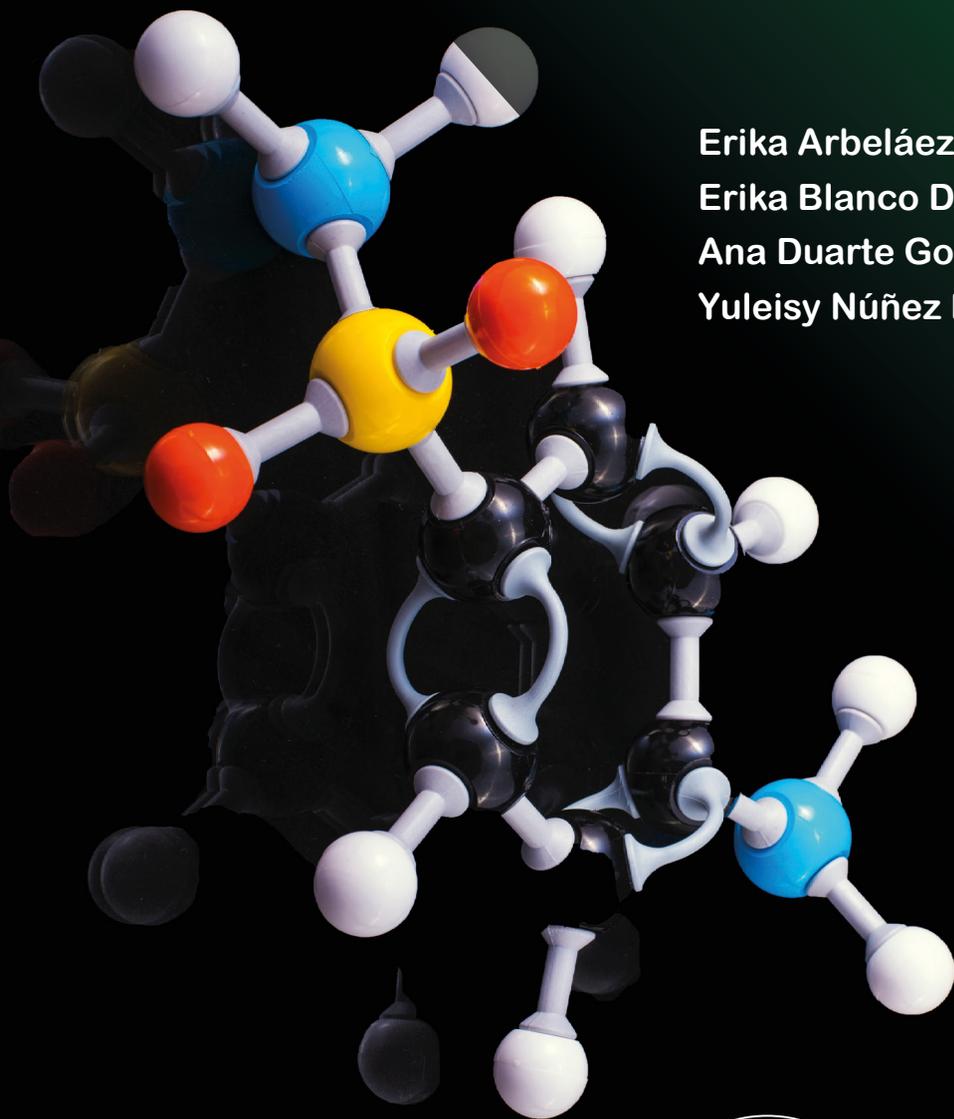


# Manual de prácticas de laboratorio de Química ambiental

Erika Arbeláez Silva  
Erika Blanco Donado  
Ana Duarte Gonzalez  
Yuleisy Núñez Blanco



Libro digital



UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA  
1970

VIGILADA MINEDUCACIÓN

Manual de prácticas  
de laboratorio de  
Química Ambiental

Arbelález Silva, Erika

Manual de prácticas de laboratorio de química ambiental /Erika Silva Arbelález,  
Erika Blanco Donado, Ana Lucía Duarte González, Yuleisy Núñez Blanco. –  
Barranquilla: Editorial Universitaria de la Costa SAS, 2021

ISBN: 978-958-56772-8-9

72 páginas, ilustraciones

1. Manual de Laboratorio
2. Química del medio ambiente
3. Ingeniería sanitaria

577.14 M294

Esta obra es propiedad intelectual de sus autores y los derechos de publicación han sido legalmente transferidos al editor. Queda prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del Copyright®.

# Manual de prácticas de Laboratorio de Química Ambiental

Erika Arbeláez / Erika Blanco /  
Ana Duarte / Yuleisy Núñez



2021



# Manual de Prácticas de Laboratorio Química Ambiental

Erika Esperanza Arbeláez Silva  
Erika Patricia Blanco Donado  
Ana Lucia Duarte González  
Yuleisy Paola Núñez Blanco

ISBN: 978-958-56772-8-9

Corporación Universidad de la Costa, CUC

Diseño, diagramación y corrección de estilo  
Editorial Universitaria de la Costa S.A.S.  
Teléfono: (575) 336 2222  
[educosta@cuc.edu.co](mailto:educosta@cuc.edu.co)

Alfonso Romero Conrado  
Director  
Editorial Universitaria de la Costa S.A.S.

Hecho bajo el depósito que exige la ley.

## Reglamento del laboratorio

- La vestimenta adecuada deberá ser: pantalón largo, zapatos cerrados, bata blanca manga larga anti fluidos, así como los elementos de protección personal que sean necesarios para la práctica estipulada por el docente.
- Presentarse en todas las sesiones de laboratorios, teniendo los conocimientos previos de las prácticas o ensayos que van a realizar, por lo que se deben estudiar las guías de laboratorio previamente.
- Cada grupo de estudiantes o usuario es responsable de los materiales y equipos que le sean asignados.
- Verificar el buen estado de los equipos y elementos de laboratorios antes de iniciar las experiencias a realizar. Es responsabilidad del usuario informar al auxiliar el estado del material recibido.
- Entregar los equipos e instrumentos en el estado en que fueron recibidos al auxiliar de laboratorio e informar cualquier inconveniente. Es obligatorio en el momento de terminar las clases, hacer entrega del material completo, limpio y funcional, salvo aquellos implementos que sean fungibles (papel filtro, tiritas de pH, entre otros).
- Deben llevar el material de trabajo solicitado por el profesor respectivo, estos deben ser solicitados en la clase anterior.
- Mantener un buen comportamiento para evitar riesgos y/o daños.
- Permanecer en el puesto de trabajo asignado durante el tiempo que dure la práctica, en caso que se desee retirar del área, debe consultar con el profesor.
- Manipular y operar las máquinas, equipos, herramientas, reactivos y elementos en general, con la debida prudencia y precaución técnica, para garantizar la seguridad y conservación de los mismos.

- Reconocer y contribuir al cumplimiento del Protocolo de Seguridad en caso de accidentes realizado por Aseguradora de Riesgos Profesionales de la institución, así como portar el carnet estudiantil y el documento de identidad.
- Una vez finalizada la práctica, debe evacuar todo el personal que se encuentra dentro del laboratorio de forma ordenada.
- Cuando se realicen prácticas extemporáneas (por fuera del horario de clase), el profesor debe tener en cuenta los horarios disponibles en el laboratorio. Se debe informar vía correo electrónico a la dirección de laboratorio con 72 horas previas a la realización de la práctica. Como se expone en el Reglamento de laboratorios.

# Tabla de Contenido

Introducción	11
Unidad 1. Introducción al análisis químico	12
Práctica 1. Análisis fisicoquímicos (gravimetría, titulación, espectrofotometría) y validación de resultados	12
Unidad 2. Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta	20
Práctica 2. Subsistema Hidrosférico— Química del Agua—Parámetros organolépticos	20
Práctica 3. Subsistema Hidrosférico— Parámetros Físicos del agua	26
Práctica 4. Subsistema Hidrosférico— Parámetros Químicos del agua I	34
Práctica 5. Subsistema Hidrosférico— Parámetros Químicos del agua II	42
Práctica 6. Subsistema Hidrosférico— Parámetro Demanda química de Ixígeno (DQO)	46
Práctica 7. Subsistema Hidrosférico— Parámetro Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	50
Práctica 8. Subsistema Litosférico— Parámetros del suelo I	56
Práctica 9. Subsistema atmosférico— Puesta en marcha de la estación meteorológica	62
Referencias	66
Anexos	69

## Lista de Figuras

Figura 1.	Esquema de gravimetría	14
Figura 2.	Montaje de titulación	15
Figura 3.	Espectrofotómetro	16
Figura 4.	Paso 1: Inserción del blanco en el equipo	22
Figura 5.	Paso 2: Inserción de la muestra de agua en el equipo para determinación de color aparente	22
Figura 6.	Paso 3: Inserción de la muestra de agua en el equipo para determinación de color verdadero	22
Figura 7.	Colorímetro Checker	23
Figura 8.	Conductímetro	28
Figura 9.	Limpieza de la celda	29
Figura 10.	Turbidímetro	29
Figura 11.	Diagrama de procedimiento para determinar sólidos en el agua	18
Figura 12.	pH-metro	36
Figura 13.	Esquema para la determinación de la alcalinidad	37
Figura 14.	Esquema para la determinación de acidez	38
Figura 15.	Esquema para la determinación de la dureza	39
Figura 16.	Esquema para la determinación de cloruros	44
Figura 17.	Fotómetro	44
Figura 18.	Componentes del sistema DBO	53
Figura 19.	Toma del Vol de la muestra DBO	53
Figura 20.	Adición de NaOH	53
Figura 21.	Cierre hermético de la botella	53
Figura 22.	Encendido de cabezal oxitop DBO	53
Figura 23.	Montaje final en la nevera de Incubación	53
Figura 24.	Piezas de la estación meteorológica	64

## Lista de Tablas

Tabla 1. Resultados Gravimetría	17
Tabla 2. Resultados titulación. DQO	18
Tabla 3. Resultados Espectrofotometría	19
Tabla 4. Clasificación de Olores	24
Tabla 5. Resultados Espectrofotometría	25
Tabla 6. Resultados Espectrofotometría	31
Tabla 7. Resultados Sulfatos	45
Tabla 8. Cantidades de reactivos y muestras para DQO	48
Tabla 9. Factores de Escala para Método Winkler para DBO <sub>5</sub>	54
Tabla 10. Factores de escala según volúmenes y DBO esperados para el método de medición respiro-métrico	55
Tabla 11. Serie completa de tamices	58
Tabla 12. Resultados de granulometría	60

# Introducción

Los problemas de contaminación ambiental han empeorado con el paso del tiempo, convirtiéndose en una gran preocupación a nivel mundial. Esta problemática ha traído consigo afectaciones en la salud humana, alteraciones a bienes materiales y desequilibrio en los principales recursos naturales como el aire, el agua y el suelo, en su mayoría se han visto afectados por actividades antropogénicas. Por tanto, es de gran importancia implementar estrategias de mitigación con la aplicación de ciencias y tecnologías a partir de la química.

