

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	1/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Manual de prácticas del laboratorio de Ingeniería Ambiental I

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. José Salvador Salinas Telésforo M.I. Alba Beatriz Vázquez González M.E. Natasha Carime Villaseñor Hernández Dr. Enrique César Valdez	M.I. José Salvador Salinas Telésforo M.I. Alba Beatriz Vázquez González M.E. Natasha Carime Villaseñor Hernández Dr. Enrique César Valdez	M.I. Marisol Alfonso Romero	7 de Febrero de 2025

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	2/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Índice de prácticas (*)

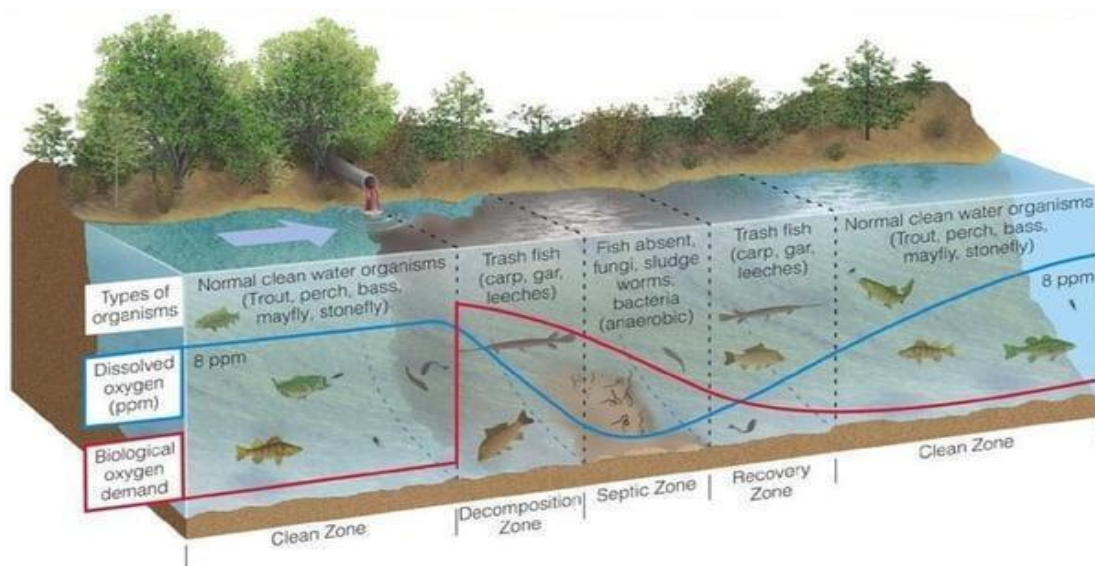
No.	Nombre de la práctica	Página
1	Aplicación del principio de la conservación de la masa a la predicción de impactos: reactores	3
2	Estratificación Térmica	15
3	Microbiología	23
4	Transferencia de gases: Ley de Henry	33

(*) El presente Manual de Laboratorio, si bien se fundamenta en las indicaciones establecidas en la normatividad aplicable, estas han sido adaptadas didácticamente a las necesidades propias del laboratorio. Y no sustituye a las normas, por lo que se recomienda su consulta.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	3/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica # 1

Aplicación del principio de conservación de la masa a la predicción de impactos: reactores



Tomado de: https://blog.structuralia.com/hs-fs/hubfs/Imported_Blog_Media/Depuracin3-5.jpg?width=900&height=537&name=Depuracin3-5.jpg

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	4/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

No.	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Parrilla con agitación	Tensión eléctrico/daño
2	Vidrio roto	Cortadura y derrame
3	Piso mojado	Resbalar

Equipo de protección personal, que portará el alumnado.



Bata

2. Objetivos de aprendizaje

Verificar la aproximación del modelo matemático de un sistema abierto que contiene una sustancia conservativa, con respecto al modelo físico operado en el laboratorio, a partir del principio de conservación de la masa.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	5/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción

Gracias al ciclo natural del agua, los ríos, lagos y mares tienen una gran capacidad de autodepuración frente a las descargas producidas por la actividad humana. Esta misma facilidad de purificación y su aparente abundancia, hace que sea un sitio habitual en el que se vierten los residuos producidos por dichas actividades, por ejemplo, plaguicidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran en cantidades crecientes al analizar las aguas de diversos lugares, lo que las hace peligrosas para la salud humana y dañinas para la vida.

Por ello surge la necesidad de contar con modelos matemáticos que ayuden a determinar la concentración de diversos contaminantes y de esta manera, conocer el comportamiento físico, químico y microbiológico del agua contaminada para prever y mitigar los efectos adversos.

En la mayoría de los casos los modelos se basan en el *principio de conservación de la masa*, que establece: *en un sistema el flujo de masa entrante menos el flujo de masa saliente más o menos lo que se transforma, es igual a lo que se acumula en él.*

$$A = E - S \pm T \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Donde:

A = Acumulación

E = Entradas

S = Salidas

T = Transformaciones

Pero la acumulación es igual a:

$$A = \frac{\partial M}{\partial t} \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

donde:

$\frac{\partial M}{\partial t}$ es la variación de la masa con respecto al tiempo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	6/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Además, se tiene que: $concentración(\chi) = \frac{Masa}{Volumen} = \frac{M}{V}$ (Ecuación 1.3)

Por lo que en una dimensión se tiene:

$$A = \frac{dM}{dt} = \frac{d\chi V}{dt} \quad (\text{Ecuación 1.4})$$

Y de este modo el principio de conservación de la masa queda:

$$\frac{d\chi V}{dt} = E - S \pm T \quad (\text{Ecuación 1.5})$$

Sistema bien mezclado con sustancia conservativa

Considérese un sistema bien mezclado con las siguientes condiciones:

1. El volumen permanece constante, por lo tanto, el gasto de entrada (Q_e) es igual al gasto de salida (Q_s)

$$Q_e = Q_s = cte. = Q$$

2. Siendo un sistema bien mezclado podemos considerar que la concentración a la salida es igual a la concentración de todo el sistema

$$X_{salida} = X_{sistema}$$

3. Tratándose de una sustancia conservativa, no existen transformaciones ($T = 0$)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	7/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Por lo tanto, de $\frac{d\chi}{dt} = Q_e\chi_e - Q_s\chi_s$ tenemos que:

$$\frac{d\chi}{dt} = Q[\chi_e - \chi]$$

Definiendo el tiempo de retención como el tiempo que tarda el material desde la entrada hasta la salida del sistema sin renovarse, $\theta = \frac{V}{Q}$

La expresión queda:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\theta}[\chi_e - \chi]$$

Integrando:

$$\chi = \chi_e \left(1 - e^{-t/\theta}\right) + \chi_0 e^{-t/\theta} \quad (\text{Ecuación 1.6})$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	8/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Material, Equipo y Reactivos

Equipo	✓ Multiparamétrico ✓ Balanza digital ✓ Cronómetro ✓ Parrilla con agitación
Materiales	✓ Recipiente de plástico con despachador. ✓ Vasos de precipitados de 250 ml ✓ Vaso de precipitados de 50 ml ✓ Probeta de 1000 ml ✓ Probeta de 250 ml] ✓ Probeta de 100 ml ✓ Agitador de vidrio ✓ Espátula ✓ Manguera ✓ Piseta grande con agua destilada ✓ 3 Tinajas ✓ Franelas y jergas ✓ Agitador magnético
Reactivos	✓ Cloruro de sodio (NaCl) ✓ Bidón con agua destilada

5. Desarrollo

Cada equipo realizará simultáneamente las actividades 1 y 2.

