
	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	1/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
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 Evaluación de la Calidad del Aire

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M. en I. Ana Luisa Alarcón Jiménez Dr. Gilberto Fuentes García Dr. Rodolfo Sosa Echeverría	M. E. Natasha Carime Villaseñor Hernández Ing. Esp. Juanita Elizabeth Sotelo Morales Dr. Enrique César Valdez	Dra. Georgina Guzmán Rangel	1 de septiembre de 2023


	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	2/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Índice de Prácticas

		Pág.
Práctica #1	Determinación y evaluación de ozono ambiental (Método pasivo).	3
Práctica #2	Muestreo y análisis del depósito atmosférico.	15
Práctica #3	Muestreo de gases atmosféricos en aire ambiente con dispositivos pasivos.	25

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	3/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 1: Determinación y evaluación de concentraciones de ozono ambiental (método pasivo).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	4/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
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


	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Parrilla Eléctrica	Quemaduras y Corto
2	Material Roto	Cortaduras y Derrames
3	Estufa	Quemaduras y Corto

Equipo de protección personal, que deberá traer cada uno de los alumnos



2. Objetivo de aprendizaje

Determinar la concentración de ozono en el aire, en una zona urbana durante determinado tiempo, para encontrar el horario con mayor concentración de ozono.

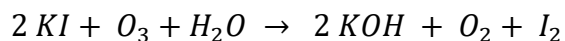
	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	5/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			


3. Introducción

El ozono en la estratósfera (a una altura aproximada de 20 km) absorbe radiación ultravioleta ayudando al desarrollo de la vida en la superficie de la Tierra; sin embargo, en la tropósfera es un contaminante secundario que afecta a la salud, los ecosistemas y materiales.

El ozono troposférico se encuentra a nivel de superficie. En áreas urbanas se produce cuando los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) reaccionan en la atmósfera en presencia de luz solar. En altas concentraciones puede poner en riesgo la salud humana y la vegetación.

El ozono es un oxidante muy fuerte que puede reaccionar fácilmente con compuestos iónicos como el yoduro de potasio (KI). Cuando se lleva a cabo la reacción se produce el hidróxido de potasio, yodo y oxígeno. La reacción entre el yoduro de potasio, el ozono y el agua se describe a continuación:




	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	6/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El yodo en contacto con el almidón colorea púrpura, lo cual, permite identificar la presencia de ozono a través de una medición colorimétrica.

4. Materiales, equipo y reactivos


<p>Material</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vidrio de reloj ✓ Espátula ✓ Papel filtro ✓ Vasos de precipitados de 100 [mL] ✓ Vasos de precipitados de 500 [mL] ✓ Agitador de varilla de vidrio ✓ Pinzas para crisol ✓ Pinzas rectas ✓ Desecador ✓ Matracas aforados de 100 mL ✓ Pissetas con agua destilada ✓ Charola de aluminio 	<p>Equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Parrilla ✓ Balanza digital ✓ Estufa <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada ✓ Yoduro de potasio ✓ Almidón ✓ Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1 M <p>Material que debe traer el grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bolsas de plástico sellables ✓ Carta psicrométrica
--	---

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	7/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
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 Elaboración del detector pasivo de ozono


1. Cortar aproximadamente 16 a 20 tiras de papel filtro, con medidas de 1 x 5 cm, y numerarlas.
2. Calentar en la parrilla, aproximadamente 200 mL de agua destilada en un vaso de precipitado de 500 mL.
3. Pesar 5 [g] de almidón en un vidrio de reloj.
4. Medir 20 mL de agua destilada fría con una probeta de 25 mL.
5. Trasvasar los 20 mL de agua destilada a un vaso de 100 mL y adicionar los 5 g de almidón. Calentar en una parrilla durante 15 min a ebullición. Posteriormente adicionar el agua destilada previamente calentada hasta 100 mL.
6. Pesar 0.5 g de yoduro de potasio en un vidrio de reloj. Disolver el reactivo en la solución de almidón y adicionar con precaución 1 mL de disolución de ácido sulfúrico 1 M.
7. Aplicar con la ayuda de un pincel, la solución de almidón-yoduro de potasio-ácido sulfúrico en las tiras de papel filtro.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	8/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8. Introducir las tiras de papel filtro, sobre una charola de aluminio, dentro una estufa durante 4 min a una temperatura de 80 °C.
9. Sacar las charolas que contienen las tiras de papel con ayuda de pinzas para crisol y dejar enfriar en un desecador durante 1 hora.
10. Almacenar las tiras de papel en bolsas de plástico herméticas y reservar hasta el muestreo.