La química cumple un papel muy importante en el medio ambiente debido a que ha contribuido al avance de la sociedad creando soluciones para mejorar las condiciones del planeta.

En este contexto, la química ambiental estudia los procesos químicos que tienen lugar en el medio ambiente, así como el impacto de las actividades humanas sobre el entorno y la problemática que ello ocasiona. Sea cual sea su naturaleza, la química ambiental busca disminuir y/o eliminar, reducir la carga dañina, por lo que supervisa directamente cualquier proceso de contaminación que pueda poner en peligro la conservación del medio ambiente y de las personas.

La asignatura de Química Ambiental enfocada para estudiantes el programa académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Costa CUC, está constituida por un componente teórico y otro práctico. El componente práctico, consta de nueve experiencias de laboratorio cuyas temáticas instruyen al estudiante con la finalidad de que reconozca la importancia de los procesos de contaminación y las posibles estrategias de control que pueda implementar desde la química, que, por medio del manejo de la tecnología, validación e interpretación de resultados, manejo de los componentes químicos, asociados a las fuentes de contribución, propiciarán la estimulación de las competencias investigativas y genéricas que aportarán a gran escala a su vida profesional.

Este manual de laboratorio es una guía necesaria para el trabajo práctico del estudiante de química ambiental de la Universidad de la Costa CUC. el cual, le permitirá complementar las temáticas tratadas en las clases teóricas y consolidar su aprendizaje de forma experimental frente a cualquier problemática ambiental.

# Unidad 1.

## Introducción al análisis químico

### Práctica 1.

#### Análisis fisicoquímicos (gravimetría, titulación, espectrofotometría) y validación de resultados

##### Objetivos

##### *Objetivo general*

Adquirir los conocimientos experimentales para la correcta interpretación de los análisis fisicoquímicos y validación de sus resultados.

##### *Objetivos Específicos*

- Reconocer el principio del análisis gravimétrico de acuerdo con las muestras a analizar.
- Manejar adecuadamente el principio del análisis volumétrico basado en diferentes reacciones químicas.
- Conocer el fundamento del análisis espectrofotométrico y así desarrollar habilidades experimentales en este campo.
- Comprender la importancia sobre el análisis de los resultados incluyendo su margen de error, con ayuda de la teoría estadística, para expresar con exactitud la veracidad de los resultados obtenidos en cada experiencia.

## Marco Teórico

### *Química analítica*

La química, especialmente la analítica, se encarga de caracterizar todos los elementos de la tierra, tanto de forma cuantitativa como cualitativamente. Estudiarla, es importante para casi todos los ámbitos de la vida, la química hace parte de todo (Christian, 2009). La química analítica, permite determinar los procedimientos adecuados, para así, obtener los mejores resultados con buenos niveles de confianza, en función de la precisión, exactitud, límites de detección, aplicabilidad y sensibilidad (Skoog & West, 1986).

Las técnicas de análisis fisicoquímicos son: gravimetría, volumetría, y espectrofotometría caracterizados por sus amplias aplicaciones en la determinación de compuestos o parámetros de la química ambiental (Harvey, 2002). El método gravimétrico, se enfoca en determinar la concentración de la muestra en función de su masa, mientras que los análisis volumétricos la determinan en función de una reacción, tomando como variable de medida el volumen; estos dos métodos realizan su medición de forma directa, mientras que la espectroscopia lo realiza de forma indirecta; por medio de la absorbancia o transmitancia de una longitud de onda, de un determinado compuesto posterior a un tratamiento químico (Skoog & West, 1986).

### Materiales e insumos

Reactivo	Material		Equipos
Cloruro de sodio NaCl	Crisoles	Probeta de 100 ml	Balanza analítica
Azul de metileno	Agitador y espátula	Embudo	Horno de secado
Ácido Clorhídrico HCL 0,02M	Vidrio reloj	Soporte universal	pH-Metro
Hidróxido de Sodio NaOH 0,02M	Beaker de 100ml	Bureta de 50 ml	Agitador magnético
	Desecador	Erlenmeyer de 25 ml	Espectrofotómetro
	Probeta de 50 ml	Pipetas	

## Procedimiento

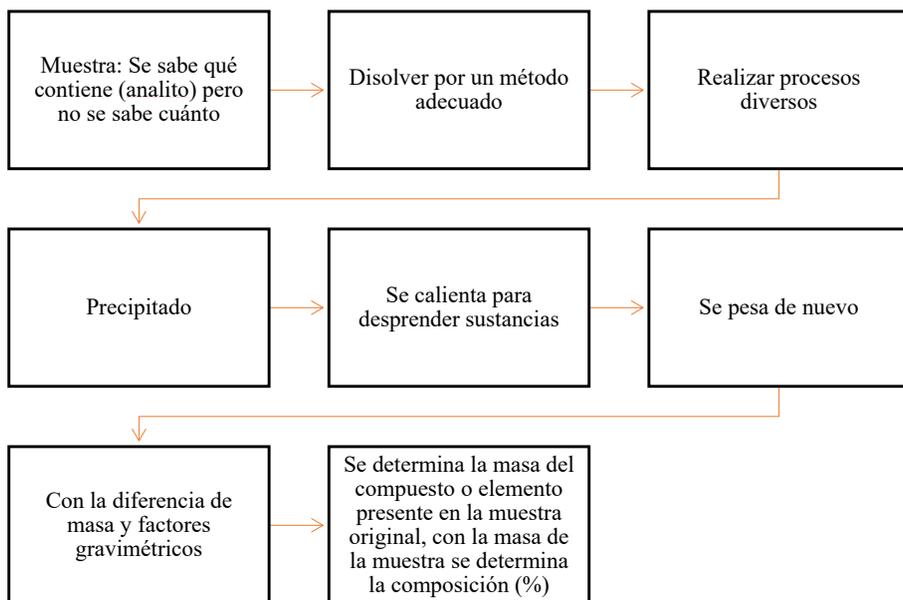
### *Procedimiento análisis gravimétrico*

En la balanza analítica, se pesa 2 g de NaCl, y se agrega a un beaker de 100ml. Luego, se mide 25 ml de agua destilada en la probeta y se vierte en el beaker que tiene el NaCl, se mezcla con un agitador de vidrio hasta disolver todo el soluto en el agua.

Seguidamente, se debe marcar con número consecutivos las cápsulas de porcelanas o crisoles, las cuales fueron previamente secadas en el horno a 105°C y se dejaron en reposo en el desecador para evitar que tengan humedad, se realiza un proceso de pesaje inicial para cada crisol registrando todas las cifras significativas que proporcione la balanza analítica.

Después, se agrega los 25 ml de disolución de (NaCl+H<sub>2</sub>O) en el crisol y se lleva a las planchas de secado a máxima temperatura y espere a que se seque en su totalidad.

Finalmente, los crisoles se dejan reposar en el desecador y luego se debe realizar el pesaje final. Este procedimiento está esquematizado en la **Figura 1**.

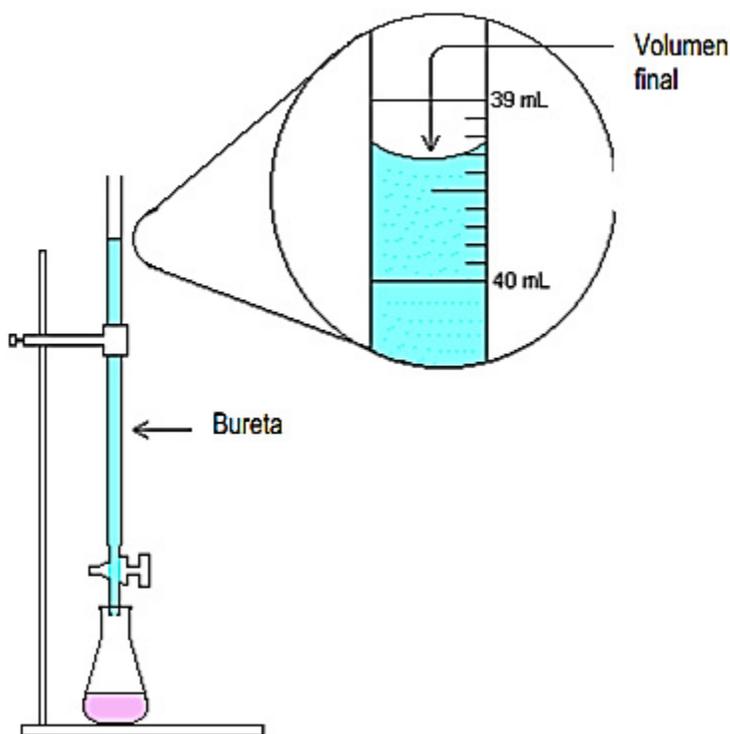


**Figura 1.** *Esquema de gravimetría.*

**Fuente:** Autores.

## Procedimiento análisis volumétrico (Titulación)

En un Erlenmeyer de 100 ml se agrega 20 ml de ácido clorhídrico, medidos previamente en una probeta, se le introduce con cuidado un magneto y se ubica el beaker en la plancha de agitación. Como se evidencia en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Montaje de titulación.

Fuente: Autores.

Encienda la plancha de agitación a una velocidad de 500 RPM. Encienda el pH-metro y ubíquelo en el centro del beaker, sin que este toque el magneto, luego se ubica la caída del titulante en uno de los extremos del beaker, sin que esta ruede por las paredes (que tenga caída directa con el beaker).