Actividad 1

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	9/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Medir 3 L de agua de la llave en el recipiente de plástico con despachador y poner una marca visible a la altura encontrada para señalar el nivel. Siguiendo las indicaciones del profesorado. En un vaso de 250 [ml] tomar un volumen de muestra suficiente para introducir el electrodo y medir la concentración de sólidos disueltos totales (TDS). Regresar el agua al recipiente de plástico con despachador.
2. Medir con la probeta de 250 [ml] el volumen de agua que tarda en salir durante cierto tiempo [s], para conocer el **gasto de salida**. Regresar el agua a la cubeta.
3. Realizar una tabla con los valores de al menos 5 mediciones para calcular el gasto (Q) y su promedio.
4. Conectar la manguera a la llave de agua, abrir la llave y ajustar el gasto de entrada, hasta hacerlo coincidir con el gasto de salida, obtenido del promedio de mediciones de caudal.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{(Ecuación 1.7)}$$

Tabla 1. Determinación del gasto promedio

Evento	Volumen [L]	Tiempo [s]	Q [L/s]
1			

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	10/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

...etc.			
Gasto promedio de salida Q			

Actividad 2

1. Medir entre 3 a 5 g de cloruro de sodio (NaCl) y disolver en agua tomada del recipiente con despachador.
2. Asegurar, que el nivel correspondiente a los 3 L permanezca constante.
3. Una vez determinado el gasto de salida colocar el agitador magnético y encender la agitación. Adicionar la disolución al recipiente de plástico con despachador.
4. Introducir el conductivímetro (multiparamétrico) y medir la concentración de sólidos disueltos totales (TDS).
5. Armar el dispositivo de un reactor de flujo continuo como se muestra en la Figura 1.1.

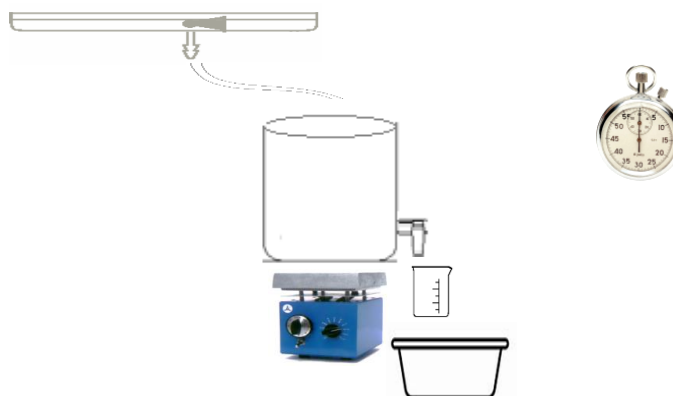


Figura 1.1. Reactor de flujo continuo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	11/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Llevar la manguera al recipiente de plástico con ayuda de una probeta y simultáneamente abrir la llave del despachador e iniciar la medición de tiempo con el cronómetro.
7. Tomar una muestra del despachador cada 30 segundos en diferentes vasos de 250 [ml] e introducir el multiparamétrico para medir la concentración de sólidos disueltos totales. Es importante enjuagar el electrodo del multiparamétrico entre cada medición y al final del experimento.

Actividad 3

1. Realizar las siguientes actividades e incluir siempre la memoria de cálculo:
 - a) Elaborar la tabla 2, donde se registren los datos iniciales antes de la prueba:

Tabla 2. Información de la prueba

Concentración del agua sin sal X_e [mg/L]	Concentración inicial de la mezcla X_0 [mg/L]	Flujo [L/s]	Tiempo de retención Θ [s]

- b) Elaborar la tabla 3, donde se registren los datos del desarrollo de la prueba:

Tabla 3. Concentraciones experimentales

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	12/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Evento	Tiempo [s]	Concentración X [mg/L]

- c) Elaborar la tabla 4 y comparar los datos obtenidos experimentalmente con los que proporciona el modelo matemático del sistema bien mezclado conteniendo una sustancia conservativa y calcular el porcentaje de error de la prueba.

Tabla 4. Comparativa de concentraciones experimentales y teóricas.

Tiempo [s]	X teórica [mg/L]	X experimental [mg/L]	% error (%e)

$$\%e = \left| \frac{X_{teórica} - X_{experimental}}{X_{teórica}} \right| \times 100 \quad (\text{Ecuación 1.8})$$

- d) Con los datos de la tabla 4 construir una gráfica, comparando los resultados experimentales y los resultados teóricos.
- e) Con los datos de la tabla 4 construir una gráfica, comparando los resultados experimentales y los resultados teóricos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	13/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Análisis de resultados

1. Realizar el análisis de cada uno de los resultados, mencionar las posibles causas de las desviaciones de estos, así como su implicación directa o indirecta con cada uno de los objetivos.
2. Además del análisis utilizar las siguientes preguntas como guía.
 - ¿Consideras que el modelo matemático describe correctamente el comportamiento de la concentración de la sal dentro del sistema?
 - De acuerdo con el modelo matemático ¿Cuál sería la concentración en el sistema después de un largo tiempo?
 - De acuerdo con los resultados que se obtuvieron del experimento ¿se logró alcanzar esa concentración? De no ser así ¿en cuánto tiempo crees que se hubiera alcanzado?

7. Conclusiones

1. Generar la conclusión correspondiente basándose en la relación entre los objetivos y los resultados obtenidos.

8. Bibliografía

- Anote todas las referencias bibliográficas de internet, libros, revistas, manuales, imágenes, tablas, videos, normas, infografías, entre otras de acuerdo con la APA versión 7, empleadas en la elaboración del informe y lo solicitado en el Anexo.