Actividad 2 Muestreo

1. Elegir el sitio de muestreo. Es importante considerar que la exposición directa al sol de las tiras de papel interfiere en la reacción, por lo que, se recomienda seleccionar cuidadosamente el sitio de muestreo.
2. Reservar una tira de papel sin exponer, la cual será utilizada como control (blanco o referencia).
3. Exponer la tira de papel al aire ambiente, en una jornada de 7:00 a 22:00 horas.
4. Cambiar la tira de papel cada 8 horas y almacenarla en una bolsa sellable para evitar la continuidad de la reacción.
5. Registrar la humedad relativa.
6. Registrar los datos obtenidos en la Tabla 1.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	9/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 Determinación de la concentración de ozono

- Después de la exposición de las tiras de papel, comparar el color obtenido con el de la escala mostrada en la Figura 1 y asignar el número de Schönbein. Registrar los resultados en la Tabla 1.

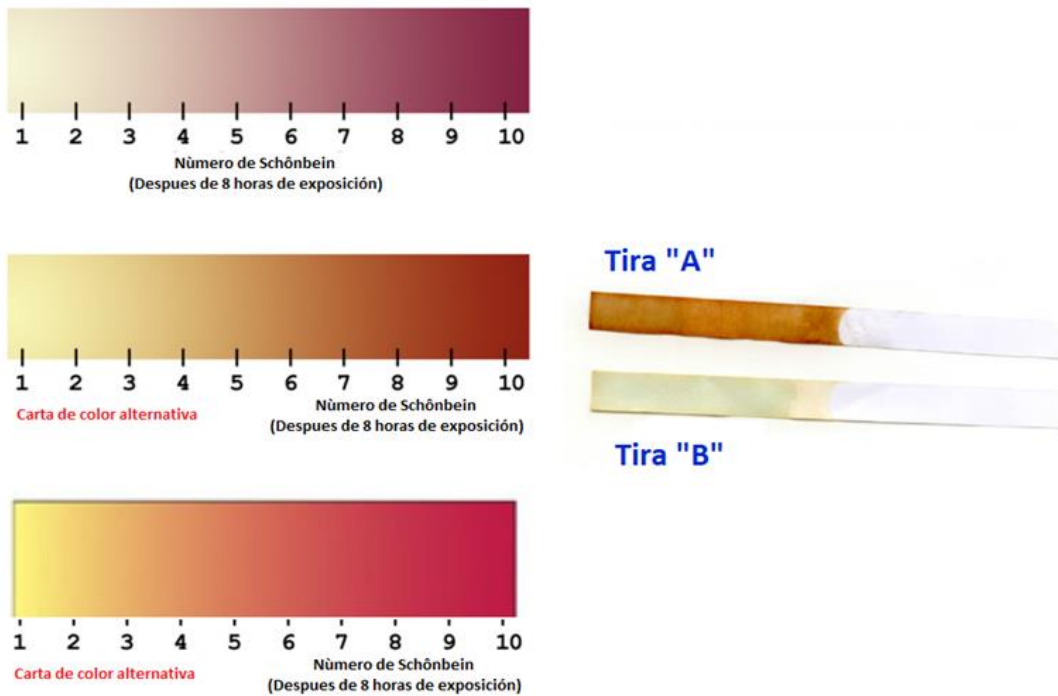



Figura 1. Escala de color para calcular el número de Schönbein después de ocho horas de exposición

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	10/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Posteriormente, a partir del número de Schönbein obtenido, traza una línea recta hacia la isolínea que corresponde a la humedad relativa del sitio de muestreo y traza una línea horizontal hacia el eje “y” para obtener la concentración de ozono en ppb (Figura 2).
3. Registra las concentraciones de ozono obtenidas en la Tabla 1.