Finalmente, mida el pH inicial y comience a titular lentamente hasta completar un volumen de 50 ml de Hidróxido de sodio, registrando el pH cada dos 2 ml.

## Procedimiento análisis espectrofotométrico

Prepare una solución de 50 mg/L de azul de metileno (muestra patrón). A partir de esa solución, realice en 5 matraces aforados, respectivamente marcados, disoluciones para obtener concentraciones de 5 mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L y 40 mg/L respectivamente.

En primera instancia, se toma una muestra de agua destilada (blanco) para proceder a calibrar el equipo.

Seguidamente, debe realizar un barrido. Para ello, se procede a la lectura de la absorbancia de cada una de las disoluciones preparadas a distintas longitudes de onda, para después graficar la respectiva curva de calibración.

Finalmente, se procede a la lectura de absorbancia la muestra problema, para determinar la concentración de esta. El equipo a utilizar se evidencia a continuación en la **Figura 3**.



**Figura 3.** *Espectrofotómetro.*  
**Fuente:** Autores.

## Cálculos

### *Análisis gravimétrico*

Se determina la concentración de NaCl por medio de la siguiente ecuación (1):

$$g \text{ NaCl} = P_f - P_i \quad (1)$$

Donde:

$P_f$ : Peso final del crisol.

$P_i$ : Peso inicial del crisol.

Diligencie los resultados en la **Tabla 1**.

TABLA 1.  
*Resultados Gravimetría.*

Ensayo	g de NaCl disueltos	Peso Inicial	Peso Final	gr. de NaCl recuperado

**Fuente:** Autores.

### *Análisis Volumétrico (Titulación)*

Determinar la molaridad del ácido mediante la ecuación de la reacción, estableciendo las relaciones estequiométricas.

· *Ecuación química balanceada*



Conociendo la molaridad y el volumen de la base, calcule el número de moles con la ecuación (2):

$$M = \frac{n}{V(L)} \quad (2)$$

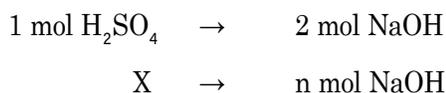
Donde:

$M$ : Equivale a la molaridad.

$N$ : Equivale al número de moles.

$V(L)$ : Equivalente de volumen en litros.

Relación estequiometria:



Diligencie los resultados en la **Tabla 2**.

TABLA 2.  
*Resultados titulación.*

ml de titulante	pH
Inicial	

**Fuente:** Autores.

## Análisis Espectrofotométrico

Realice la curva de calibración y válidela en función del coeficiente  $R^2$  y halle la muestra problema utilizando la ecuación (3):

$$Y = mx + b \quad (3)$$

Donde:

- Y: Absorbancia medida en el espectrofotómetro.  
 m : Pendiente.  
 x : Concentración.  
 b : Intercepto.

Diligencie los resultados en la **Tabla 3**.

TABLA 3.  
*Resultados Espectrofotometría.*

Muestra	Longitud de onda	Absorbancia	Concentración

**Fuente:** Autores.

## Cuestionario

- Determinen el error relativo y error absoluto para cada uno de los tipos de análisis.
- Determine el error aleatorio para cada uno de los tipos de análisis.
- Determine si hay error sistemático, y si lo hay identifique las posibles causas para cada uno de los tipos de análisis.
- Realice la curva de titulación ml gastados Vs pH.
- Calcule el punto de equilibrio y el punto final.
- Realice el gráfico de concentración v/s absorbancia.
- Realice la curva de calibración.
- ¿A qué se debe que los resultados no sean precisos en cada uno de los procesos?

## Unidad 2.

Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

### Práctica 2.

Subsistema Hidrosférico—  
Química del Agua—  
Parámetros organolépticos

#### Objetivos

##### *Objetivo general*

Analizar cualitativamente los parámetros organolépticos del agua.

##### *· Objetivos Específicos*

- Determinar el color, el olor y sabor de un agua superficial mediante diferentes técnicas.
- Establecer la importancia de los parámetros organolépticos del agua y asociarlos a la normatividad vigente.

## Marco Teórico

### *Los parámetros organolépticos*

Los parámetros organolépticos, son de gran interés en el suministro de agua potable, debido a que es un recurso indispensable para los seres bióticos del planeta (Gorchev & Ozolins, 1984). En este sentido, su presencia está en función de la cultura, aspectos económicos y los tratamientos que se le brinden al agua para consumo; mientras que, para el caso de las aguas naturales, los parámetros son estudiados y tenidos en cuenta para el entendimiento de los sistemas y atribuir su incidencia a las condiciones del ecosistema (Ramos, Bermúdez y Rojas, 2018).

Dentro de los parámetros organolépticos se destacan el olor, sabor, y color. El color en el agua se atribuye a la presencia de materiales disueltos (color verdadero) y suspendidos (color aparente), mientras que en el caso del olor y sabor que se encuentran íntimamente relacionados se pueden atribuir a sustancias específicas en el agua (Martínez y Osorio, 2018).

### Materiales e insumos

Reactivo	Material		Equipos
Solución problema	Probetas de 50 ml	Corcho	Equipo colorimétrico
	Filtro de papel	Probeta de 250 ml	Planchas de calentamiento
	Embudos	Beaker de 100 ml y 50 ml	Termómetros

### Procedimiento

#### *· Color*

- Encienda el medidor presionando el botón. Cuando la pantalla indique “Add”, “Cl” con “Press” intermitente, el equipo está listo.
- Llene la celda con 10 ml de agua destilada y tápele. Este es el blanco.
- Coloque la celda en el equipo y cierre la tapa (Figura 4).



Figura 4. Paso 1: Inserción del blanco en el equipo.

Fuente: Autores.

- Presione el botón. Cuando la pantalla indica “Add”, “C.2” con “Press” intermitente, quiere decir que el equipo está en cero.
- Para determinar el color aparente, llene la celda con 10 ml de muestra sin filtrar. Luego, introduzca la celda en el equipo y cierre la tapa del medidor, presione el botón y el equipo indicará rápidamente el valor del color aparente (Figura 5).



Figura 5. Paso 2: Inserción de la muestra de agua en el equipo para determinación de color aparente. Fuente: Autores.

- Retire la celda y presione el botón dos veces rápidamente para reiniciar el equipo.
- Ahora, filtre 25 ml de muestra a través de un filtro de papel.
- Después de la medición de color aparente, se procede a medir color verdadero, para ello, enjuague la celda tres veces con muestra filtrada y después llene hasta la marca del aforo con dicha muestra.

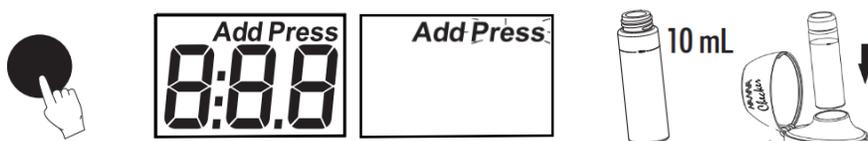


Figura 6. Paso 3: Inserción de la muestra de agua en el equipo para determinación de color verdadero. Fuente: Autores.

Siga el procedimiento de arriba para volver a cero el medidor usando la celda de blanco. Introduzca la celda de color verdadero en el equipo. Presione el botón y el equipo indicará directamente en la pantalla la concentración en unidades de color verdadero (Figura 6).

- El equipo se apaga automáticamente después de 10 minutos (Figura 7).



**Figura 7.** Colorímetro Checker.

**Fuente:** Autores.

### · Olor

Se inicia por una identificación del olor en frío. Para ello, se vierten aproximadamente 100 ml de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, se tapa inmediatamente con el tapón de goma o corcho para agitarlo fuertemente, seguidamente, se destapa y se huele de manera inmediata.

El olor correspondiente se puede describir o identificar con la **Tabla 4** que indica los tipos de olores. Si no se aprecia el olor, se expresa como inapreciable. Si apenas se percibe alguno, se antepone la palabra ligeramente, al olor percibido. Si el olor percibido no aparece en la tabla, se describe en los términos que mejor lo expresen.

Posterior a esto se realiza el olor en caliente, para ello se sigue el mismo método dado para el olor en frío, pero calentado previamente la muestra entre 58°C y 60°C en la plancha de calentamiento.

**TABLA 4.**  
*Clasificación de Olores.*

Olor	Descripción
Inapreciable	No se aprecia ningún olor.
Ligeramente	Se aprecia un ligero olor correspondiente.
Positivo	Cuando se aprecia el olor correspondiente, pronunciado.
Aromático	Agradable, especias, esencias, perfumes, a fruta.
Balsámico	Cualidades odoríficas de sustancias resinosas, pino.
Químico	Productos del tratamiento o desechos industriales. Medicamento no balsámico; pinturas.
Hidrocarburos	Productos de la destilación del petróleo, kerosén.
Sulfuros	Ácido sulfhídrico, sulfuro de amonio. Huevos en descomposición.
Fenol	Desinfectantes fenólicos, alquitrán.
Pescado	Ciertas especies de algas, pescado.
Séptico	Líquido cloacal rancio. Puede estar asociados a herrumbre.
Acre	Olor áspero, picante.
Terroso	Tierra vegetal, tierra húmeda, pantano.
Vegetal	Hiervas, pasto, raíces, musgo.
Cloro	Agua de Javell, Zonita, cloro.
Agua Estancada	Sótano húmedo.
Herrumbre	Orín, hierro, metal. Puede estar asociada a séptico.
Dulce	Perceptible a caña de azúcar.
Dulzaino	Dulzor químico, cloroformo.
Aceite	Aceite de motor.
Agradable	Agradable al olfato, pero no descriptible.
Desagradable	Repugnante al olfato, pero no descriptible.

**Fuente:** Autores.

### · Sabor

Se toman dos Erlenmeyer de 50 ml, se colocan 40 ml de la muestra y 40 ml de agua destilada; se calienta a 40°C y se dejan enfriar.

Se agita el vaso que contiene el agua destilada y cada estudiante bebe un poco de esta agua a temperatura ambiente, la retiene varios segundos en la boca ya la escupe. Se realizan los mismos pasos para la muestra problema.

