1.7 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.
- 1.8 **Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**
- 1.9 **Responder :**
 - **¿Qué información nos proveen las determinaciones de sólidos totales de cuerpos de agua dulce naturales y de aguas residuales de origen industrial?**

5. Procedimientos:

- 5.1 Llevar la cápsula de porcelana a peso constante.
- 5.2 Colocar 10 ml de muestra de agua en la cápsula que está a peso constante.
- 5.3 Calentar sin hervir hasta secar la muestra.
- 5.4 Sacar la cápsula y colocarla en el desecador, enfriar.
- 5.5 Llevar a peso constante.



Cápsulas de porcelana



Guía de práctica N° 10

Determinación de metales por espectrofotometría

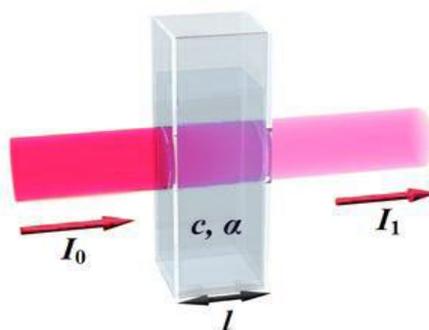
Instrucciones: El trabajo de laboratorio se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. **Propósito /Objetivo:** Determinar el contenido de cobre en una muestra de agua, aplicando la técnica de espectrofotometría.

2. **Fundamento Teórico:** La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto o ion en solución. Las mediciones se realizan dentro del espectro de longitud de onda comprendida entre 220 y 800 nm, y este espectro, a su vez, puede dividirse en amplias zonas: la zona de la radiación ultravioleta situada por debajo de 380 nm, la zona de la radiación visible, de longitud de onda situada por encima de 380 nm, y la región del infrarrojo se sitúa por encima de los 800 nm. La medición de absorbancia de la luz se realiza en espectrofotómetros, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución determinada y medir la cantidad de luz absorbida por la misma. La determinación cuantitativa se basa en la Ley de Beer-Lambert: $A = kC$

La absorbancia es directamente proporcional a la concentración.

Para determinación de iones metálicos es necesario realizar la calibración que es determinar **la relación entre la absorbancia y la concentración de los estándares**. La calibración se realiza en las mismas condiciones y procedimientos de una muestra real, permite abarcar un rango razonable de concentraciones.

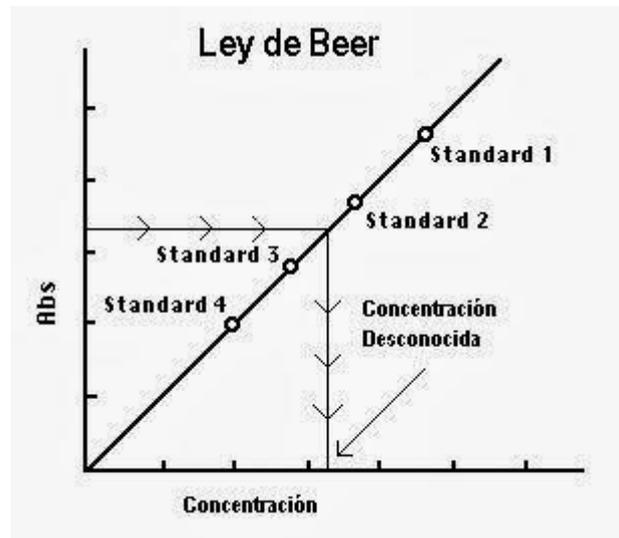


CURVA DE CALIBRACIÓN

El método de la curva de calibración permite determinar la concentración de una sustancia, mediante la preparación de una serie de patrones de concentraciones conocidas realizando una lectura de la absorbancia a una longitud de onda específica. Con los datos obtenidos se construye una curva de calibración (absorbancia vs concentración). De la misma manera, se mide la absorbancia de



la muestra cuya lectura se compara con la curva de calibración para determinar la concentración de la muestra.