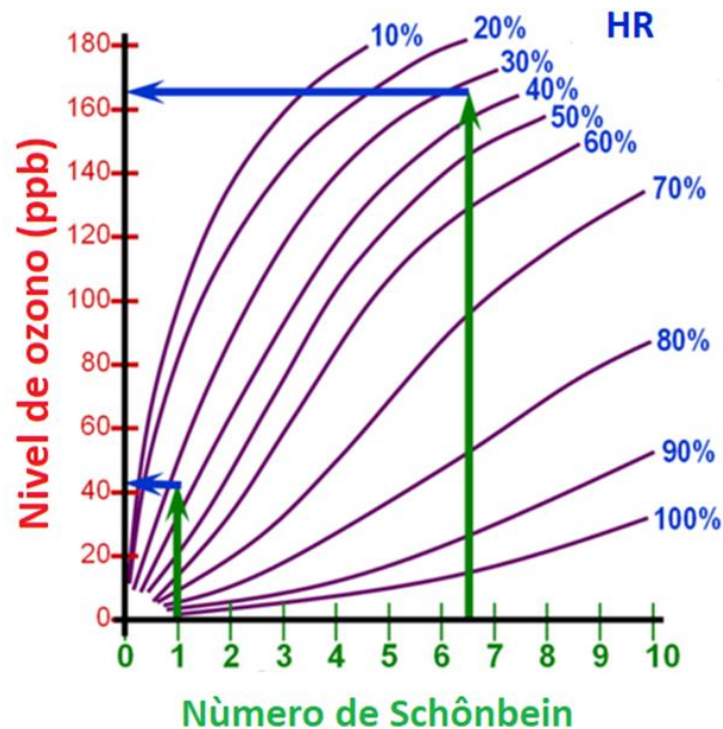


Figura 2. Nivel de ozono ambiental de acuerdo con Walter y Wood (2010)


	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	11/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 1. Concentración de ozono ambiental


No. muestra	Hora exposición	Temperatura [°C]	Humedad %	Número de Schönbein	Ozono [ppb]

- Con el porcentaje de humedad relativa y el número de Schönbein, estime la concentración de ozono en el lugar donde se ubicó el detector pasivo de ozono.

6. Resultados

Actividades

- Complementar la tabla 1 con la altura aproximada, condiciones meteorológicas durante el muestreo, así como, una descripción del sitio de muestreo.
- Elaborar una gráfica de concentración ambiental de ozono (ppb) con respecto al tiempo. Explicar la forma del gráfico resultante.
- Identifique los horarios en los que se registraron las mayores concentraciones de ozono.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	12/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			


4. Compare las concentraciones determinadas en cada muestreo con la tira de papel de referencia.
5. Comparar las concentraciones de ozono obtenidas con las tiras de papel y las registradas en la estación de monitoreo atmosférico más cercano al sitio de muestreo.
6. Investigar, ¿Cuáles son las principales fuentes precursoras del ozono, de acuerdo con el sitio de muestreo?
7. Investigar los efectos a la salud humana por exposición al ozono, de acuerdo con la concentración determinada del sitio de muestreo.

7. Análisis de resultados

1. Realizar el análisis de cada uno de los resultados, mencionar las posibles causas de las diferencias de estos, así como su implicación directa o indirecta con los objetivos.
2. Indicar cuales son los errores que se pueden cometer al realizar esta determinación y mencione algunas propuestas para mitigarlas.

8. Conclusiones

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	13/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9. Bibliografía

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

10. Anexos

I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Realice un diagrama de flujo basándose en el desarrollo.


Fuentes de consulta

Dirección de Monitoreo Atmosférico (cdmx.gob.mx)
<http://aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27akbhnmi=%27&opcion=zg==>
 (consultado en julio de 2022)

Jiménez, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Editorial Limusa.


NOM, Norma Oficial Mexicana-020-SSA1-2014. Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente y criterios para su evaluación prefacio.

SMN, Servicio Meteorológico Nacional, recuperado de:
<http://smn.cna.gob.mx/es/pronostico-del-tiempo-por-municipios>, 9 de marzo de 2017.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	14/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Vallejo, M., Jáuregui-Renaud, K., Hermosillo, A.G., Márquez, M.F., Cárdenas, M. (2003) Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la Ciudad de México. *Gaceta Médica Mexicana*, 139, 57-63

Constantino, C. A. L., Vázquez, C. A. B., Bautista, M. G. M., Ramírez, V. I. M., & Hernández, R. I. B. (2018). Evaluación de ozono ambiental en el municipio de Mineral de la Reforma, Hidalgo. *Padri Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 6(11).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	15/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2: Muestreo y análisis del depósito atmosférico

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	16/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
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


	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Material Roto	Cortaduras y Derrames

Equipo de protección personal, que deberá traer cada uno de los alumnos



2. Objetivo de aprendizaje

Determinar la presencia de un contaminante secundario (lluvia ácida) a través del muestreo del depósito atmosférico.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	17/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción


El depósito atmosférico se define como la cantidad de un compuesto o elemento que es depositado en alguna superficie (kg/ha) y se clasifica en depósito atmosférico húmedo y depósito atmosférico seco.