## Cálculos

Diligencie los resultados de color en la **Tabla 5** y compare con la normatividad colombiana.

TABLA 5.  
*Resultados Espectrofotometría.*

Condiciones	Color (UPC)	Normatividad colombiana
Sin Filtrar		
Filtrado		

**Fuente:** Autores.

Registre los datos de Olor

*Olor en frío:* \_\_\_\_\_

*Olor en Caliente:* \_\_\_\_\_

Registro de datos de sabor

*Presencia de Sabor:* \_\_\_\_\_

## Cuestionario

- ¿Porque debe percibirse el olor de la muestra en frío y en caliente para evaluar este parámetro?
- ¿Qué significado sanitario tienen las características organolépticas del agua?
- Según el tipo de olor, color y sabor que percibió en la muestra de agua, ¿Cuál puede ser su origen?
- ¿Cuáles serían las consecuencias del consumo y/o utilización de agua en malas condiciones organolépticas?

## Unidad 2.

Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

### Práctica 3.

#### Subsistema Hidrosférico— Parámetros Físicos del agua

##### Objetivos

##### *Objetivo general*

Conocer y analizar los parámetros físicos del agua y su respectiva aplicación

##### *· Objetivos específicos*

- Identificar el manejo instrumental y aplicación de los parámetros de conductividad y turbiedad del agua.
- Cuantificar cada tipo de sólidos presentes en una muestra de agua.

## Marco teórico

Los parámetros físicos del agua cumplen un papel fundamental en dichos ciclos. Estos parámetros corresponden a la turbiedad, salinidad, sólidos, temperatura y conductividad del agua; su aplicación y conocimiento se asocia según el área de interés. para el caso de la ingeniería ambiental, su conocimiento permite evaluar de forma rápida el comportamiento de los sistemas o unidades de tratamiento, sea de agua residual o potable (Organización Panamericana de la Salud-OPS, 2013).

El agua para consumo humano debe ser limpia y bajo las condiciones sanitarias ideales no sobrepasando las concentraciones tóxicas que no permita un riesgo para la vida (Castro y Pérez, 2010).

## Materiales e insumos

Material		Equipos
Beaker de 50 ml	Filtro de papel	Conductímetro
Probeta de 1000 ml	Embudo	Turbidímetro
Cápsulas de porcelana	Probeta de 100 ml	Horno de secado y planchas de calentamiento
Desecador	Erlenmeyer de 250 ml	Mufla
Pinzas metálicas	Conos Imhoff	Balanza analítica

## Procedimiento

### *Procedimiento para conductividad*

La conductividad del agua es una expresión numérica con habilidad para transportar una corriente eléctrica (Santamaría, Álvarez y Zamora, 2015).

Este parámetro es muy usado para el análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos (Unidad utilizada mS/cm).

Asegurarse que el equipo este en buen estado, verificando todas las piezas y componentes. Para realizar las lecturas de conductividad eléctrica, se inserta el sensor directamente en la muestra de agua y se genera automáticamente la medición por el equipo.

Es importante destacar que, las funciones del equipo se cambian en el botón *mode* para determinar otras variables cómo sólidos y salinidad del agua. El equipo a utilizar se evidencia a continuación en la **Figura 8**.



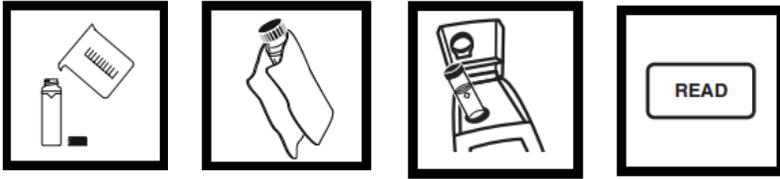
**Figura 8.** *Conductímetro.*

**Fuente:** Autores.

· *Procedimiento para turbiedad*

- Recoja una muestra representativa en un beaker limpio. Llene una cubeta de muestra hasta el aforo (10 ml).

- Limpie la cubeta con un paño suave para eliminar las huellas y manchas de los dedos (**Figura 9**).



**Figura 9.** Limpieza de la celda.

Fuente: Autores.

- Encienda el instrumento (**Figura 10**), debe colocarlo sobre una superficie plana y estable. No sujete el instrumento mientras realiza las mediciones. Introduzca la cubeta de la muestra en el compartimiento, de modo que la marca de la cubeta coincida con la orientación marca del equipo.



**Figura 10.** Turbidímetro.

Fuente: Autores.

- Presione READ la pantalla mostrará automáticamente el resultado en Unidades de Turbiedad Nefelométricas (UTN/NTU por sus siglas en inglés).

- Si la turbiedad es muy alta diluya y lea nuevamente.

· *Procedimiento para sólidos*

**Sólidos Totales (ST):** Se pesa una cápsula de porcelana, luego se vierte sobre ella 50 ml de agua, se somete a evaporación y se enfría en un desecador. Finalmente se pesa nuevamente.

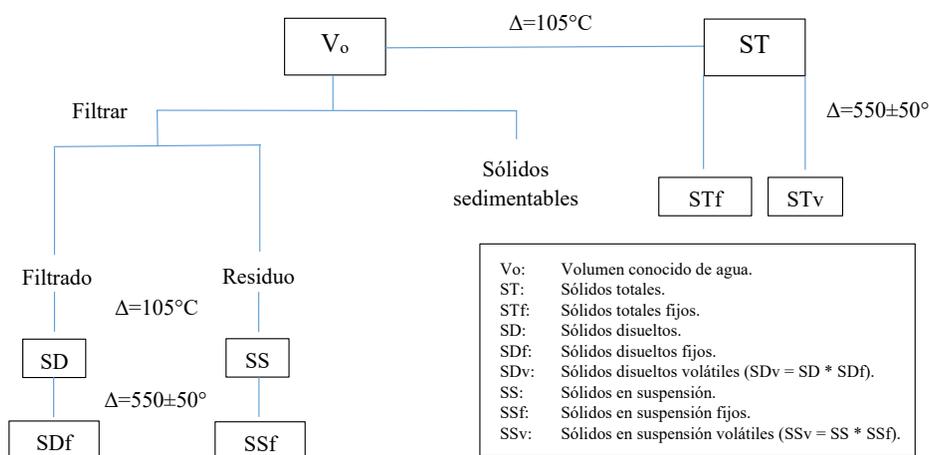
**Sólidos Disueltos (SD):** Se toman 50 ml de muestra y se filtra, se lava dos veces el filtro con 10 ml de agua destilada, se toma el filtrado (agua del beaker) y se vierte en una cápsula previamente pesada, se aplican los mismos pasos de la determinación de sólidos totales.

**Sólidos Suspendedos (SSS):** Establézcalos por diferencia:  $ST - SD$ .

**Sólidos Sedimentables (SSD):** Se toma un litro de agua, se agita vigorosamente, y se vierte en el cono imhoff, se realiza una lectura cada 30 min hasta completar dos horas.

**Sólidos Volátiles y Fijos (SV-SF):** Se toma las cápsulas de porcelana donde se determinó sólidos totales y sólidos disueltos y se llevan a la mufla por un periodo de 1 hora a  $550^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ . Se retira la cápsula y se lleva al desecador hasta igualar la temperatura ambiente, se pesa nuevamente. Este procedimiento determinará los fijos, los volátiles se pueden determinar por diferencia:  $ST - SF$ .

En la **Figura 11** se puede evidenciar el procedimiento para determinación de sólidos.



**Figura 11.** Diagrama de procedimiento para

*determinar sólidos en el agua.*

**Fuente:** Autores.

## Cálculos

Diligencie los resultados de turbiedad, conductividad y temperatura en la **Tabla 6** y compare con la normatividad colombiana.

**TABLA 6.**

*Resultados Espectrofotometría.*

Conductividad	Turbiedad	Temperatura del registro	Normatividad colombiana

**Fuente:** Autores.

Halle los resultados de los sólidos aplicando las ecuaciones para ST (4), SSS (5), SF (6) y SV (7).

### *Sólidos Totales (ST)*

$$ST \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{1000 * (A - B)}{V} \quad (4)$$

Dónde:

*A*: Peso de la cápsula + Residuo, mg.

*B*: Peso de la cápsula, mg.

*V*: Volumen de la muestra, ml.

### *Sólidos Suspendidos (SSS)*

$$SS \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{1000 * (A-B)}{V} \quad (5)$$

Dónde:

A : Peso del filtro + Residuo, mg.

B : Peso del filtro, mg.

V : Volumen de la muestra, ml.

### *Sólidos Fijos (SF)*

$$SF \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{1000 * (A-B)}{V} \quad (6)$$

Donde:

A : Peso de la cápsula + Residuo tras calcinado, mg.

B : Peso de la cápsula, mg.

V : Volumen de la muestra, ml.

### *Sólidos Volátiles (SV)*

$$SV \left( \frac{mg}{l} \right) = ST - SF \quad (7)$$

Donde:

ST : Sólidos Totales.

SF : Sólidos Fijos.

## Cuestionario

- ¿Cómo afecta la temperatura a la conductividad? ¿Explique porque se da este comportamiento?

- b. ¿Por qué es importante medir la turbiedad, conductividad y sólidos en agua?
- c. ¿Qué significado sanitario tiene la turbiedad?
- d. ¿Qué información provee la determinación de sólidos disueltos en cuerpos de agua natural y de origen industrial?
- e. ¿Qué efectos negativos causan elevados valores de los parámetros medidos en cuerpos de agua natural?
- f. Compare los resultados con la normatividad vigente.

## Unidad 2.

# Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

## Práctica 4.

### Subsistema Hidrosférico— Parámetros Químicos del agua I

#### Objetivos

##### *Objetivo general*

Conocer y aplicar los análisis químicos para caracterizar un cuerpo de agua y de este modo determinar su calidad.

##### *· Objetivos específicos*

- Comprender la valoración de los parámetros químicos del agua: alcalinidad, pH, acidez y dureza.
- Comprobar los resultados con los estándares de calidad de agua establecidos en la legislación colombiana.