9. Anexos

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	14/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

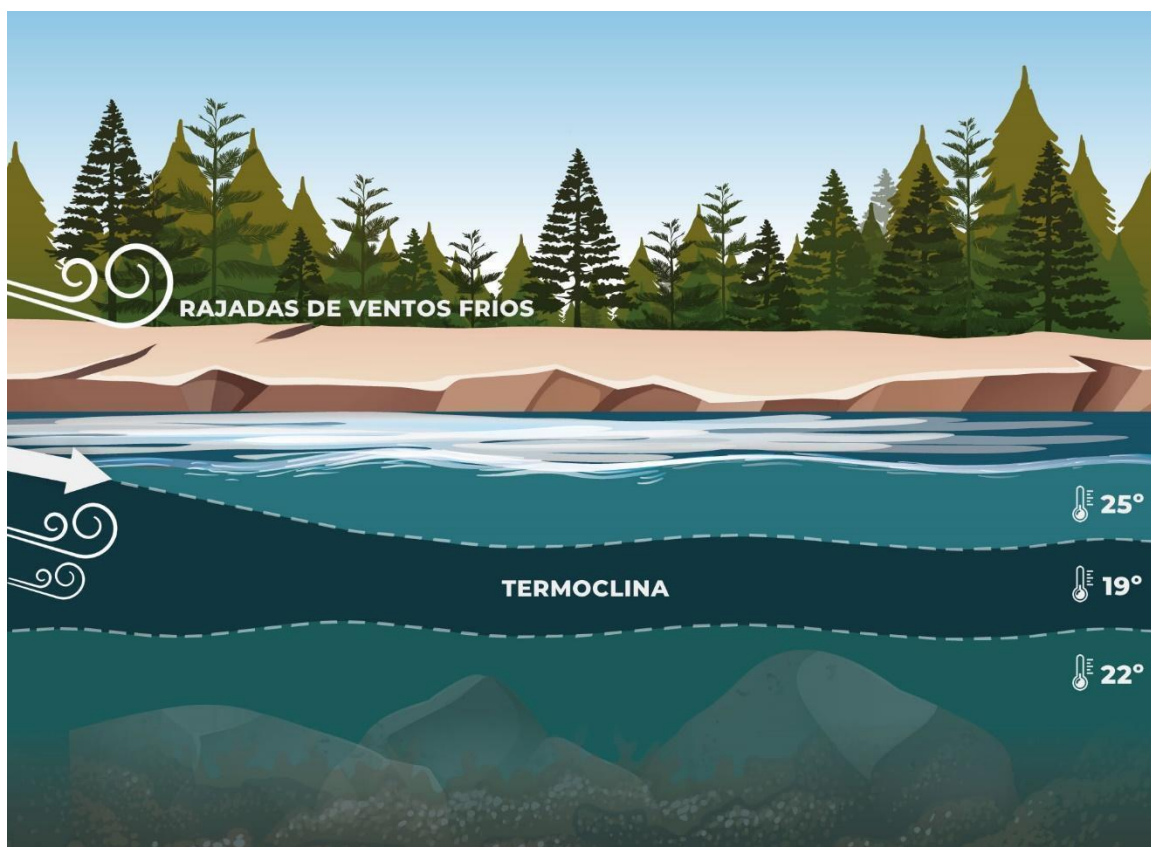
I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Explique los conceptos de tiempo de vida media, tiempo de retención, estado estable o estacionario.
2. Explique el concepto de sustancia conservativa y no conservativa. Proporcione 3 ejemplos de cada tipo de sustancia.
3. Realizar un mapa conceptual basándose en la introducción.
4. Realizar un diagrama de flujo basándose en el desarrollo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	15/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica # 2

Estratificación térmica



Tomado de: <https://oceanhub.com.br/wp-content/uploads/2020/04/img-termoclina-na-pratica.jpg>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	16/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

No	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Parrilla con agitación	Daño a equipo, eléctrico y quemadura
2	Vidrio roto	Cortaduras

Equipo de protección personal, que portará el alumnado



Bata

2. Objetivos de aprendizaje

Observar el fenómeno de estratificación térmica y los fenómenos de convección en un ambiente léntico, y comprender su influencia en los ecosistemas acuáticos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	17/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción

Una diferencia entre lagos y ríos es la característica del transporte de masas. La interacción de la temperatura, densidad y viento durante las diferentes estaciones del año produce una secuencia de modelos característicos en la *estratificación térmica* de lagos y depósitos. En latitudes templadas, los lagos experimentan una estratificación térmica dos veces al año, misma que divide al sistema en capas y restringe el transporte de masas. Los periodos de estratificación se alternan con periodos de mezcla completa en los que el transporte de masas alcanza sus máximos efectos. La restricción del transporte de masa durante la estratificación influye en la circulación de muchas especies químicas (por ejemplo: hierro, oxígeno y fósforo) y tiene efectos marcados en la calidad del agua.

La causa del proceso de estratificación térmica es la relación entre la temperatura y la densidad del agua. De particular importancia es el hecho de que la densidad máxima del agua ocurre a 3.94°C en vez de a 0°C. De esta manera, el hielo flota y los lagos se congelan de arriba hacia abajo, en vez del fondo hacia arriba, como sucedería si la densidad máxima ocurriera a los 0°C.

Durante la estratificación en verano, una capa superior de agua tibia menos densa flota sobre una capa inferior de agua fría más densa. A las capas se les clasifica por la profundidades:

- Epilimnion*, la capa tibia superficial que se halla bien mezclada con respecto a la temperatura;
- Metolimnio*, la región de transición donde la temperatura cambia en promedio a razón de 1°C por cada metro de profundidad; y el
- Hipolimnio*, la capa fría del fondo que también está bien mezclada con respecto a la temperatura.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	18/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El plano del *metalimnio* donde el gradiente de temperatura – profundidad es más pronunciado se denomina la *termoclina*.

La estratificación y el mezclado siguen un patrón estacional predecible. En el invierno, el lago presenta estratificación térmica y las aguas más densas (2 – 4°C) se localizan en el fondo. Cuando las aguas superficiales se acercan a una temperatura de 4°C en la primavera, se hacen más densas y se hunden, lo que trae a las aguas más frías a la superficie para que se calienten. El proceso de mezclado por convección, ayudado por la energía del viento y el sol, hace circular la columna de agua y aparece una condición isotérmica conocida como *cambio de primavera*.

Conforme las aguas del lago continúan calentándose a más de 4°C, el lago se estratifica térmicamente. Durante este periodo de *estratificación de verano* las aguas superficiales se hacen notablemente más cálidas y menos densas que las aguas inferiores. En otoño, la temperatura del aire disminuye y el lago pierde calor con mayor rapidez que con la que lo gana por la entrada de energía solar.