En presencia de cualquier evento meteorológico como lluvia, nieve, granizo, neblina se le considera como depósito húmedo; mientras que, en ausencia de los anteriores y por efecto de viento o de gravedad se considera depósito seco.

La lluvia es la forma más común del depósito húmedo y su acidez natural es de 5.6 aproximadamente en la escala de pH debido a la presencia de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, el cual al mezclarse con la humedad del ambiente produce ácido carbónico, un ácido débil.

La presencia de otros contaminantes que la industria emite a la atmósfera contiene compuestos como el dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Otros procesos pueden emitir también ácido clorhídrico (HCl) y ácido acético (C₂H₄O₂), los cuales incrementan la acidez de la lluvia, dando origen a la “lluvia ácida”, llamada así porque presenta un pH por debajo del valor de 5.6 unidades.


La lluvia ácida produce daños en los ecosistemas, monumentos arquitectónicos, y en materiales de construcción, ya que incrementa la acidez en los suelos

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	18/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

modificando su composición. Disuelve los nutrientes esenciales para las plantas y árboles, provocando daños en algunos de sus tejidos haciendo que sean más vulnerables a la invasión de plagas, disuelve los materiales carbonáceos de los cuales están construidos monumentos y edificaciones de valor histórico y patrimonial.

4. Materiales, equipo y reactivos

<p>Material y reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Botellas de polietileno de alta densidad (500 mL) ✓ Embudo de polietileno ✓ Cinchos de plástico o soporte ✓ Papel pH ✓ Probetas de 100 [mL] ✓ Vaso de precipitado de 50 [mL] ✓ Matraz kitasato de 500 [mL] ✓ Dispositivo de filtración ✓ Membranas de filtración PDMF 0.22 µm ✓ Pinzas rectas ✓ Solución de extran o similar al 2% ✓ Agua desionizada 	<p>Equipo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Medidor de pH ✓ Bomba de vacío ✓ Conductímetro <p>Material que debe traer el grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cinchos ✓ Marcadores
---	--

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	19/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
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 Acondicionamiento de material

1. Medir y registrar las dimensiones del embudo y las botellas a utilizar (Figura 1).

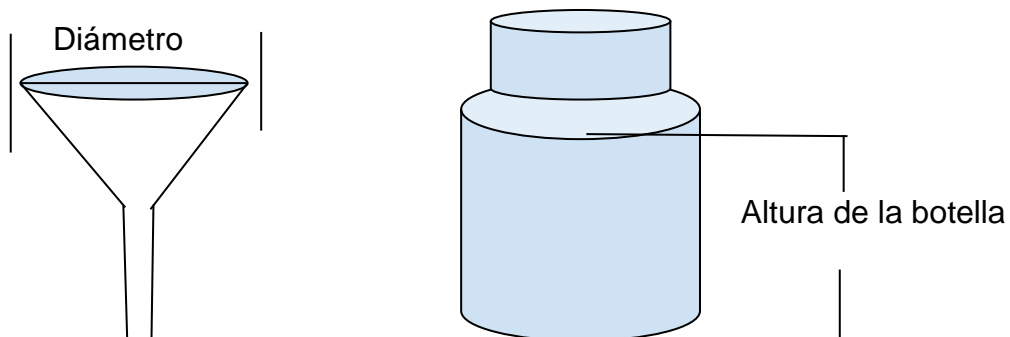



Figura 1. Ejemplo del material requerido para el dispositivo de muestreo e indicación de las medidas a registrar.

2. Preparar una solución de Extran al 2%.
3. Lavar el material (embudo, botella, vasos, probetas, etc.) con la solución preparada anteriormente y enjuagar con agua desionizada.
4. El material estará listo para usarse si, al llenar y agitar el material con agua desionizada, la medición de la conductividad eléctrica es menor a $1 \mu\text{S}/\text{cm}$.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	20/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2 Muestreo de depósito atmosférico húmedo

1. Identificar el sitio de captación para el depósito húmedo. Cuidar que el área elegida sea abierta y alejada de bajadas pluviales de techos, de árboles o vegetación.
2. Armar el dispositivo de recolección, el cual consiste en colocar el embudo de polietileno en la boca del frasco de polietileno.
3. Colocar el dispositivo de recolección en el área seleccionada a una altura mínima de 1m sobre el nivel de suelo, sujetar y asegurar el dispositivo de muestreo utilizando cinchos y/o un soporte. Durante el periodo de muestreo, establecido previamente por el profesor, recolectar diariamente el agua de lluvia en un horario de 24 horas (por ejemplo: de 9:00 am de un día anterior a 9:00 am de un día posterior).
4. Almacenar a una temperatura de 4°C para su posterior análisis, si el volumen de muestra es suficiente (mayor a 60 mL).