## Marco Teórico

El agua es un recurso indispensable en el que se generan reacciones fisicoquímicas que son fundamentales para los ciclos biogeoquímicos (Rodríguez, 2009). Se utiliza como alimento principal de los seres vivos, en la industria, para el desarrollo de sociedades y en los procesos biológicos (Fernández, 2012). El agua, también se puede convertir en un factor de riesgo generando numerosas intoxicaciones e infecciones debido a su contaminación y la alteración de sus parámetros físicos, químicos o biológicos (Custodio y Pantoja, 2012). Pequeños cambios en la presencia de algunas sustancias pueden variar las propiedades del agua, hacerlas inservibles y hasta peligrosas para la salud humana, los procesos industriales y el desarrollo de la vida. Los parámetros químicos del agua a estudiar en esta práctica de laboratorio corresponden al pH, Acidez, Alcalinidad y Dureza.

## Materiales e Insumos

Reactivo	Material	Equipos
Ácido clohídrico 0.02 M	Beaker de 50 ml	Ph-Metro
Verde bromocresol	Embudos	
Fenolftaleína	Bureta de 50 ml	
Hidróxido de sodio 0.02 M	Probeta de 100 ml	
EDTA 0.01M	Pinzas de nuez	
Murexida	Soporte universal	
Negro de Eriocromo T	Matraz Erlenmeyer 250 ml	
Buffer para dureza	Espátula metálica	

## Procedimiento

### *Procedimiento para pH*

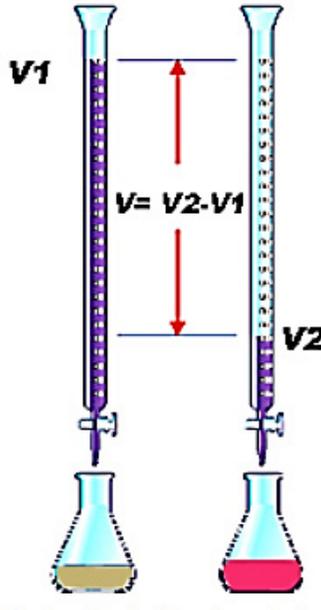
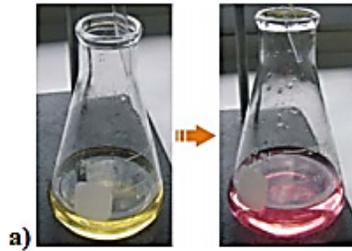
Se llena un beaker con 20 ml de la muestra, quite la tapa que cubre el electrodo del medidor de pH, remoje el electrodo con agua destilada antes de usarlo, encienda el equipo, sumerge el electrodo y se realiza la lectura. El equipo que será utilizado se evidencia en la **Figura 12**.



**Figura 12.** *pH-metro.*  
**Fuente:** Autores.

## Procedimiento para alcalinidad

Con ayuda de una probeta de 100 ml, se toman 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, luego se realiza la lectura del pH inicial y con base a este se agrega de dos a tres gotas del indicador de viraje verde bromocresol. Paralelamente, se toma la bureta y se llena con ácido clorhídrico hasta el aforo, posteriormente se ubica el Erlenmeyer con la muestra debajo de la bureta; y se comienza a titular gota a gota hasta obtener el punto final. Este procedimiento está esquematizado en la **Figura 13**.



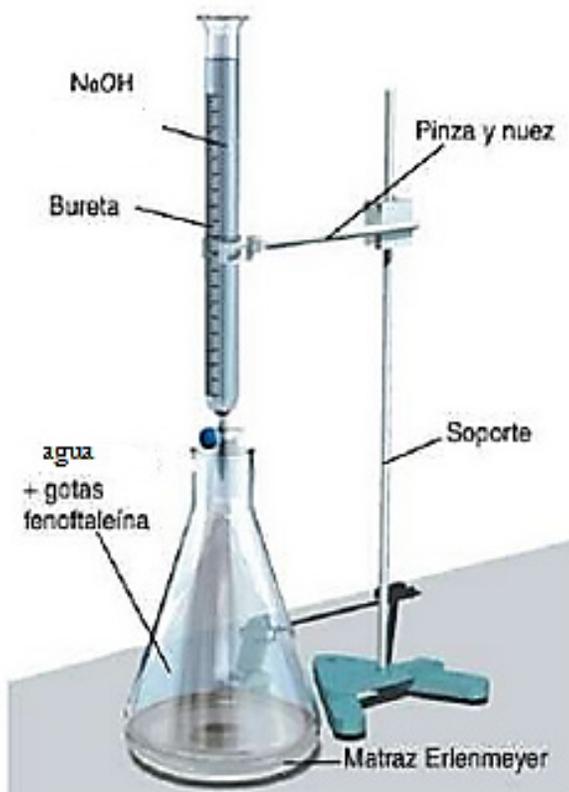
- a) El cambio de color indica el punto final de la titulación.  
b) Determinación del gasto de ácido sulfúrico en la titulación.

**Figura 13.** Esquema para la determinación de la alcalinidad.

**Fuente:** Autores.

## Procedimiento para acidez

Con ayuda de una probeta de 100 ml, se toman 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, luego se realiza la lectura del pH inicial y con base a este se agrega de dos a tres gotas del indicador de viraje fenolftaleína. Paralelamente, se toma la bureta y se llena con hidróxido de sodio hasta el aforo; se ubica el Erlenmeyer con la muestra debajo de la bureta, y se comienza a titular gota a gota hasta obtener el punto final. Este procedimiento está esquematizado en la **Figura 14**.

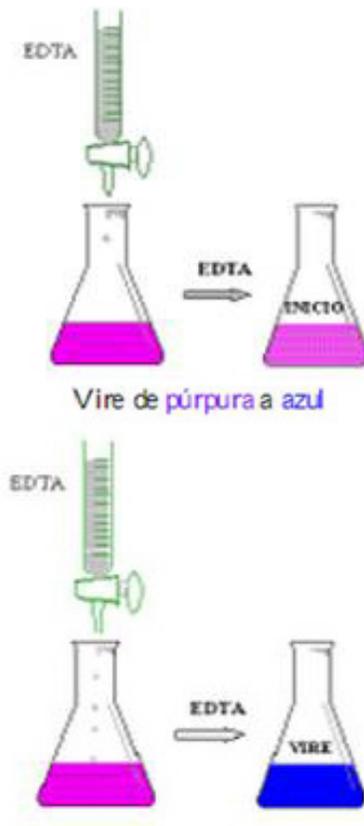


**Figura 14.** Esquema para la determinación de acidez.

**Fuente:** Autores.

### *Procedimiento para dureza*

Con ayuda de una probeta de 100 ml, se toman 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, luego con ayuda de una espátula metálica se agrega una pizca de negro de Eriocromo T y cinco gotas de buffer para dureza. Paralelamente, se toma la bureta y se llena con EDTA hasta el aforo, posteriormente, ubique el Erlenmeyer con la muestra, y comience a titular gota a gota hasta obtener el punto final, con este indicador se determinará la dureza total; se repite los mismos pasos, pero con presencia de murexida como indicador y se determina la dureza cálcica, la dureza magnésica la determina por diferencia entre la total y la cálcica. Este procedimiento está esquematizado en la **Figura 15**.



**Figura 15.** Esquema para la determinación de la dureza.

**Fuente:** Autores.

## Cálculos

Halle los resultados de la alcalinidad, acidez y dureza, aplicando las ecuaciones (8), (9) y (10).

### *Alcalinidad*

$$\text{Alcalinidad } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CaCO}_3 = \frac{AxN \times 50000}{V} \quad (8)$$

Donde:

- $A =$  Mililitros del titulante.  
 $N =$  Normalidad del titulante.  
 $V =$  Volumen de la muestra, ml.

### Acidez

$$\text{Acidez } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ CaCO}_3 = \frac{AxN \times 50000}{V} \quad (9)$$

Dónde:

- $A =$  Mililitros del titulante.  
 $N =$  Normalidad del titulante.  
 $V =$  Volumen de la muestra, ml.

### Dureza

$$\text{Dureza } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ CaCO}_3 = \frac{AxN \times 50000}{V} \quad (10)$$

Dónde:

- $A =$  Mililitros del titulante.  
 $N =$  Normalidad del titulante.  
 $V =$  Volumen de la muestra, ml.

## Cuestionario

- ¿Qué indica la dureza en un cuerpo de agua natural?
- ¿Por qué es importante medir el pH, Alcalinidad, dureza y acidez en un cuerpo de agua?

- c. Consultar, analizar, y comparar los resultados obtenidos de cada parámetro con la norma vigente.
- d. Investigar cuales son las consecuencias en los seres vivos por elevados valores de cada parámetro.
- e. Investigar la importancia de cada parámetro y la influencia que tiene en otros parámetros.

## Unidad 2.

Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

### Práctica 5.

#### Subsistema Hidrosférico— Parámetros Químicos del agua II

##### Objetivos

###### *Objetivo general*

Conocer y aplicar los análisis químicos para caracterizar un cuerpo de agua y de este modo determinar su calidad.

###### *Objetivos específicos*

- Comprobar los resultados con los estándares de calidad de agua establecidos en la legislación colombiana.
- Valorar el contenido de cloruros y sulfatos en diferentes aguas.

## Marco teórico

La medida de los iones cloruro y sulfato se emplean en el marco de la ingeniería ambiental como indicadores de la presencia de agentes contaminantes provenientes de fuentes industriales. Es importante conocer su comportamiento y los efectos que puedan surgir en la salud humana, para de este modo minimizar su impacto (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro y Segura-Araya, 2017).

## Materiales e insumos

Reactivos	Materiales	Equipos
Nitrato de plata	Bureta de 50ml	Fotómetro
Cromato de potasio	Pipetas	
Test de sulfatos	Erlenmeyer de 250 ml	
	Varilla de agitación	
	Espátula	
	Probeta de 100 ml	
	Beaker de 400 ml	

## Procedimiento

### Cloruros

Con ayuda de una probeta de 100 ml, se toman 25 ml de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml.

Luego, se realiza la lectura del pH inicial y con base a este se agrega de dos a tres gotas del indicador de viraje cromato de potasio, dando un color amarillo al agua.

Paralelamente, se toma la bureta y se llena con nitrato de plata hasta el aforo; se ubica el Erlenmeyer con la muestra debajo de la bureta.