Cuando las aguas de la superficie se enfrían, se hacen más densas, se hunden y promueven la circulación por convección, con la ayuda del viento. Este fenómeno se conoce como *cambio de otoño* y se presentan condiciones isotérmicas.

Por último, cuando el lago se enfría más, las aguas frías poco densas se juntan en la superficie y el lago vuelve a entrar en la estratificación invernal. Los lagos con dos periodos anuales de estratificación (invierno y verano) y mezclado (otoño y primavera) se dice que son *dimícticos* o *de mezclado dual*.

La producción interna de materia orgánica de los lagos se ve afectada por éste fenómeno. Dicha materia orgánica se produce en las aguas superiores bien iluminadas y se va al fondo, donde se descompone. En condiciones de estratificación (transporte de masa limitado), el oxígeno que se consume en las aguas del fondo por la descomposición no se vuelve a suministrar a un ritmo importante. Si la producción y la descomposición de la materia orgánica sobrepasan a los recursos del hipolimnion, el oxígeno se reducirá.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	19/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los recursos de oxígeno de los lagos estratificados productivos y no productivos difieren considerablemente, por lo que hay contrastes muy notables. El agotamiento del oxígeno acelera la circulación de los contaminantes que residen en los sedimentos lacustres (en particular el fósforo), la generación de varios productos químicos potencialmente tóxicos que generalmente están asociados con ambientes anaerobios (NH_3 , H_2S , CH_4) y restos de peces y macroinvertebrados depositados en el fondo.

La reducción del oxígeno es uno de los problemas de calidad del agua más importantes y que comúnmente se observan en los lagos. También es importante en los depósitos donde se colocan la toma de agua potable a varias profundidades, lo que da a los operadores la oportunidad de seleccionar la mejor calidad de agua y evitar el crecimiento de algas cerca de la parte superior y la acumulación de compuestos nocivos cerca del fondo.

La estratificación térmica controla los movimientos estacionales de las masas, en aguas que de otra manera permanecerán estáticas. Como resultado, el agua produce gradientes en la calidad del agua que son imágenes del gradiente térmico mismo (por ejemplo, el oxígeno disuelto). Existe, por consiguiente, una variación vertical estacional en la calidad del agua dentro de un depósito o masas similares, así como una variación estacional en su temperatura. Es por esto por lo que la profundidad de las tomas puede cambiar para seleccionar agua de la mejor calidad disponible según los propósitos que debe cumplir.

4. Material, Equipo y Reactivos

Equipo	✓ Parrilla (Cole Palmer)
Material	✓ Vaso de precipitados de 1 [L] ✓ Pipeta volumétrica de 50 [mL]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	20/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

	✓ Propipeta automática ✓ Termómetro de alcohol ✓ Termómetro digital ✓ Matraz Erlenmeyer de 500 mL
Reactivo	✓ Solución de caolín frío ✓ Hielos con colorante vegetal ✓ Piseta con agua destilada ✓ Bidón con agua destilada

5. Desarrollo

Actividad 1

En equipos y siguiendo la guía del profesorado siga los pasos que se enumeran a continuación.

1. Medir en el vaso de precipitados 800 [mL] de agua de la llave medir y registrar su temperatura con el termómetro que indique el profesorado.
2. Simultáneamente con el punto anterior, medir con el termómetro, la temperatura de la solución de caolín frío, previamente preparada. Esta solución simulará los sedimentos y los nutrientes presentes en el lago (bentos).
3. Conectar la propipeta a la pipeta volumétrica y medir 50 mL de la solución de caolín.
4. Agregar **lentamente** con la pipeta, en el fondo del vaso de precipitados, la solución de caolín fría. Observe el interior del vaso, tome nota y realice constantemente un registro fotográfico
5. En este punto se puede observar una marcada estratificación en el vaso de precipitados.

Caso invierno (a)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	21/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Desmoldar** y colocar con mucho cuidado el hielo con color vegetal en el vaso de precipitados, evite crear turbulencia o agitación en éste.
- Observar el transporte de materia que se genera. Registra las observaciones del fenómeno.
- Medir y registrar la temperatura a diferentes profundidades (fondo, en medio y superficie).

Caso verano (b)

- Dejar derretir el hielo (hasta que el profesor indique). Mientras tanto, precalentar la parrilla colocando la perilla a 100 ° C durante 5 minutos y apagarla.
- Colocar el vaso de precipitados sobre la parrilla, cuidando de no generar turbulencia o mezclado.
- Observar el transporte de materia que se genera. Realiza un registro de las observaciones e incluye fotografías.
- Medir y registrar la temperatura final a diferentes profundidades (fondo, en medio y superficie).

Actividad 2

- Realizar una tabla comparativa de las temperaturas alcanzadas durante la prueba e incluir una columna para ilustrar.
- Explicar los fenómenos observados. (Puede apoyarse de fotografías tomadas durante el desarrollo experimental).
- Realizar una gráfica donde se aprecien las temperaturas de los estratos en los casos observados.

6. Análisis de resultados

- Realizar el análisis de los resultados, así como su implicación directa o indirecta con cada uno de los objetivos (observar y comprender).
- Explicar ¿cómo influye la estratificación térmica en la determinación de la profundidad de una toma de agua en un almacenamiento de acuerdo con su uso?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	22/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Conclusiones

1. Redactar la conclusión correspondiente basándose en la relación entre los objetivos y los resultados obtenidos.

8. Bibliografía

- Anote todas las referencias bibliográficas de internet libros, revistas, manuales, imágenes, tablas, videos, normas, entre otros documentos, de acuerdo con la APA versión 7, empleadas en la elaboración del informe y lo solicitado en el Anexo.

9. Anexos

I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Realizar un mapa conceptual basándose en la introducción.
2. Realizar un diagrama de flujo basándose en el desarrollo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	23/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica # 3

Microbiología



Imagen tomada de: https://es.123rf.com/photo_69180143_micrograf%C3%ADa-que-muestra-las-porciones-de-diversos-microorganismos-de-agua-dulce-en-luz-posterior.html

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	24/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

No	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Microscopio	Daño a equipo, eléctrico
2	Vidrio roto	Cortadura/pérdida de material

Equipo de protección personal, que portará el alumnado



Bata

2. Objetivos de aprendizaje

Observar e identificar muestras de interés sanitario sometidas a técnicas naturales y de tinción, reconociendo la importancia del uso del microscopio en esta actividad.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	25/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción

Microscopio

El microscopio es un instrumento que permite aumentar el tamaño de un objeto un número determinado de veces. Existen dos grandes tipos de microscopio: el microscopio óptico (que usa luz) y el microscopio electrónico (que usa electrones). El microscopio óptico fue el instrumento que llevó al descubrimiento de la célula, mientras que el microscopio electrónico, dado su enorme poder de resolución, permitió establecer una descripción detallada de las estructuras subcelulares (organelos).