Actividad 3 Análisis químico de las muestras

1. Ajustar los instrumentos para el análisis de muestras (pH y conductividad)
2. Medir con la probeta de 100 mL, el volumen total de la muestra recolectada.
3. Trasvasar 25-30 mL de la muestra al vaso de precipitados.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	21/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Medir la conductividad eléctrica de las muestras recolectadas. Es importante hacer esta medición primero antes que otro parámetro.
5. Medir el valor de pH de las muestras recolectadas.
6. Registrar las mediciones obtenidas en los numerales 4 y 5.
7. Filtración de muestras recolectadas:
 - a) Medir con una probeta, el volumen de la muestra recolectada.
 - b) Colocar el soporte de borosilicato en la boca del matraz Kitasato.
 - c) Utilizar pinzas para sacar una membrana de PDMF, de 0.22 [μm] de poro, de su empaque y colocarlo sobre el soporte.
 - d) Colocar el matraz invertido en la parte superior del soporte de borosilicato y sujetarlo.
 - e) Agregar al matraz invertido, solo un poco del volumen de la muestra que se midió previamente.
 - f) Conectar la bomba de vacío en la boquilla del matraz.
 - g) Hacer funcionar la bomba de vacío hasta que toda el agua pase al matraz.
 - h) La muestra filtrada está lista para el análisis de composición iónica, mediante el uso del cromatógrafo de intercambio iónico.

Nota: El análisis de composición iónica no se realiza en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	22/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			


6. Resultados

Actividades

1. Elaborar una tabla utilizando los datos obtenidos de todos sus compañeros, agregar el sitio de muestreo (alcaldía, coordenadas, descripción de los alrededores), condiciones meteorológicas (temperatura, viento) y parámetros fisicoquímicos medidos.
2. De acuerdo con los días de muestreo, calcular el porcentaje de eventos de lluvia y registrar en la tabla diseñada previamente
3. De acuerdo con el registro de pH en la tabla, de cada sitio de muestreo, identificar aquellos eventos que mostraron un valor menor a 5.6.
4. ¿Cómo es la composición de la lluvia de acuerdo con su pH?

7. 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 los objetivos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	23/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Indicar cuales son los errores que se pueden cometer al realizar esta determinación y mencione algunas propuestas para mitigarlas.

8. Conclusiones

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

9. Bibliografía

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


10. Anexos

I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Realice un diagrama de flujo basándose en el desarrollo.

Fuentes de consulta


- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. 2020. Calidad del aire en la Ciudad de México, Informe 2018. Dirección General de Calidad del

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	24/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Aire, Dirección de Monitoreo de Calidad del Aire.

<http://www.aire.cdmx.gob.mx>

- Alarcón, A. L. (2012). Lluvia ácida en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Evaluación y trascendencia. Tesis de maestría. UNAM. México. Disponible en [Lluvia ácida en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Evaluación y trascendencia]. <https://nadp.slh.wisc.edu>
- Talaquer, V., Irazoque, G., & López, A. (2022). Lluvia ácida.
- Echeverría, R. S., Jiménez, A. L. A., Barrera, M. D. C. T., Álvarez, P. S., Hernández, E. G., Vega, E., ... & Gay, D. A. (2023). Nitrogen and sulfur compounds in ambient air and in wet atmospheric deposition at Mexico city metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 292, 119411.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	25/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3: Monitoreo de contaminantes atmosféricos en aire ambiente mediante el uso de dispositivos pasivos

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	26/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
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

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Material Roto	Cortaduras y Derrames

Equipo de protección personal, que deberá traer cada uno de los alumnos




2. Objetivo de aprendizaje

Determinar la concentración de un contaminante gaseoso en diversos puntos de la CDMX, mediante el uso de un dispositivo pasivo.

3. Introducción


El uso de dispositivos pasivos para llevar a cabo el monitoreo en aire ambiente es un método económico para determinar concentraciones de contaminantes del aire y se basa en el principio de la difusión y la absorción donde la fuerza principal es el gradiente de concentración.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	27/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los dispositivos pasivos no requieren energía, siendo una herramienta excelente para realizar muestreos en regiones de difícil acceso o con poca accesibilidad. Una ventaja adicional al diseño simple pero eficaz del dispositivo de muestreo es el uso simultáneo para cubrir varios puntos, lo que implica una disminución de costos. Sin embargo, el tiempo de resolución de esta técnica es limitado, por lo que sólo puede proveer información de concentraciones promedio de contaminantes y no es útil para la detección de valores pico o cuando se requieran valores en tiempo real.