Finalmente, se comienza a titular gota a gota hasta obtener el punto final. El punto de cambio se estima a un rojo ladrillo. Este procedimiento está esquematizado en la **Figura 16**.



**Figura 16.** Esquema para la determinación de cloruros.

**Fuente:** Autores.

## Sulfatos

Machacar la pastilla del test de sulfato, adicionar a un tubo de ensayo previamente con 10 ml de agua de muestra y mezclar, esperar cinco minutos de reacción. Al encender el fotómetro, exigirá una muestra en blanco, éste blanco debe ser muestra (sin pastilla de test de sulfato). Luego del blanco, introducir la muestra y medir en el fotómetro. El equipo a utilizar se evidencia a continuación en la **Figura 17**.



**Figura 17.** Fotómetro.

**Fuente:** Autores.

## Cálculos

### Cloruros

Halle la concentración de Cloruros, aplicando la siguiente ecuación (11).

$$\frac{Cl^{-}mg}{l} = \frac{(A-B)*N*35.450}{ml\ muestra} \quad (11)$$

Donde:

A: ml de titulante gastados en la muestra.

B: ml de titulante gastados en el blanco.

N: Normalidad del nitrato de plata.

## Análisis de sulfatos

Tome la lectura de al menos tres muestras en el fotómetro y llene la **Tabla 7** con los resultados obtenidos.

TABLA 7.

### Resultados Sulfatos.

Muestra	1	2	3
Concentración de sulfato			

**Fuente:** Autores.

## Cuestionario

- Emita un concepto sobre la muestra analizada.
- ¿Qué aplicación tiene este parámetro en el ámbito ambiental?
- En la fórmula para determinar cloruros, ¿porque se multiplica por 35450?
- Compare los resultados con normativas colombianas.
- ¿Qué efectos sobre la salud tienen cada uno de estos compuestos?

## Unidad 2.

# Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

## Práctica 6.

### Subsistema Hidrosférico— Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO)

#### Objetivos

##### *Objetivo general*

Evaluar el método para determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en muestras de aguas para medir su grado de contaminación.

##### *Objetivos específicos*

- Identificar los instrumentos utilizados para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Analizar el grado de contaminación conforme a los resultados de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

- Comprobar los resultados con los estándares de calidad de agua establecidos en la legislación colombiana.

## Marco teórico

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua y oxidables en condiciones operatorias definidas (Morales, Reyes, Quiñonez y Milla, 2019).

## Materiales e insumos

Reactivo	Material	Equipos
Dicromato potásico	Tubos de ensayo	Termoreactor
Ácido sulfúrico	Pipetas	Colorímetro
Sulfato mercúrico	Erlenmeyer	
Sulfato de plata	Varilla de agitación	
Sulfato de hierro II y amonio	Bureta de 50 ml	
1,10-Fenantrolina	Beaker de 200 ml	

## Procedimiento

### *Procedimiento DQO método titulométrico*

- Coloque la muestra en el tubo y añada la solución de digestión. Aplicar las cantidades de reactivos requeridas según la **Tabla 8**.

**TABLA 8.**

*Cantidades de reactivos y muestras para DQO.*

Tubo Digestión	Muestra	Sol Digestión	React. Ac. Sulfúrico	Volumen Final
16 × 100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
20 × 150 mm	5.0	3.0	7.0	15
25 × 150 mm	10	6.0	14.0	30.0

**Fuente:** Autores.

- b. Vierta con cuidado el reactivo de ácido sulfúrico en el tubo. Se desprenderá calor. Agite por completo. De la misma manera prepare un blanco, pero en vez de muestra, coloque agua destilada.
- c. Coloque los tubos en el termoreactor a 150°C y sométase a reflujo durante 2 horas.
- d. Pasadas las dos horas, ponga a enfriar los tubos a temperatura ambiente y pase el contenido a un Erlenmeyer.
- e. Añada 1 ó 2 gotas de indicador de ferroína y titule rápidamente con sulfato de hierro y amonio.
- f. El punto final del viraje cambiará de azul verdoso a marrón rojizo.
- g. De la misma forma sométase un blanco que contenga los reactivos y un volumen de agua destilada igual a la muestra.

### *Procedimiento DQO método espectrofotométrico*

NOTA: Siga los pasos del procedimiento anterior desde el inciso (a) hasta el inciso (d).

- e. Deje enfriar los tubos a temperatura ambiente y mida en el colorímetro para DQO en su respectiva curva de calibración.
- f. Los valores los arrojará en mg/l inmediatamente.

## Cálculos

La demanda química de oxígeno (DQO), expresada en mg de O<sub>2</sub>/L es igual a, aplique la siguiente ecuación (12) y determine su resultado.

$$DQO \frac{O_2}{L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{V} \quad (12)$$

Donde:

A = Volumen gastado para la muestra (mL).

B = Volumen gastado para el blanco (mL).

M = Molaridad del titulante.

V = Volumen de la muestra tomada para la determinación (mL).

## Cuestionario

- a. Indique el fundamento químico del procedimiento analítico y las reacciones que se llevan a cabo.
- b. ¿Qué aplicación tiene este parámetro en el ámbito ambiental?
- c. Compare los resultados con normativas colombianas e internacionales.

## Unidad 2.

Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

### Práctica 7.

#### Subsistema Hidrosférico— Parámetro Demanda Biológica de oxígeno ( $DBO_5$ )

##### Objetivos

##### *Objetivo General*

Evaluar el método para determinación de Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) en muestras de aguas para medir su grado de contaminación.

##### *Objetivos específicos*

- Identificar los instrumentos utilizados para la determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ).
- Analizar el grado de contaminación conforme a los resultados de Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ).

- Comprobar los resultados con los estándares de calidad de agua establecidos en la legislación colombiana.

## Marco teórico

La demanda biológica de oxígeno, también denominada Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida y se utiliza para determinar su grado de contaminación. Normalmente se mide transcurridos 5 días ( $DBO_5$ ). Se expresa en mg  $O_2$ /litro (Glynn & Heinke, 1999).

## Materiales e insumos

Reactivo	Material	Equipos
Solución Buffer de fosfato	Beaker de 200 ml	Balanza analítica
Sulfato de magnesio	Botellas Winkler	
Cloruro de Calcio	Espátulas	
Cloruro férrico	Probetas de 100 ml	
Ácido sulfúrico 1N		
Hidróxido de sodio 1N		

## Procedimiento

### *Método Winkler*

#### *· Reactivos*

- *Solución buffer de fosfato:* Disuélvanse 8.5 g de  $KH_2PO_4$ , 21.75 g de  $K_2HPO_4$ , 33.4 g de  $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$  y 1.7g de  $NH_4Cl$  en unos 500 ml de agua destilada y dilúyase hasta 1L. El pH de la solución debería ser de 7.2 sin ajustes adicionales. Deséchese del reactivo si hay algún signo de crecimiento biológico en frasco de reserva.

- *Solución sulfato de magnesio:* Disuélvanse 22.5 g de  $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y dilúyase hasta 1 L.
- *Solución de cloruro férrico:* Disuélvanse 0.25 g de  $\text{FeCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y dilúyase a 1 L.
- *Solución cloruro de calcio:* Pesar 27.5 g de  $\text{CaCl}_2$  anhidro luego disolverlo hasta 1 L de agua destilada.
- *Solución ácido sulfúrico aproximadamente 1N:* Lentamente y mientras se agita, añadiéndose 28 ml de ácido sulfúrico concentrado a agua destilada. Diluya hasta 1L.
- *Solución de hidróxido de sodio aproximadamente 1N:* Disuélvanse 40g de NaOH en agua destilada. Dilúyase hasta 1L.

### • *Procedimiento*

- Colocar el volumen deseado de agua en un frasco adecuado y añadirle 1 ml de las soluciones fosfato,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{FeCl}_3$  por cada litro de agua destilada.
- Antes de usar el agua de dilución debe ponerse a una temperatura de 20°C.
- Saturar con Oxígeno Disuelto agitando en una botella parcialmente llena o aireando con aire filtrado libre de materia orgánica.
- Tome un frasco Winkler y llénelo hasta el rebose.
- Determinar el OD inicial. La captación de oxígeno en 5 días a 20°C no debería ser mayor de 0.2 mg/l y preferiblemente no mayor de 0.1 mg/l.
- Cubra la botella con papel para evitar el contacto con la luz, e incuba por cinco días, al transcurridos los 5 días, mida el OD final.
- Preparación de la muestra: Si el agua es residual doméstica tome 10 ml de muestra y viértalos en un frasco Winkler y complete hasta el rebose con agua de dilución.
- Repita los pasos e.f.

### *DBO<sub>5</sub> Método respirométrico*

En el método respirométrico evidenciado en las **Figura 18** a **Figura 23**, los volúmenes de la muestra a analizar varían según la DBO esperada tal como lo indica la **Tabla 10**.



**Figura 18.** *Componentes del sistema DBO.*  
**Fuente:** Autores.



**Figura 19.** *Toma del Vol de la muestra DBO.*  
**Fuente:** Autores.



**Figura 20.** *Adición de NaOH.*  
**Fuente:** Autores.



**Figura 21.** *Cierre hermético de la botella.*  
**Fuente:** Autores.



**Figura 22.** *Encendido de cabezal oxitop DBO.*  
**Fuente:** Autores.



**Figura 23.** *Montaje final en la nevera de Incubación.*  
**Fuente:** Autores.

## Cálculos

### *Método Winkler*

Aplicar las cantidades requeridas según la **Tabla 9**.

TABLA 9.

*Factores de Escala para Método Winkler para DBO<sub>5</sub>.*

DBO máxima esperada (mg/l)	Volumen de Muestra (ml)
30000 – 105000	0.02
12000 – 42000	0.05
6000 – 21000	0.1
3000 – 10500	0.2
1200 – 4200	0.5
600 – 2100	1.0
300 – 1050	2.0
120 – 420	5.0
60 – 210	10.0
30 – 105	20.0
12 – 42	50.0
6 – 21	100.0
0 – 7	300.0

Fuente: Autores.