3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Espectrofotómetro	UV-Vis	1
2	Cubetas espectrofotómetro de		2

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Fiola	De 100 ml	8
2	MicroPipeta	De 1 ml	1
3	Pipeta	5 ml	1
4	Pipeta	10 ml	1
5	Propipeta		1
6	Piseta		1
7	Marcador de vidrio		1
8	Papel tisú		1 paquete

3.2. Reactivos

Ítem	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Sol Estándar de Cobre	1000 mg/L	
2	NH ₄ OH	Sol 1:1	

4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Calcular la concentración de cobre para la curva de calibración.
- 4.2 Realizar el procedimiento experimental para determinación de cobre.
- 4.3 Calcular el contenido de cobre en la muestra en mg/l.
- 4.4 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.
- 4.5 Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**

**4.6 Incluir en el informe el esquema de un espectrofotómetro y su uso.****4.7 Investiga: ¿cómo se elige la longitud de onda?****5. Procedimientos:**

- 5.1 Rotular (marcar) 6 matraces aforados (fiolas) de 100 ml: 1, 2.....6
- 5.2 Preparar una serie de patrones agregando solución Estándar de Cobre Cu^{2+} (concentración 1 mg/ml) de la siguiente manera: 1 ml; 2,0ml; 2,5ml; 3,0ml; 3,5ml; 4,0ml respectivamente a los matraces aforados rotulados previamente.
- 5.3 Agregar a cada matraz 5 ml de amoníaco.
- 5.4 Esperar 10 min para que se forme complejo amoniacal de cobre y se desarrolle el color azul.
- 5.5 Aforar hasta 100 ml con agua destilada.
- 5.6 Medir la absorbancia a 650 nm.
- 5.7 Presentar los resultados de cálculo y de medición en cuadro de resultados.
- 5.8 Elaborar la curva de calibración.
- 5.9 Hacer el mismo procedimiento con la(s) muestra(s) de agua.
- 5.10 Determinar la concentración de cobre en la muestra usando la curva de calibración.

Cuadro de resultados

N° de matraz	Volumen de Sol. Estándar de Cu agregado (ml)	C Concentración de Cu	A Absorbancia
1	1		
2	2,0		
3	2,5		
4	3,0		
5	3,5		
6	4,0		
Muestra 1		Determinar con el grafico	
Muestra 2		Determinar con el grafico	



Guía de práctica N° 11

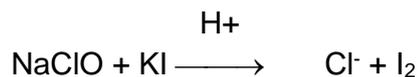
Determinación de cloro activo en agua potable

Instrucciones: El trabajo se realiza en forma grupal, siguiendo la guía de práctica. El informe de práctica se presenta en forma individual manuscrito en el cuaderno de laboratorio según el formato indicado.

1. Propósito /Objetivo: Determinar el contenido de cloro activo en una muestra de agua e interpretar los resultados de análisis.

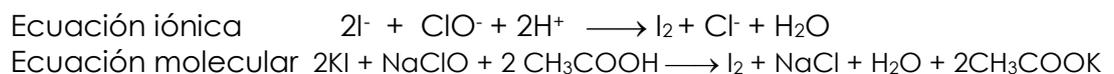
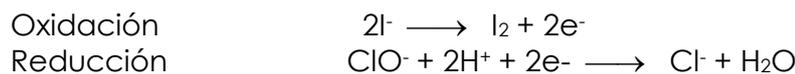
2. Fundamento Teórico:

Cloro activo (ClO^-) aparece en el agua a partir de agregado de cloro o hipoclorito de sodio con el fin de desinfección. El contenido de cloro activo puede determinarse por método de yodometría, agregando yoduro potásico en medio ácido:

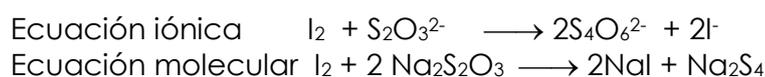
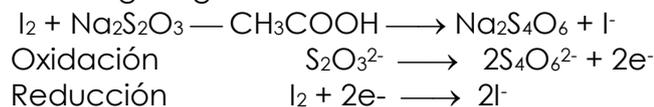


Esta determinación del contenido de hipoclorito HClO (cloro activo) en una muestra se lleva a cabo en dos etapas:

1ª etapa: se hace reaccionar el hipoclorito con yoduro potásico en medio ácido y tiene lugar una reacción de oxidación – reducción.



2ª etapa: el yodo obtenido se valora con el tiosulfato sódico en medio ácido. Tiene lugar siguiente reacción redox:



3. Equipos, Materiales y Reactivos

3.1. Equipos

Item	Equipo	Característica	Cantidad
1	Equipo de titulación		1



3.2. Materiales

Item	Material	Característica	Cantidad
1	Bureta	50 ml	1
2	Embudo para bureta		1
3	Matraz Erlenmeyer	250 ml	2
4	Vaso de p/p	100 ml	2
5	Pipeta	10 ml	1
6	Propipeta		1
7	Pipeta Pasteur	1 ml	1
8	Piseta		

3.2. Reactivos

Item	Reactivo	Característica	Cantidad
1	Tiosulfato de sodio	Solución 0,1 00 M	
2	Acido acético	Concentrado	
3	KI	Sol 1%	
4	Almidón	En solución	

4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Realizar el procedimiento experimental.
- 4.2 Calcular el contenido de cloro activo en la muestra en mg/l.
- 4.3 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.
- 4.4 **Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.**
- 4.5 **Investigar: ¿qué es cloro activo? ¿Cuáles son sus efectos en cuerpo humano?**

5. Procedimientos:

- 5.1 Armar equipo de titulación.
- 5.2 Llenar la bureta con la disolución de tiosulfato sódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,100M, eliminar las burbujas.
- 5.3 Medir 10 ml de la muestra de agua utilizando la pipeta e introducir en el matraz Erlenmeyer.
- 5.4 Agregar agua destilada hasta un volumen total de aproximadamente 30 ml.
- 5.5 Agregar 20 ml de la disolución de yoduro potásico, KI 1%.
- 5.6 Agregar 5 ml de ácido acético: la disolución tomará un color pardo rojizo por el yodo formado.
- 5.7 Titular con la disolución de tiosulfato sódico hasta que el color pardo pase a un tono amarillo claro, en ese momento, se adicionan unas gotas de solución de almidón, que darán a la disolución un color azul intenso.
- 5.8 Continuar la valoración hasta la desaparición del color azul (cuando la solución se vuelve incolora).
- 5.9 Anotar gasto total en ml.

6. Cálculos

- 6.1 Calcular el número de moles de tiosulfato de Na (tomando en cuenta su molaridad y el gasto (volumen gastado en la titulación)).
- 6.2 Calcular el número de moles de cloro activo (ClO^-) (considerando la reacción y número de moles de tiosulfato de Na calculados en punto 6.1).
- 6.3 Calcular la concentración en mg/L de ClO^- tomando en cuenta volumen de la muestra analizada.



Guía de práctica N° 12

Análisis de las muestras de agua

1. Propósito /Objetivo: Analizar las muestras de agua e interpretar los resultados.

2. Indicaciones/instrucciones:
 - 2.1 Diseñar la parte experimental del trabajo de investigación y presentar al docente para su aprobación.
 - 2.2 Solicitar al laboratorio (previa aprobación del docente) los materiales y equipos necesarios.
 - 2.3 Realizar la toma de muestra.
 - 2.4 Realizar el procedimiento experimental.
 - 2.5 Calcular el contenido de contaminantes en mg/L.
 - 2.6 Elaborar un informe de laboratorio según el formato indicado.

Interpretar los resultados obtenidos al comparar los con las normas nacionales e internacionales para este tipo de muestras.