Existen varias técnicas de muestreos pasivos disponibles o en desarrollo para los principales contaminantes urbanos (NO_2 , SO_2 , NH_3 , VOC, y O_3). Entre los muestreadores pasivos hay que diferenciar los que específicamente se utilizan en puntos fijos de muestreo, para el monitoreo de la calidad de aire, especialmente para estudios de muestreos de amplia cobertura espacial; y los pasivos personales, que la gente puede llevar puestos y se utilizan principalmente en estudios epidemiológicos, donde se puede determinar por ejemplo la exposición personal durante una jornada de 8 horas de trabajo a un determinado contaminante.

En estudios de calidad del aire, también pueden ser usados en combinación con muestreadores activos o monitores automáticos. En este tipo de estudios híbridos, el muestreador pasivo provee los datos de calidad de aire de resolución geográfica, mientras que los otros instrumentos ofrecen información relacionada con el tiempo, como variaciones diurnas de la concentración y sus niveles de concentración ambiental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	28/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			


4. Materiales, equipo y reactivos

Material	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Filtros de membrana de PDMF 2.0µm ✓ Membrana pellón de 0.47 cm de diámetro ✓ Cajas Petri ✓ Matraz volumétrico de 50 ml ✓ Matraz volumétrico de 500 mL ✓ Micropipeta (100-1000µL) ✓ Vasos de precipitado de 100mL. ✓ Matraces volumétricos de 100, 500 y 1000mL. ✓ Pipetas volumétricas de 10 y 25 mL. ✓ Propipetas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sonicador o baño de onda sónica ✓ Conductímetro (1-100µS) ✓ Potenciómetro ✓ Espectrofotómetro UV-VIS

5. Desarrollo

Actividad 1. Limpieza del dispositivo pasivo y preparación de las membranas de muestreo.

1. Colocar el dispositivo con agua desionizada en el sonicador durante 30 min (la conductividad del agua de lavado debe ser menor o igual a 1µS/cm). No use paños o papel para secar el dispositivo, elimine el agua por sacudimiento usando guantes limpios.
2. Colocar una membrana de muestreo en una caja Petri y agregue 0.5 mL de la disolución de fijación de acuerdo con el analito que se desea muestrear.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	29/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2. Armado del dispositivo y muestreo

1. Con el uso de guantes y pinzas, colocar los componentes del dispositivo como lo indica la Figura 1. Una vez armado envuelva en papel aluminio o en una bolsa metalizada para protegerlo de la luz antes de su uso.

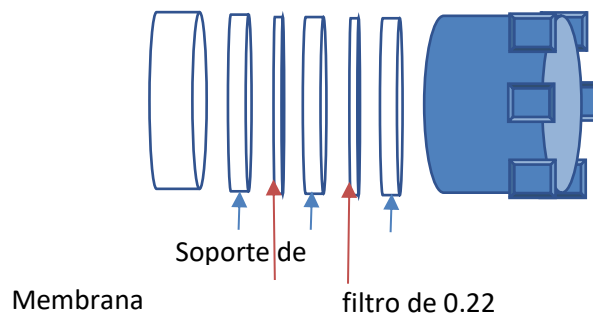



Figura 1 Dispositivo de muestreo de pasivo

Actividad 3 Muestreo

1. Seleccionar el sitio de muestreo.
2. Colocar el dispositivo en el sitio de muestreo a una distancia mínima de 1.5 m sobre el nivel de suelo en posición axial, utilizar cinchos para asegurar y evitar su caída.
3. Anotar fecha y hora, tanto de inicio como de término del muestreo.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	30/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Retirar el dispositivo después de 7 días de muestreo.
5. Envolver el dispositivo en papel aluminio o en una bolsa metalizada para protegerlo antes de su análisis en el laboratorio.

Actividad 4 Extracción


1. Con el uso de guantes y pinzas, colocar la membrana del dispositivo en un vaso de polietileno de alta densidad (HDPE) previamente lavado y enjuagado con agua desionizada.
2. Agregar 30 mL de agua desionizada y sonicar durante 30 min, vigilar que la temperatura no exceda los 50° C (use hielo si es necesario).
3. Después de concluir el tiempo de sonicación, aforar el contenido de la extracción a 50 mL.
4. Determinar la concentración del analito de interés mediante la reacción de indofenol (Anexo 1).