- Halle las concentraciones de DBO<sub>5</sub> aplicando la ecuación (13).

$$DBO_5 = \frac{(D1-D2)*Vol\ de\ la\ botella}{ml\ de\ muestra} \quad (13)$$

Dónde:

D1: OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación, mg/l.

D2: OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C, mg/l.

### *Método respiro-métrico (oxitop)*

Determine el Vol de la muestra y el factor de multiplicación según lo establecido en la **Tabla 10**.

TABLA 10.

*Factores de escala según volúmenes y DBO esperados para el método de medición respiro-métrico.*

DBO máxima esperada (mg/l)	Volumen de Muestra (ml)	Factor de multiplicación
0 – 40	432	1
0 – 80	365	2
0 – 200	250	5
0 – 400	164	10
0 – 800	97	20
0 – 2000	43.5	50

**Fuente:** Autores.

### Cuestionario

- Indique el fundamento químico del procedimiento analítico y las reacciones que se llevan a cabo.
- ¿Qué aplicación tiene este parámetro en el ámbito ambiental?
- Compare los resultados con normativas colombianas e internacionales.

## Unidad 2.

Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

### Práctica 8.

#### Subsistema Litosférico— Parámetros del suelo I

##### Objetivos

##### *Objetivo general*

Determinar el contenido de humedad, granulometría y textura de una muestra de suelo.

##### *· Objetivos específicos*

- Establecer el tipo de suelo de la muestra estudiada según los resultados granulométricos.
- Relacionar los resultados del parámetro de la humedad con la productividad del suelo.
- Reconocer el manejo instrumental y análisis del parámetro de textura.

## Marco teórico

La humedad en el suelo está en función del clima, la topografía y la conformación del suelo, permite establecer el posible contenido de agua y relacionarla con las condiciones climáticas de la localidad.

La granulometría es un valor que describe en porcentaje los diversos diámetros de los granos, permite estimar la porosidad del suelo, tomado como base para especular acerca del posible contenido de agua y aire presente en la muestra.

El conocimiento de la textura permite evaluar los componentes de arena, limo y arcilla en una muestra de suelo; si están presentes y en qué proporción. Gracias a esta importante propiedad podemos determinar qué tan fértil es un suelo, que tanto puede retener el contenido de agua, el contenido de materia orgánica y otras propiedades.

## Materiales e insumos

Reactivo	Material	Equipos
Hexametáfosfato de sodio	Espátula	Horno de calentamiento
Carbonato de sodio	Capsulas de porcelana	Balanza analítica
Muestras de suelo	Desecador	Planchas de calentamiento
	Set de tamices	Hidrómetro
	Batidora	Termómetro
	Probeta de 1000 ml	

## Procedimiento

### *Humedad*

Tare la cápsula, previamente secada a 105°C y enfriada en el desecador. Poner en la cápsula 10 g de suelo para muestra mineral ó 5 g para muestra con alto contenido de materia orgánica, previamente seco al aire y tamizado a 2 mm. Secar durante la noche a 105°C en el horno. Dejar enfriar la cápsula en el desecador. Pesar la cápsula con la muestra.

## Granulometría

Tome una muestra de 150 g de suelo previamente secado para evitar la formación de partículas de diámetros mayores por adhesión. Paralelamente tome el juego de tamices y organícelos de arriba a abajo en orden decreciente de diámetro (diámetro mayor arriba y diámetro menor abajo). Tome los 150 g de suelo y deposítelos en el primer tamiz y agite vigorosamente la torre hasta que este seguro que la muestra de suelo haya pasado por todos los tamices; retire el primer plato y pese el material retenido, siga agitando y retirando los platos bajo las mismas condiciones. Al finalizar la torre, debe realizar una sumatoria de los pesos obtenidos en cada plato, si la pérdida de material es mayor al 90% debe repetir el proceso. En la **Tabla 11** se puede observar la serie completa de tamices

TABLA 11.  
*Serie completa de tamices.*

Descripción	Número	Luz
Tamiz ASTM E-11	3 pulgadas	76,1 mm
Tamiz ASTM E-11	2 pulgadas	50,8 mm
Tamiz ASTM E-11v	1 pulgada	25,4 mm
Tamiz ASTM E-11	3/4 de pulgada	19,0 mm
Tamiz ASTM E-11	1/2 de pulgada	12,7 mm
Tamiz ASTM E-11	3/8 de pulgada	9,51 mm
Tamiz ASTM E-11	No. 4	4,76 mm
Tamiz ASTM E-11	No. 8	2,38 mm
Tamiz ASTM E-11	No. 10	2,00 mm
Tamiz ASTM E-11	No. 16	1,19 mm
Tamiz ASTM E-11	No. 30	595 $\mu\text{m}$
Tamiz ASTM E-11	No. 50	297 $\mu\text{m}$
Tamiz ASTM E-11	No. 100	149 $\mu\text{m}$
Tamiz ASTM E-11	No. 200	74 $\mu\text{m}$

**Fuente:** Autores.

## Textura

Se pesan 50 g de suelo seco tamizado a 2 mm y se agregan en el agitador mecánico; posteriormente se agregan 15 ml de la solución Hexa-metafosfato de Sodio y Carbonato de Sodio y agua destilada hasta completar  $\frac{3}{4}$  del volumen del vaso (en ningún momento serán más de 200ml); Se licua la mezcla por 10 minutos a velocidad media, se pasa la solución a una probeta de 1000 ml, completando a volumen. Se introduce el cepillo o embolo, y se agita vigorosamente el contenido, de tal forma que todas las partículas permanezcan en suspensión. Tan pronto se saca el agitador, se activa el cronómetro.

Se introduce el hidrómetro muy cuidadosamente y se registra la lectura transcurridos 40 segundos desde que se eliminó la turbulencia generada por el agitador. Igualmente, con el termómetro. Se registran los valores de velocidad de sedimentación y temperatura transcurrida  $\frac{1}{2}$  hora, 1 hora y 2 horas, respectivamente. Obtenidos los porcentajes de cada fracción, determinar la clase textural del suelo en el triángulo textural.

## Cálculos

### *Humedad*

Determine el porcentaje de humedad con la siguiente ecuación (14).

$$pw(\%) = \frac{pmh - pms}{pmh} \times 100 \quad (14)$$

Dónde:

$pw$  = Porcentaje de humedad del suelo.

$pmh$  = Peso de la muestra antes del secado a 105°C, g.

$pms$  = Peso de la después del secado a 105°C, g.

### *Granulometría*

Determine el porcentaje de pérdida de granulometría con la siguiente ecuación (15).



## Textura

Aplique las fórmulas (16), (17) y (18), según sea el caso

$$\% \text{ arena} = 100 - \frac{L \times (100 + pw)}{50 \text{ g}} \quad (16)$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{J \times (100 + pw)}{50 \text{ g}} \quad (17)$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{arena} + \% \text{arcilla}) \quad (18)$$

Dónde:

$L =$  Lectura del hidrómetro (corregida por temperatura) transcurridos 40 segundos.

$J =$  Lectura del hidrómetro (corregida por temperatura) transcurridas 2 horas.

$pw =$  Porcentaje de humedad en el suelo seco a 105°C (factor de corrección humedad).

## Cuestionario

- a. Investigar cuales son las consecuencias ambientales en los suelos del caribe colombiano.
- b. Investigar la importancia de cada parámetro y la influencia que tiene en otros parámetros del suelo.

## Unidad 2.

Características y comportamiento químico de los subsistemas del planeta

### Práctica 9.

#### Subsistema atmosférico— Puesta en marcha de la estación meteorológica

##### Objetivos

##### *Objetivo general*

Estudiar la estación meteorológica, su aplicación e importancia en control de calidad de aire

##### *· Objetivos específicos*

- Adquirir destreza en el montaje y puesta en marcha de la estación meteorológica.

- Identificar cada una de las diferentes variables que mide la estación meteorológica.
- Reconocer la importancia de las variables meteorológicas para el control de las emisiones atmosféricas.

## Marco teórico

### *La meteorología y climatología*

La ciencia que estudia las propiedades, los movimientos y los elementos constituyentes de las tres capas fundamentales de la Tierra (Hidrosfera, Litósfera y Atmósfera), es la *Geofísica* (Mato, 2019).

La *meteorología*, es la rama de la geofísica que estudia el comportamiento, fenómenos y leyes del estado del tiempo. Se basa en diferenciar entre los acontecimientos actuales y su evolución denominado tiempo atmosférico (Rivas, 2018).

Los eventos durante un largo periodo y sus condiciones atmosféricas se conocen como *clima*. En este sentido, la *meteorología* es una ciencia coadyuvante de la *climatología* ya que las variables meteorológicas se usan para predecir el tiempo y definir el clima (Jimén, 2011).

### *Ramas de la Meteorología*

La meteorología tiene unas ramas que son:

- La *meteorología sinóptica*: es el estudio (predicción, análisis y descripción) de las variables reportadas diariamente del estado atmosférico a gran escala.
- La *meteorología dinámica*: estudia los movimientos en la atmósfera y su evolución en el tiempo, se basa en las leyes de la física de los fluidos y su mecánica.
- La *meteorología física*: observa la estructura y composición de la atmósfera, así como las propiedades eléctricas, radioactivas, termodinámicas y otras.
- La *micro meteorología*: analiza los cambios de las variables meteorológicas cerca de la Tierra en un área pequeña (Petterssen, 1968).

## Materiales e insumos

Equipo	Variables
Anemómetro y veleta	Velocidad y dirección del viento
Pluviómetro	Precipitación
Sensores	Temperatura
Panel solar	Radiación solar
Consola central y datalogger	Humedad
	Presión

Evidenciar las piezas de la estación meteorológica en la **Figura 24**.



**Figura 24.** Piezas de la estación meteorológica.

**Fuente:** Autores.

## Procedimiento

### *Reconocimiento del instrumento*

- Identifique cada uno de los componentes de la estación meteorológica, los equipos y/o piezas de medición con su respectiva unidad de medida. (Anemómetro, Pluviómetro, Sensor solar, Panel solar, sensor de temperatura, Protector de radiación, Trípode, Consola).
- Observe el lugar de instalación y sus condiciones generales.
- Que sea verdaderamente representativo de la zona.
- No debe estar sobre o cerca de laderas muy inclinadas, depresiones o zonas expuestas a erosiones.
- No debe estar cerca de fábricas o carreteras de asfalto porque son focos de caloríficos.
- Debe estar alejado de autopistas y ferrocarriles por las vibraciones.
- El suelo debe estar cubierto de césped.
- El terreno debe ser circulado por malla metálica.
- El equipo debe estar alejado de cualquier obstáculo y arborización.