Figura 3. 1. Microscopio y sus componentes.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	26/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 3.1 Relación de componentes y función dentro del microscopio.

Parte del microscopio	Función
Fuente de luz o lámpara	Ampolleta que proporciona los rayos de luz
Lente condensador	Concreta los rayos de luz
Diafragma	Regula la cantidad de luz que llega a la muestra
Platina y pinza	Sostienen la placa a observar
Controles X e Y	Mueven la placa en los ejes X e Y
Tornillo macrométrico	Mueve la platina hacia arriba o hacia abajo, permite el enfoque grueso de la muestra
Tornillo micrométrico	Permite el enfoque fino de la muestra
Lentes objetivos	Proporcionan diferentes grados de aumento (4x, 10x, 40x y 100x)
Revolver	Sostiene los lentes objetivos y permite rotarlos
Lente ocular	Proporciona una magnificación de 10x

Identificación de microorganismos

Para identificar a los microorganismos se utilizan principalmente los frotis sin tinción y las tinciones.

a) Frotis sin teñir

Se denomina frotis a la extensión que se realiza sobre un portaobjetos de una muestra o cultivo con objeto de separar lo más posible los microorganismos, ya que si aparecen agrupados en la preparación es muy difícil obtener una imagen clara y nítida.

b) Frotis naturales

Colocar una pequeña gota de agua en el centro de un portaobjetos limpio. Es necesaria muy poca cantidad de agua, ya que en el extremo curvo de su filamento queda retenida una mínima gota de agua, que resulta suficiente.

c) Tinciones, se presentan dos opciones:

i) Tinción de Gram

La tinción de Gram desarrollada por Christian Gram en 1884 es la más utilizada hoy en día en el laboratorio de microbiología para la identificación de bacterias Gram positivas y Gram negativas.

Fundamento

1. Tinción inicial. Las células se tiñen con cristal violeta, el cual es el colorante primario. En este paso todas las células se tiñen de morado.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	27/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Mordente. Se adiciona yoduro (lugol) que reacciona con el cristal violeta y forma un complejo cristal violeta-yoduro. En este punto todas las células continúan de color morado.
3. Decoloración. Se adiciona un solvente no polar, el cual actúa lavando el complejo cristal violeta-yoduro de las células Gram negativas. De esta manera las bacterias Gram positivas continúan moradas y las Gram negativas quedan incolores. Este es el paso crítico de esta tinción, pues si se exagera la cantidad de solvente, se decoloran las Gram positivas y las Gram negativas no se decoloran.
4. Contratinción. Se vuelve a teñir con safranina o fucsina de manera que las bacterias Gram negativas, que habían sido decoloradas, se tiñen de rosado o fucsia (rojizo) según el colorante empleado. En tanto, las bacterias Gram positivas no son afectas con la contra tinción y permanecen moradas.

ii) Tinción: azul de lactofenol o azul de algodón

La tinción de azul de lactofenol se emplea para observar hongos.

Es una tinción simple (un sólo colorante) y como tal está basada en la afinidad del colorante por componentes de las células, en este caso por las estructuras fúngicas.

El azul de lactofenol tiene características que ayudan en la observación de estructuras en los hongos del tipo moho, obtenidos en los cultivos por aislamiento. Dichas características que lo hacen especial son:

- El fenol destruye la flora acompañante (en ocasiones junto a los cultivos de hongos, pueden crecer colonias de bacterias).
- El ácido láctico conserva las estructuras fúngicas al crear una película que las protege, provocado por un cambio de gradiente osmótico entre el interior y el exterior de dicha estructura.
- El azul de algodón tiene la capacidad de adherirse a las hifas y conidios de los hongos microscópicos.

4. Material, Equipo y Reactivos

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	28/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Equipo	✓ Microscopio óptico ✓ Microscopio estereoscópico
Material	✓ Muestras preservadas ✓ Portaobjetos ✓ Cubreobjetos ✓ Vasos de precipitados de 100 mL ✓ Pipeta Pasteur de 1mL ✓ Piseta con agua destilada ✓ Muestra de agua residual
Reactivo	✓ Agua destilada
Insumos proporcionados por el alumnado	✓ Muestra de agua * (pecera, fuente de agua, canal, charco entre otros) (*) Nota: para tomar la muestra utilice un recipiente pequeño de 100 mL estéril con tapa.

5. Desarrollo

Actividad 1

En equipos y siguiendo la guía del profesorado de acuerdo con las características del microscopio. A continuación, se presenta una propuesta de pasos para el correcto uso del microscopio, atienda cuidadosamente:

1. Colocar el objetivo de menor aumento o lupa en el eje óptico del microscopio. Si no es así, colocar en su sitio. Compruebe el sonido metálico que indica que está en su lugar. Si el condensador es ajustable y se observarán muestras teñidas, asegúrese de que esté arriba (cercano a 2 mm de la platina) y con el filtro azul puesto (el filtro azul es un dispositivo que selecciona los rayos de luz más cercanos al azul).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	29/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Prender el microscopio. Subir la intensidad de la luz si ésta es regulable y utilizar el diafragma para ajustar la cantidad de luz que pasa a través de la muestra.
3. Poner la placa sobre la platina. Desplazar por la platina y sujetar con la pinza. Si la placa está sucia, limpiar antes de colocarla. Asegurarse de colocar la muestra con el cubreobjetos hacia arriba (lámina de vidrio delgada).
4. Centrar la muestra con los controles x e y de la platina. Poner la parte coloreada o el lugar donde se encuentra la muestra en el eje óptico del microscopio (lugar por donde pasa la luz). Cierre un poco el diafragma para evitar que la luz lo encandile.
5. Observar lateralmente y, utilizando el tornillo macrométrico acercar la platina hasta casi tocar la preparación (respetando al menos unos 3 mm) o bien hasta que la platina llegue a su tope.
6. Observar a través del ocular o los oculares. Si es un microscopio binocular y es la primera vez que mira por él, ajuste la distancia interpupilar (que cada ocular quede alineado con tu pupila), cuando lo haya hecho verá un único campo centrado, de lo contrario verá dos. Con el tornillo macrométrico alejar lentamente la platina del objetivo. En una determinada posición, el espécimen aparecerá en foco.
7. Ajustar el foco con movimientos finos del micrométrico a sus ojos. Utilizar para la observación la parte central del campo visual. Centrar el espécimen si es necesario y ajustar el diafragma (o mueve el condensador) de forma que obtenga una iluminación adecuada (campo claro con iluminación homogénea, si es una muestra al fresco obtén el mayor contraste posible).
8. Para pasar a un aumento mayor, girar el revólver, hasta colocar el siguiente objetivo en el eje óptico. Realiza nuevamente el enfoque fino con el micrométrico. No utilizar el tornillo macrométrico con los objetivos de 10x y 40x, para evitar romper la muestra o dañar los lentes. Procurar no pasar al objetivo de 100x a menos que lo indique el profesor. El uso de este objetivo necesita la colocación de una gota de aceite de inmersión y una manipulación extremadamente cuidadosa para evitar romper la muestra y dañar la lente.
9. Al finalizar sus observaciones y realizar sus esquemas correspondientes, apagar la luz del microscopio (baja la potencia) y deje el microscopio en posición de reposo:
 - a) Con el objetivo de menor aumento en el eje óptico.
 - b) Con el condensador en la posición más alta.
 - c) La platina en su posición más baja.
 - d) El carro atrás centrado y apegado al brazo del microscopio.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	30/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- e) Si es oportuno, dejar el microscopio en el centro de la mesa (cuidar levantarlo y evitar los golpes o vibraciones, ya que se puede descalibrar el instrumento).

Actividad 2

- Observación de microorganismos en muestras de agua.
 - Realizar de acuerdo con el procedimiento anterior la observación e identificación de las siguientes muestras:
 - Muestras de agua.
 - Agite la muestra de agua y llene con ella la mitad del vaso de precipitados.
 - Llene la pipeta Pasteur y coloque de dos a tres gotas sobre el portaobjetos.
 - Coloque con cuidado el cubreobjetos sobre las gotas de agua y observe en el microscopio.
 - Muestras preservadas con organismos de interés sanitario.
 - Siga las indicaciones del profesorado.

6. Análisis de resultados

- Realizar la identificación de algunos protozoos observados en las diferentes muestras de agua, de acuerdo con la imagen que se encuentra al final de ésta práctica (Anexo II).

7. Conclusiones

Redactar la conclusión correspondiente basándose en la relación entre los objetivos y los resultados obtenidos.

8. Bibliografía

- Anote todas las referencias bibliográficas de internet libros, revistas, manuales, imágenes, tablas, videos, normas, entre otros documentos, de acuerdo con la APA versión 7, empleadas en la elaboración del informe y lo solicitado en el Anexo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	31/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9. Anexos

I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Definir microorganismos y ¿cuántos tipos hay?
2. Realizar el diagrama de flujo del uso del microscopio
3. Realice un mapa conceptual basándose en la introducción.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	32/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

II. Anexo II

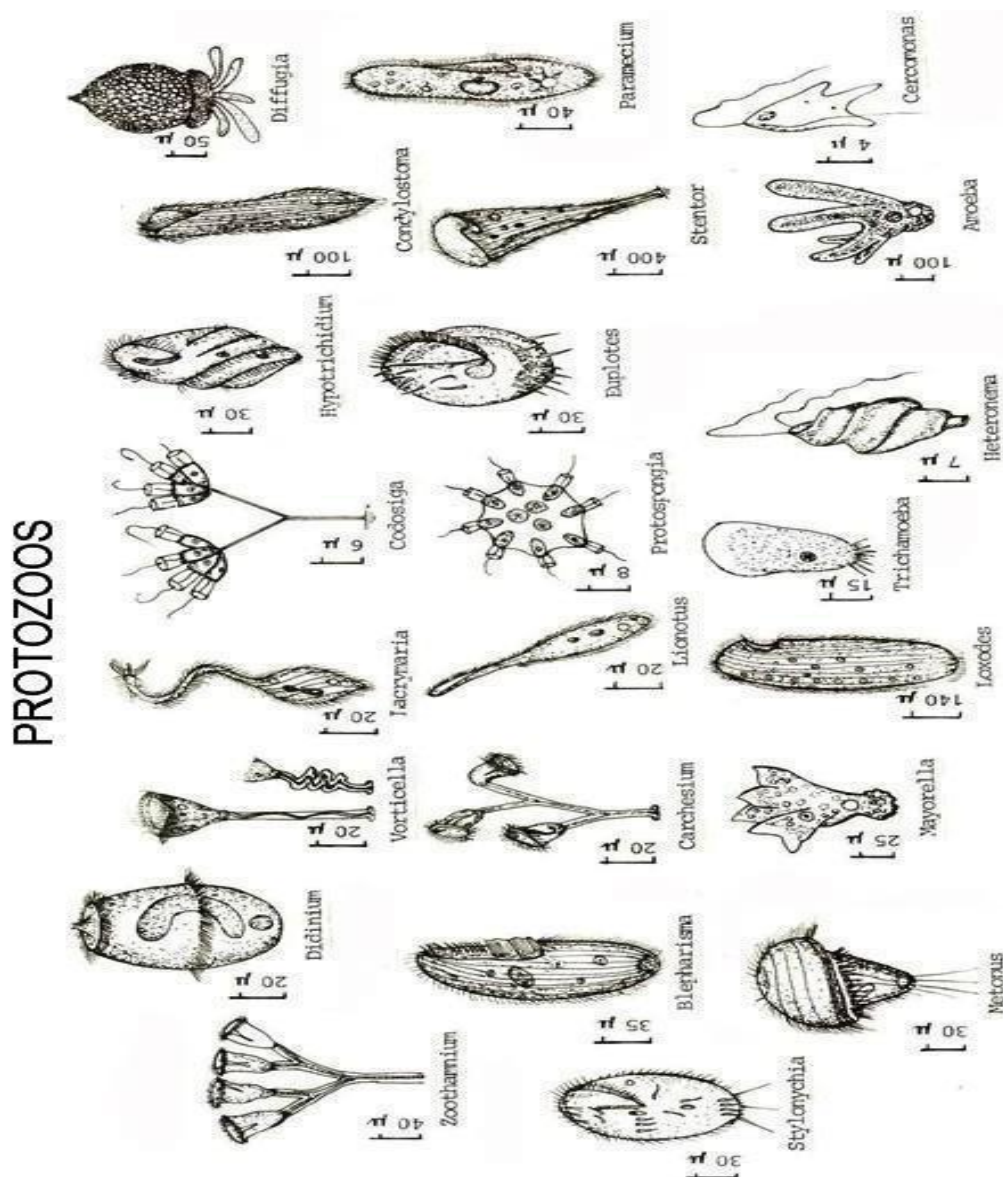


Imagen tomada de: <https://clubcienciasguayaquil.jimdofree.com/proyectos-1/observaciones-microscopicas/>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	33/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica # 4

Transferencia de gases:

Ley de Henry

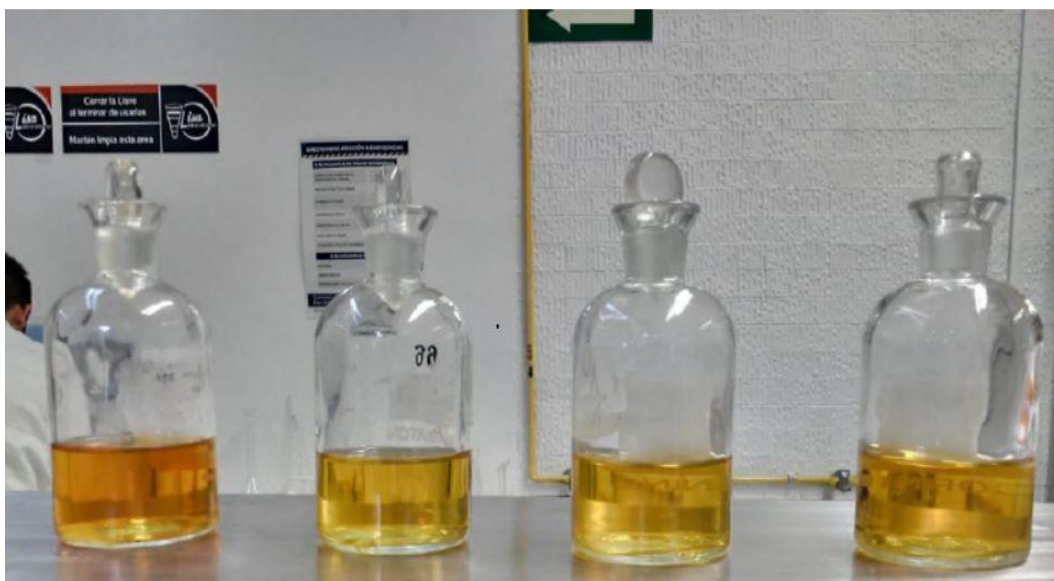


Imagen propia

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	34/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

No	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Ácido sulfúrico concentrado	Quemadura
2	Álcali-nitrato-yoduro	Quemadura
3	Vidrio roto	Cortada/derrame
4	Parrilla de calentamiento	Daño a equipo, eléctrico y quemadura

Equipo de protección personal, que portará el alumnado



Bata



Guantes de nitrilo



Lentes de seguridad

2. Objetivos de aprendizaje

Comprobar la ley de Henry, observando el efecto de la presión parcial, la temperatura y la salinidad sobre la solubilidad de un gas en el agua.

3. Introducción

La solubilidad de un gas en agua depende de:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	35/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- a) su presión parcial en la atmósfera que se encuentra en contacto con el agua.
- b) de la temperatura del agua.
- c) de la concentración de las impurezas en el agua.

La transferencia de gases dentro y fuera del agua es una parte importante de los procesos naturales de purificación. Considérese un sistema simple como el mostrado en la Figura 4.1 en el cual un recipiente con líquido es sellado con un gas sobre él. Si el líquido es inicialmente puro con respecto al gas, las moléculas de gas migrarán a través de la interfase gas-líquido y se disolverán en el líquido. Aunque algunas moléculas de gas comenzarán a dejar el líquido regresando a la fase gaseosa, la reacción neta será hacia el líquido hasta que se alcance un estado de equilibrio.

En esta condición, el número de moléculas que salen del líquido es igual al número de moléculas que entran otra vez, y se dice que el líquido está saturado del gas. El equilibrio en este caso implica un estado estacionario dinámico, no un estado estático en el que todo movimiento de moléculas de gas se detendría una vez alcanzada la saturación.

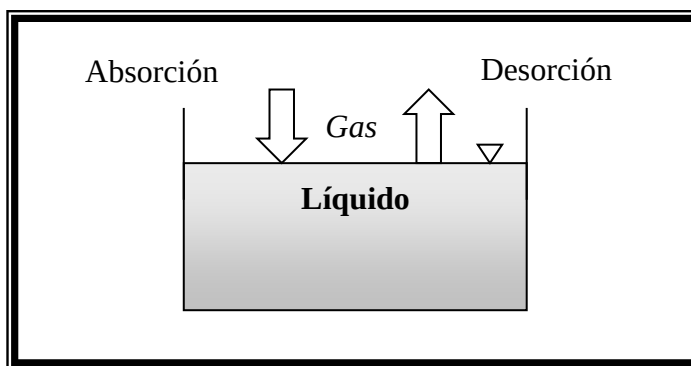


Figura 4.1 Transferencia de partículas entre la interfase gas-líquido

Fuente: "Impacto ambiental" de Vázquez & César

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	36/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La solubilidad de un gas en equilibrio con un líquido se cuantifica con la ley de Henry:
“La cantidad de gas disuelta en un líquido a una temperatura determinada es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce ese gas sobre el líquido”,
 expresado matemáticamente como:

$$\chi = \frac{P}{H} \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

Donde:

χ : es la concentración del gas en el líquido

P: es la presión parcial del gas sobre el líquido

H: es la constante de absorción o constante de Henry (función del gas, el líquido y la temperatura de éste).

Cuanto mayor sea la presión parcial de un gas sobre un líquido, mayor cantidad de gas absorberá el líquido. A menor temperatura la capacidad del líquido para absorber gases aumenta, por el contrario, con el aumento de temperatura el líquido disminuirá su capacidad para absorber gases. También la naturaleza de los líquidos es un factor importante, ya que unos son capaces de absorber más gas que otros.

Así según en qué estado esté el proceso de absorción de gases se pueden establecer los siguientes estados en los líquidos:

- ✓ **Insaturado:** Cuando el líquido es capaz de absorber más gas. La presión parcial que el gas ejerce sobre el líquido es mayor que la tensión¹.
- ✓ **Saturado:** Existe un equilibrio en la cantidad de gas que absorbe el líquido y la que elimina. La presión parcial del gas es igual a la tensión.
- ✓ **Sobresaturado:** La cantidad de gas contenida en el líquido es superior a la que puede absorber y por tanto libera el exceso de gas. La presión parcial del gas es menor que la tensión de este.

¹ Tensión: presión del gas disuelto en el líquido.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	37/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Si el espacio arriba del líquido es ocupado por una mezcla de gases, cada gas tendrá su propia fracción molar en equilibrio.

4. Equipo, Material y Reactivos

Equipo	✓ Parrilla con agitación
Materiales	✓ Vasos de precipitados de 500 mL ✓ Vasos de precipitado de 50 mL ✓ Matraces Erlenmeyer de 500 mL ✓ Probeta de 250 mL ✓ Bureta de 25 mL ✓ Soporte universal ✓ Pinzas para bureta ✓ Frasco Winkler ✓ Pipetas de plástico de 3 mL ✓ Agitador magnético ✓ Termómetro de alcohol ✓ Guantes para calor
Reactivos	✓ Cloruro de sodio (NaCl) disolución 10,000 mg/L ✓ Sulfato manganoso (Mn_2SO_4) ✓ Alkali-yoduro-nitrato ✓ Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) ✓ Almidón ✓ Tiosulfato de sodio 0.025 [M] ($Na_2S_2O_3$) ✓ Muestras de agua (fría, a temperatura ambiente, etc.)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	38/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1

En equipos y siguiendo la guía del profesorado siga los pasos que se enumeran a continuación.

1. Colocar en cada uno de los vasos de precipitados aproximadamente 500 mL de los siguientes tipos de aguas:
 - a. Agua fría
 - b. Agua caliente
 - c. Agua a temperatura ambiente
 - d. Agua a temperatura ambiente con 10000 mg/L de NaCl
2. Medir y registrar la temperatura de cada una de las muestras.
3. Determinar el oxígeno disuelto (O_2) para cada muestra utilizando el método yodométrico de Winkler:
 - 3.1 Llenar el frasco Winkler de 300 [mL].
 - 3.2 Con ayuda de su respectiva pipeta graduada, al frasco Winkler:
 - a) Agregar 2 mL de sulfato manganoso (Mn_2SO_4), tapar y escurrir el excedente. Y el oxígeno quedará fijado.
 - b) Agregar 2 mL de álcali-yoduro-nitrato, tapar el frasco derramando el excedente y mezclar invirtiendo 15 veces. Se formará un precipitado.

Si el precipitado es: { Blanco, indica ausencia de oxígeno
Café o amarillo indica presencia de oxígeno
- 3.3 Esperar a que sedimente el precipitado hasta el hombro de la botella y mezclar nuevamente invirtiendo el frasco.
- 3.4 Añadir 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) tapar, escurrir y mezclar hasta que el precipitado se disuelva.
- 3.5 Con la probeta medir 100 mL de la muestra y colocar en un matraz Erlenmeyer de 500 mL.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	39/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3.6 Agregar de 2 a 3 gotas del indicador de almidón y mezclar.

3.7 Verificar que la bureta se encuentre cerrada (llave horizontal). Llenar la bureta con tiosulfato de sodio 0.025 [M] ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hasta la marca de cero mililitros.

3.8 Dosificar el tiosulfato de sodio, abriendo la llave de la bureta a goteo, y mantener agitación manual hasta que la muestra vire al color original (contenida en el frasco Winkler), cuantificar la cantidad necesaria de tiosulfato para el cambio de color con la siguiente ecuación:

$$OD_i(\text{mg}/\text{L}) = \frac{M \times \text{ml de tiosulfato} * 8 * 1000}{98.7} \quad (\text{ecuación 4.2})$$

donde:

M = molaridad de tiosulfato

8 = gramos equivalentes de oxígeno

98.7 = volumen corregido por el desplazamiento de los reactivos, agregados a la botella tipo Winkler

Actividad 2

1. Elabore la tabla 4.1 donde se registren los datos experimentales de la prueba:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	40/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 1. Resultados experimentales

Muestra	Temperatura °C	Tiosulfato de sodio mL	Concentración de O ₂ por el Método de Winkler mg/L
Agua fría			
Agua ambiente			
Agua caliente			
Agua con sal			

2. Calcule la concentración teórica de O₂ disuelta en las muestras agua usando el modelo de Henry. Para la muestra con sal siga las indicaciones del profesorado.

$$\chi = \frac{P}{H} C \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Donde:

P = presión parcial del O₂ en el aire = (0.21 x presión atmosférica local) [atm]

H = constante de Henry obtenido del cuadro 4.1 atm/fracción molar

C = factor de conversión de moles de O₂ a mg/L

$$C = \frac{\text{moles de soluto}}{\text{moles de disolvente}} \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

$$C = \left(\frac{\text{moles de O}_2}{\text{moles de H}_2\text{O}} \right) \left(\frac{32 \text{ g de O}_2}{1 \text{ mol de O}_2} \right) \left(\frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{18 \text{ g de H}_2\text{O}} \right) \left(\frac{1000 \text{ mg de O}_2}{1 \text{ g de O}_2} \right) \left(\frac{1000 \text{ mg de H}_2\text{O}}{1 \text{ l de H}_2\text{O}} \right)$$

$$C = 1.77 \times 10^6 \text{ [mg/L]}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	41/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cuadro 4.1 Coeficientes de absorción

T °C	x 10 ⁴ (atm / fracción molar)			
	aire	CO ₂	N ₂	O ₂
0	4.32	0.073	5.29	2.55
10	5.49	0.104	6.68	3.27
20	6.64	0.142	8.04	4.01
30	7.71	0.186	9.24	4.75
40	8.70	0.233	10.40	5.35
50	9.46	0.283	11.30	5.88
60	10.10	0.341	12.00	6.29

Fuente: "Impacto ambiental" de Vázquez & César

6. Análisis de resultados

1. Comparar los datos obtenidos experimentalmente con los que proporciona el modelo matemático de la Ley de Henry y explicar las diferencias.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	42/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 2

Muestra	X teórica (a saturación)	X experimental Método de Winkler mg/L	Explicar la diferencia entre ambos valores
Agua fría			
Agua ambiente			
Agua caliente			
Agua con sal			

- Realizar el análisis de cada uno de los resultados, mencionar las posibles causas de las desviaciones de estos, así como su implicación directa o indirecta con el objetivo.
- Calcular la concentración de saturación del oxígeno en agua a una temperatura de 45°C, cuando el agua está expuesta a una presión atmosférica de 0.80 [atm].

7. Conclusiones

Redactar la conclusión correspondiente basándose en la relación entre los objetivos y los resultados obtenidos.

8. Bibliografía

- Anote todas las referencias bibliográficas de internet libros, revistas, manuales, imágenes, tablas, videos, normas, entre otros documentos, de

	Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental I	Código:	MADO-53
		Versión:	03
		Página	43/43
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	10 de febrero de 2025
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

acuerdo con la APA versión 7, empleadas en la elaboración del informe y lo solicitado en el Anexo.

9. Anexos

I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Realice un mapa conceptual basándose en la introducción.
2. Realizar un diagrama de flujo basándose en el desarrollo.