Actividad 5 Análisis de la extracción

6. Resultados

Actividades

1. Elaborar una tabla que incluya todos los resultados obtenidos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	31/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Estación	Fecha inicio	Hora	Fecha término	Tiempo muestreo (s)	(mg/L)	Aforo (L)	(mg/L) Totales	Coef. de difusión (cm ² /s)	Área membrana (cm ²)	L (cm)	S (cm ³ / s)	[NH ₃] (mg ^s /cm ³)	[NH ₃] (mg/m ³)

- Realizar el cálculo de la concentración con la siguiente expresión (ecuación 3.1):

$$ppm = \frac{\left(\frac{mg}{m^3}\right) * V_{molar}}{PM} \dots ec (3.1)$$


7. Análisis de resultados

- Compare los resultados obtenidos en el grupo con respecto a los diferentes sitios de muestreo.

8. Conclusiones

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

9. Bibliografía

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	32/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

10. Anexos


I. Actividades previas a la realización de la práctica.

1. Realice un diagrama de flujo basándose en el desarrollo.

II. Determinación de Amonio por técnica de Indofenol.

Reactivos, materiales y equipos


Reactivos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fosfato de sodio dodecahidratado ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). ✓ Citrato de sodio tribásico ($\text{Na}_3\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). ✓ Etilendinitrilotetracetato disódico (EDTA). ✓ Fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$). ✓ Nitroprusida de sodio ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). ✓ Hidróxido de sodio (NaOH). ✓ Hipoclorito de sodio al 3.5%. ✓ Cloruro de amonio (NH_4Cl). ✓ Ácido cítrico. ✓ Metanol. ✓ Glicerol 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua desionizada. Materiales <ul style="list-style-type: none"> ✓ Celdas de cuarzo ✓ Vasos de precipitado de 100ml. ✓ Matraces volumétricos de 100ml, 500ml y 1000ml. ✓ Pipetas volumétricas de 10ml y 25ml. Equipos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espectrofotómetro
--	--

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	33/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 1. Preparación de disoluciones

- **Disolución Buffer:** pesar 7.5gr de fosfato de sodio dodecahidratado, 7.5gr de citrato de sodio tribásico, 0.75gr de etilendinitrilotetracetato disódico. Disolver y aforar de 250ml.
- **Reactivo de Indofenol:** pesar 15gr de fenol y disolverlos con 225ml de la disolución buffer. Después de mezclarlos perfectamente, agregar 0.05gr de nitroprusida de sodio y aforar a 250ml con la disolución buffer preparada. La nitroprusida de sodio debe añadirse al final porque se volatiliza. Posteriormente, vaciar el indofenol en un frasco oscuro y refrigerarlo.
- **Disolución de hidróxido de sodio (1N):** pesar 20gr de NaOH y disolverlos con agua desionizada, aforar en matraz volumétrico de 500ml.
- **Reactivo de Hipoclorito alcalino:** agregar 7.5ml de blanqueador comercial al 3.5% en 100ml de NaOH y aforar con NaOH en un matraz volumétrico de 250ml.
- **Disolución “stock” de amonio de 1000mgL⁻¹ N:** pesar 0.3819gr NH₄Cl y disolverlos con agua desionizada, aforar a 100ml.

NOTA: El aforo deberá realizarse con agua desionizada.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	34/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2. Preparación de curva de calibración