## Cálculos

- Organice los datos meteorológicos suministrados por el profesor según el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire (**Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010**) en Excel, realizando promedios horarios y diarios para cada variable meteorológica y sus respectivas gráficas.
- Investigue y analice la relación de las variables entre sí, de acuerdo a los resultados arrojados en la matriz de correlación.

## Cuestionario

- a. ¿A qué tipo de estación meteorológica pertenece la empleada en esta práctica?
- b. ¿Qué es la Organización Meteorológica Mundial?
- c. ¿Qué relación tiene el estudio de las variables meteorológicas con el cambio climático?
- d. ¿Qué es el efecto Invernadero?

## Referencias

- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G. y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15–27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Castro, R. y Pérez, R. (2010). Saneamiento básico. En, R. Castro y R. Pérez, *Saneamiento Rural y Salud/Guía para Acciones a Nivel Local* (Capítulo 4, pp. 66–103). Guatemala: Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2010/Sanamiento-Capitulo4.pdf>
- Custodio, M. y Pantoja, R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(02), 130–137. <https://doi.org/10.18259/acs.2012015>
- Christian, G. (2009). *Química analítica*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Fernández, Q. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170. Recuperado de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/fernandez.pdf>
- Gorchev, H. G. & Ozolins, G. (1984). WHO guidelines for drinking- water quality. *WHO Chronicle*, 38(3), 104–108. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6485306/>
- Glynn, H. y Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Mexico, D.F.: Pearson Education.
- Harvey, D. (2002). *Química analítica moderna*. Barcelona: McGraw-Hill.
- Jimen, M. L. (2011). Principios de la metereología y climatología. Madrid: Paraninfo.

- Morales, E., Reyes, J., Quiñonez, L. y Milla, M. (2019). Efecto del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la depuración del agua residual del colector Santa Lucia -Chachapoyas. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 19–15. Disponible en <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2673>
- Martínez, M. y Osorio, A. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143–155. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- Mato, J. R. (2019). El geosistema terrestre, elementos constitutivos, litósfera hidrósfera, atmósfera y biósfera. Aplicación Didáctica. [*Tesis licenciatura*]. Escuela Profesional de Ciencias Sociales, Lima, Perú. Disponible en <https://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/3690>
- OPS. (2013). *Guía Rápida para la Vigilancia Sanitaria del Agua*. Santo Domingo, D.N.: OPS/Ministerio de Salud Pública. Disponible en <https://iris.paho.org/handle/10665.2/4341>
- Petterssen, S. (1968). *Introducción a la metereología*. Baja California: Mexicali.
- Ramos, J. M., Bermúdez, A. y Rojas, T. (2018). Contaminación odorífera: causas, efectos y posibles soluciones a una contaminación invisible. *Innovación y Ciencia*, 25(1), 165–180. Disponible en [https://innovacionyciencia.com/articulos\\_cientificos/contaminacion-odorifera-causas-efectos-y-posibles-soluciones-a-una-contaminacion-invisible](https://innovacionyciencia.com/articulos_cientificos/contaminacion-odorifera-causas-efectos-y-posibles-soluciones-a-una-contaminacion-invisible)
- República de Colombia. Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo Territorial. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. [*Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire*]. Bogotá. D.C.: Minambiente. Recuperado de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion\\_atmosferica/Protocolo\\_Calidad\\_del\\_Aire\\_-\\_Manual\\_Operación.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Operación.pdf)
- Rivas, D. (2018). El clima, caracteres, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica. [*Tesis licenciatura*]. Escuela Profesional de Ciencias Sociales, Lima, Perú. Disponible en <http://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/4103>

- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Revista Pensamiento Actual*, 9(12), 125–134. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842>
- Santamaría, E., Álvarez, F. y Zamora, M. (2015). Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la concentración durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*, 5(1), 13–26. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2015.01.02>
- Skoog, D. & West, D. (1986). *Introducción a la química analítica*. Barcelona: Reverté.

# Anexos

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC  
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL

## 4. FORMATO DE INFORME DE LABORATORIO TÍTULO DE LA PRÁCTICA

*Nombre de los estudiantes. En orden alfabético y de la siguiente forma: Pérez-Pérez, P.*

*Nombre de la asignatura, Grupo XX, Programa de XXX, Universidad de la Costa CUC*

*Correo electrónico de los integrantes del grupo. DEBE SER EL DE LA UNIVERSIDAD*

*Nombre del profesor*

*Fecha de realización de la experiencia*

### RESUMEN

*Deben incluir un resumen de toda la práctica, desde el inicio de la misma hasta los resultados obtenidos y si se cumplió o no con la experiencia. Máximo 180 palabras*

*Palabras claves:*

### ABSTRACT

*Resumen en inglés. OJO CON LOS COPY-PASTE DE GOOGLE*

*Keywords:*

### 1. INTRODUCCIÓN

*Esta debe incluir los objetivos inmersos.*

### 2. MARCO TEÓRICO

*Debe estar abreviado y redactado, máximo 2 páginas.*

### 3. METODOLOGIA

*En esta se deben incluir: Materiales, Insumos, equipos y Reactivos que se utilizaron en la práctica. Además de la descripción de cada uno de los métodos que se utilizaron. También debe incluir fotos de la experiencia realizada*

### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIONES

*En esta sección se deben incluir los resultados obtenidos en la práctica. Adicionalmente el análisis de estos mismos según la normativa vigente y otras referencias que los estudiantes DEBEN consultar. Las tablas, cálculos, gráficos y similares se colocan en la sección ANEXOS, en esta sección solo se referencian estos.*

LA LECTURA DE RESULTADOS NO CUENTA COMO ANÁLISIS

### 5. CUESTIONARIO

*Se deben responder las preguntas que se incluyen en cada guía. Se debe redactar la respuesta y NO COPIAR Y PEGAR.*

### 6. CONCLUSIONES

*Acá se deben incluir todas las conclusiones que los estudiantes puedan sacar de la experiencia y el cumplimiento de los objetivos de la misma y de qué manera se cumplieron.*

### 7. BIBLIOGRAFÍA

*Las referencias deben ir en formato APA, y deben adicionar más referencias de las que aparecen en la guía. Se exige un mínimo de 10 referencias que se deben evidenciar durante el desarrollo del informe.*

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC**  
**DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL**

---

**ANEXOS**

En esta sección se adicionan todas las tablas y gráficas que se generen de la práctica. Adicionalmente, se adicionan los cálculos que se generen de la práctica. Estos deben estar debidamente referenciados y deben estar interconectados con las secciones anteriores.

**CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA INFORMES DE LABORATORIO:**

- ✓ CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS
- ✓ MARCO TEÓRICO
- ✓ METODOLOGÍA
- ✓ RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
- ✓ CONCLUSIONES
- ✓ ANEXOS

**NOTA 1: CADA PROFESOR ES LIBRE DE ESTABLECER LA PONDERACIÓN DE CADA UNO DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL INFORME**

**NOTA 2: LA NO REFERENCIACIÓN DENTRO DEL DOCUMENTO TENDRÁ COMO CALIFICACIÓN TOTAL CERO CERO (0,0) Y SU RESPECTIVO PROCESO DISCIPLINARIO.**

**NOTA 3: SE DEBE INCLUIR MÍNIMO UNA REFERENCIA DE LA BIBLIOTECA Y UNA DE CONSULTA ESPECIALIZADA. ESTO ES OBLIGATORIO POR LO QUE SE DEBE ANEXAR EL SOPORTE DE CONSULTA Y PRÉSTAMO DENTRO DE LOS ANEXOS (CORREO SOPORTE DEL PRÉSTAMO Y CAPTURA DE PANTALLA DE LA CONSULTA EN BASE DE DATOS). LA NO INCLUSIÓN DE ESTO ACARREARÁ UNA CALIFICACIÓN DE CERO CERO (0,0)**

### **Erika Esperanza Arbeláez Silva**

Técnico Profesional en Laboratorio de la Corporación Instituto de Artes y Ciencias-CIAC (ahora Corporación Universitaria Latinoamericana-CUL). Ingeniera Ambiental de la Universidad de la Costa CUC (Colombia). Profesor Asistente y responsable del Centro de Investigaciones en Tecnologías Ambientales-CITA de la Universidad de la Costa CUC. Miembro del grupo de investigación en Gestión y Sostenibilidad Ambiental-GESSA.

### **Erika Patricia Blanco Donado**

Investigador Junior de Colciencias. Ingeniera Ambiental. Especialista en Gestión Ambiental Empresarial. Magister en Desarrollo Sostenible. Investigador del Departamento de Civil y Ambiental. Colíder del grupo de investigación de Estudios en Saneamiento y Ambiental-GESSA. Líder del grupo de investigación de Procesos Industriales Sostenibles-FPI. Coordinador de semillero de investigación de Evaluación y Control de la Contaminación Atmosférica-GECCA. Líder de sublínea de investigación en estudios e investigaciones en atmosfera.

### **Ana Lucia Duarte González**

Ingeniero Ambiental. Especialista en Gestión Ambiental Empresarial. Magister en Desarrollo Sostenible. Docente investigador del Departamento de Civil y Ambiental adscrito al Grupo de Gestión y Sostenibilidad Ambiental- GESSA y al semillero de investigación en Ecotoxicología de la Universidad de la Costa CUC (Colombia). Coautor de varios artículos en revistas indexadas en temas de calidad de aire.

### **Yuleisy Paola Núñez Blanco**

Magister en Desarrollo Sostenible e Ingeniera Ambiental de la Universidad de la Costa CUC (Colombia). Cuenta con experiencia como Docente-investigadora universitaria, asesora y tutora en trabajos de investigación y ponente en eventos académicos del área ambiental. Además ha elaborado producciones bibliográficas resultados de investigación como aporte a la ciencia y sociedad.