1. Realizar lo siguiente como se indica en la Figura 1:

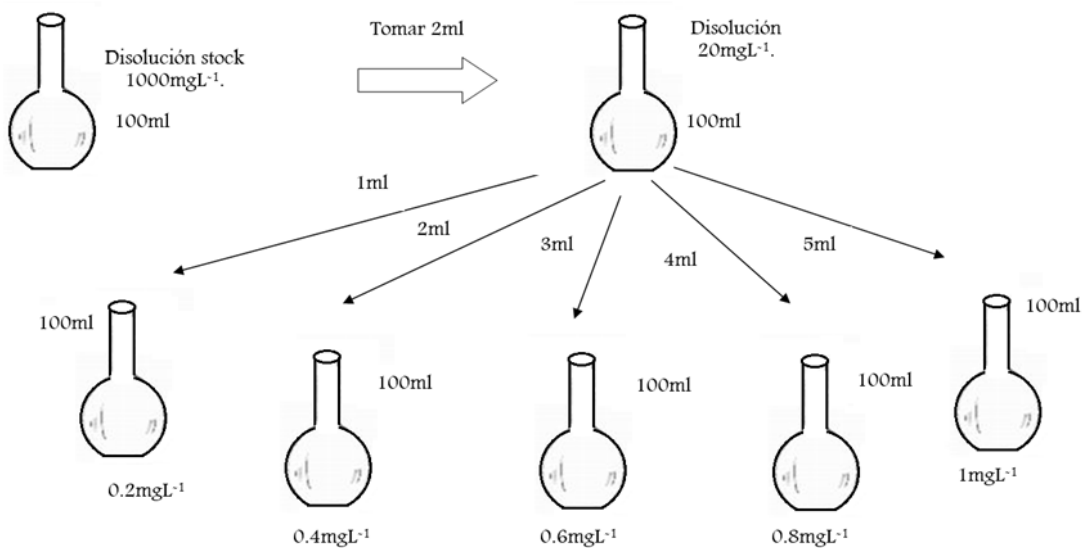



Figura 1. Preparación de curva

2. Para cada uno de los matraces anteriores (0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 y 1 mgL^{-1}) se realiza la siguiente reacción, como se indica en la Figura 2:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	35/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Muestra y/o estándar +10 mL solución de indofenol +15 mL de hipoclorito de sodio

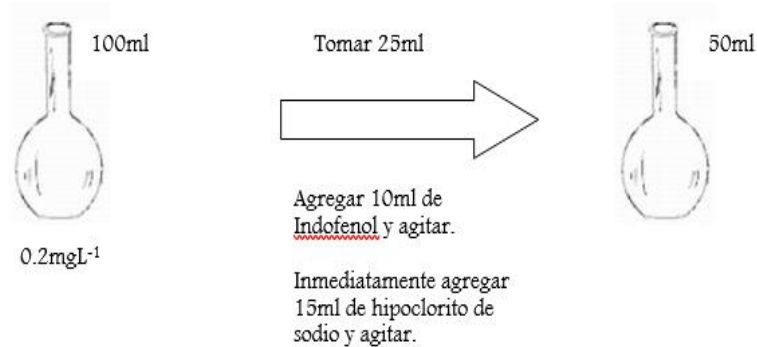



Figura 2. Reacción de indofenol e hipoclorito de sodio


- Dejar reposar los matraces durante 45 min y leer en el espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 365nm

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	36/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3 Análisis de muestras

1. Una vez transcurrido el tiempo de muestreo, las membranas se llevan al laboratorio para su análisis, es decir; las membranas se pesan y se lavan por separado con agua desionizada. El lavado de las membranas se debe de realizar en el ultrasonido en tres períodos de 5 minutos con aproximadamente 20 mL de agua desionizada en los dos primeros lavados y, 10 mL de agua desionizada en el último lavado. Colocarlos en un matraz volumétrico de 50mL.
2. Tomar 25 mL del lavado anterior y agregar 10 mL de indofenol y agitar, posteriormente agregar 15 mL de hipoclorito alcalino y agitar. Esperar un mínimo de 45 minutos y medir en absorbancia en el espectrofotómetro.
3. Mientras tanto, dejar que se seque la membrana, evitando contacto con el aire, que posteriormente se pesará.
4. Para conocer la concentración de amonio presente en la membrana, la absorbancia medida anteriormente debe interpolarse en la curva de calibración (ppm vs Absorbancia). La concentración obtenida se multiplica por el flujo de muestreo (en el caso activo) y se divide entre el área de la membrana, el tiempo de muestreo se expresa en segundos.
5. Finalmente, el peso de la membrana se compara con el peso que se registró inicialmente antes del muestreo, de esta manera se comprobará que el porcentaje de recuperación es mayor al 90%.

Nota: Las membranas pueden ser reutilizadas para muestreos posteriores, sólo es necesario lavar nuevamente con agua desionizada.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Evaluación de la Calidad del Aire	Código:	MADO-97
		Versión:	01
		Página	37/37
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	1 de septiembre de 2023
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Fuentes de consulta

- Dirección de Monitoreo Atmosférico (cdmx.gob.mx).
<http://aire.cdmx.gob.mx/default.php>
- Krupa, S. V., & Legge, A. H. (2000). Passive sampling of ambient, gaseous air pollutants: An assessment from an ecological perspective. *Environmental Pollution*, 107(1), 31-45.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".
- Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".
- Norma Oficial Mexicana NOM-037-SEMARNAT-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- Norma Oficial Mexicana NOM-CCAM-005-ECOL/1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- Organización Mundial de la Salud OMS (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial.