



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
Toxicología de los Alimentos
Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Lic. en Nutrición Humana
LNH 2021
30/06/2025



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina **Encargada del Despacho de la
Secretaría General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
Encargado de Despacho de Secretario General de Planeación

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	4
IDENTIFICACIÓN	4
<i>Carga Horaria del alumno</i>	<i>5</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>5</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	6
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS.....	7
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>7</i>
<i>Reglamento de uniforme</i>	<i>8</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales</i>	<i>9</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos</i>	<i>10</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>11</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA	12
PRÁCTICAS	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	78

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Señalar en este apartado brevemente los siguientes elementos según corresponda:

- **Propósito del manual**
- Apoyar para la transmisión de un marco metodológico apropiado para determinar si una sustancia presente en los alimentos representa un riesgo real. Mediante la Identificación del Peligro, la Evaluación de la relación dosis-respuesta, La Evaluación de la Exposición y la Caracterización de riesgo por comparación con las normativas y regulaciones correspondientes. Así mismo, de los Métodos de Análisis Toxicológico y los Mecanismos para Prevención y Monitoreo de las sustancias potencialmente peligrosas presentes en los alimentos.
- **Justificación de su uso en el programa académico**
- El Programa Académico LNH con enfoque a la calidad y al pensamiento estratégico se desempeña ética y profesionalmente en apego a las bases científicas y la normatividad correspondiente para minimizar los posibles riesgos toxicológicos implicados en el consumo de los alimentos como vehículo para la obtención de los nutrientes indispensables para la buena salud y calidad de vida individual y comunitaria.
- **Competencias a desarrollar**
 - **Competencias blandas:** Enfoque a la Calidad, Pensamiento Estratégico, Trabajo en equipo, Aprendizaje, Análisis de Problemas.
 - **Competencias disciplinares:** Identificar, Evaluar y Prevenir riesgos derivados del consumo de alimentos contaminados o mal manipulados.
 - **Competencias profesionales:** Aplicación de los conocimientos adquiridos en escenarios reales o simulados, en concordancia con el perfil de egreso del programa.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Toxicología de los Alimentos	
Clave	052CP054	Créditos	6.56
Asignaturas Antecedentes		Plan de Estudios	Plan de Estudios 2021

Área de Competencia	Competencia del curso
Valorar el estado de nutrición individual o colectivo considerando, con madurez social, las características nutricional-alimentarias, económicas, sociales, culturales y demográficas, así como aspectos bioquímicos, estado fisiológico, actividad física, condición de salud, para contribuir a la prevención de enfermedades y al mantenimiento o mejora de la salud, con pensamiento estratégico e innovador y desempeñándose con un alto compromiso ético y profesional, en apego a las bases científicas y la normatividad vigente.	Estimar los tóxicos presentes en los alimentos con el fin de controlar el riesgo de intoxicación por el consumo de alimentos contaminados, con enfoque en la calidad y en cumplimiento a las normas reglamentarias propuestas por organismos nacionales e internacionales en los sistemas de producción y manejo alimenticio.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
1	2	3	1	7

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Benito Juárez
Fecha de elaboración	30/05/2025
Responsables del diseño	Ricardo Torres Martínez
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Señalar la relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica 1:	Al término de sus estudios, el Licenciado en Nutrición Humana egresado será capaz de: Evaluar el estado nutricional a nivel individual y comunitario en condiciones de salud o enfermedad en todas las etapas de la vida, para emitir un diagnóstico nutricional-alimentario, a partir del cual se elabore un plan de alimentación o programas de intervención nutricional, considerando la evidencia científica actual, para su aplicación en el área clínica, docente, investigación, deportiva y ciencia e industria de los alimentos con la finalidad de contribuir a mejorar la calidad de vida, desempeñándose con ética profesional y compromiso social.
Práctica 2:	
Práctica 3:	
Práctica 4:	
Práctica 5:	
Práctica 6:	COMPETENCIAS AL EGRESAR El Licenciado en Nutrición Humana será competente para: • Evaluar el estado de nutrición que permita emitir un diagnóstico nutricional-alimentario a nivel individual y comunitario, así como diseñar planes de alimentación y programas de intervención nutricional para brindar atención nutricional en diferentes etapas de la vida, estado fisiológico y condiciones de salud, tomando en cuenta la actividad física, disciplina deportiva realizada y estilos de vida. • Diseñar programas de orientación alimentaria a individuos y población considerando aspectos individuales, socioculturales, económicos, disponibilidad de alimentos y otras características específicas de la región o comunidad, a fin de promover hábitos adecuados de alimentación que contribuyan a prevenir y tratar problemas de salud pública. • Administrar las actividades inherentes a los servicios de alimentación en instituciones públicas o privadas, a fin de ofrecer a los comensales una alimentación y dieta correctas acorde sus necesidades y recursos, así como mantener o mejorar las cualidades nutricias, organolépticas y de inocuidad y calidad de los alimentos al incorporarse en los procesos de producción, transformación, desarrollo y comercialización de estos en la industria alimentaria. • Desarrollar proyectos de investigación científica aplicados al análisis y la resolución de problemas de salud pública relacionados con la alimentación y la nutrición, basándose en la evidencia científica y el conocimiento teórico, epidemiológico y socioeconómico más recientes, actuando siempre con alto compromiso social y ética en su desempeño profesional.
Práctica 7:	
Práctica 8:	
Práctica 9:	
Práctica 10:	
Práctica 11:	
Práctica 12:	
Práctica 13:	
Práctica 14:	
Práctica 15:	

Reglamento General del Laboratorio

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Seguridad en el Laboratorio

Es el conjunto de **normas, medidas preventivas y protocolos** diseñados para proteger al personal, el medio ambiente y los equipos frente a riesgos físicos, químicos, biológicos o mecánicos presentes en actividades de laboratorio.

Normas Generales de Seguridad

Estas normas deben seguirse siempre, sin importar el tipo de laboratorio:

Usar bata, guantes, gafas de seguridad y calzado cerrado.

No comer, beber ni fumar en el laboratorio.

Evitar distracciones y bromas.

Lavar las manos antes y después del trabajo.

Etiquetar correctamente todos los reactivos y muestras.

Conocer la ubicación de los equipos de emergencia: extintores, regaderas, lavajojos, salidas de emergencia.

No pipetear con la boca; usar peras de succión.

Mantener limpio y ordenado el área de trabajo.

LOS LABORATORIOS UNIVERSITARIOS

La UES cuenta con diferentes tipos de laboratorio, cuyos riesgos potenciales están relacionados directamente con las actividades realizadas y materiales que se manejan.

El funcionamiento de estos laboratorios debe acogerse a las normas establecidas para las actividades que en ellos se realizan.

Reglamento de Uniforme (adaptación para Equipo de Protección Individual (EPI) en Laboratorio)

La Norma Oficial Mexicana que regula el Equipo de Protección Individual (EPI) en los centros de trabajo es la NOM-017-STPS-2024, "Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo (**No existe reglamentación relativa al EPI en el Trabajo o Prácticas de Laboratorio en los Centros Educativos**). El gobierno mexicano publicó esta norma en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 2025, derogando y sustituyendo a la anterior NOM-017-STPS-2008. **Debería implantarse un programa de gestión de equipos de protección individual en el laboratorio**, que incluyera, entre otros, los siguientes aspectos:

1. Mantenimiento de un stock mínimo de todos los EPI.
2. Facilitar una formación e información en materia de EPI adecuada a toda la Comunidad Universitaria relacionada con el trabajo de laboratorio (Empleados, Estudiantes, Proveedores). Para ello se realizarán actividades formativas e informativas en las que se den a conocer los diferentes equipos disponibles, tanto de uso personalizado como no, obligatoriedad de utilización, recomendaciones y mantenimiento de los mismos.
3. Todo el personal y estudiantes de los Programas Educativos que emplean los laboratorios deberá conocer y disponer por escrito de un documento en el cual se indique el número y tipo de equipos disponibles en el laboratorio, además de los que ya se entreguen personalmente, las situaciones y operaciones en las que es obligatorio su uso, las condiciones de utilización y mantenimiento, el lugar de almacenamiento.
4. Los equipos deben entregarse con acuse de recibo, adjuntando por escrito las instrucciones de utilización cuando se considere necesario.

LISTADO DE LOS TIPOS DE EPI MÁS UTILIZADOS EN LABORATORIO

- Guantes de protección
- Protección de cara y ojos
 - Si el protector sólo protege los ojos, se habla de gafas.
 - Si además de los ojos, el protector protege parte o la totalidad de la cara u otras zonas de la cabeza, se habla de pantallas.
- Lentes correctoras y de contacto.
- Equipos de Protección Respiratoria

ROPA DE TRABAJO

Los equipos, elementos de protección, batas, etc., que no tengan la consideración de equipos de protección individual por no llevar la marca CE, se considerarán ropa de trabajo. La más utilizada en los laboratorios son las *batas de laboratorio y los delantales*.

Bata de Laboratorio. Está diseñada para proteger la ropa y la piel de sustancias químicas que puedan derramarse o producir salpicaduras. Debe llevarse siempre abrochada y cubrir hasta debajo de la rodilla. Existen diversos tipos de bata que proporcionan diferente protección:

- Algodón: protege frente a objetos "volantes", esquinas agudas o rugosas y es un buen retardante del fuego.
- Lana: protege de salpicaduras o materiales triturados, pequeñas cantidades de ácido y pequeñas llamas.
- Fibras sintéticas: protege frente a chispas, radiación IR o UV. Sin embargo, las batas de laboratorio de fibras sintéticas pueden amplificar los efectos adversos de algunos peligros del laboratorio. Además, algunas fibras sintéticas funden en contacto con la llama. Este material fundido puede producir ampollas y quemaduras en la piel y emitir humos irritantes.
- Tela aluminizada y refractaria: protege frente a la radiación de calor.

Delantales. El delantal proporciona una alternativa a la bata de laboratorio. Generalmente es de plástico o caucho para protegerse de sustancias químicas corrosivas e irritantes. Un delantal debe llevarse sobre prendas que cubran los brazos y el cuerpo.

Uso Adecuado del Equipo y Materiales (adaptación para Equipos de Protección Colectiva)

EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

Son elementos de ayuda en caso de emergencias (vertidos, salpicaduras, derrames, etc). Deben mantenerse en buen estado y al alcance para que su uso pueda realizarse con la rapidez requerida, así como debidamente señalizados.

Los Equipos de Seguridad (indispensables) en el Laboratorio

Extintores de incendios: Para fuego clase A, B, C.

Ducha de seguridad: Para derrames químicos sobre el cuerpo.

Lavaojos: Para contacto ocular con sustancias peligrosas.

Campana de extracción: Manipulación de sustancias volátiles o tóxicas.

Botiquín de primeros auxilios.

Detectores de humo o gases tóxicos.

Equipos de protección colectiva más habituales en el laboratorio

El laboratorio dispone de una serie de elementos de actuación de seguridad que se mencionan a continuación y que deben estar correctamente señalizados.

- Campanas extractoras
- Cabinas biológicamente seguras
- Lavaojos
- Duchas de seguridad
- Equipos de seguridad contra incendios:
- Alarmas
- Extintores
- Mantas ignífugas
- Rociadores
- Material o tierra absorbente

Señalización de equipos

Campanas extractoras
Cabinas biológicamente seguras (CBS)
Lavaojos
Duchas de seguridad
Equipos de seguridad contra incendios
Mantas ignífugas
Material o tierra absorbente

Manejo y Disposición de Residuos Peligrosos

LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN EL LABORATORIO

Se entiende que una adecuada gestión es aquella que contempla los procesos de generación, de manipulación, de acondicionamiento, de almacenamiento, de transporte, de nuevo almacenamiento y de destino o tratamiento final, todo ello sin causar impactos negativos ni al medio ambiente ni a los seres vivos, y a ser posible, con un costo reducido.

En actividades docentes e investigadoras, se manejan gran variedad de productos y se efectúan diversas operaciones que conllevan la generación de residuos, en muchos casos peligrosos para la salud o el medio ambiente, además de los envases que los han contenido. Aunque el volumen de los residuos que se generan en los laboratorios normalmente es pequeño, sí se produce una gran variedad, y algunos de ellos son compuestos nuevos, de los cuales no se conocen exactamente sus características de peligrosidad, incluyendo los posibles efectos sobre el medio ambiente. Para unas buenas condiciones de trabajo en el laboratorio, debe incluirse en la organización del mismo, un programa o plan de gestión de residuos que permita una adecuada protección de la salud y del medio ambiente. No debe olvidarse que un residuo de un laboratorio suele ser una sustancia o un preparado, que muchas veces presenta peligrosidad y, cuya identificación o almacenamiento inadecuados, constituye un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio.

Las principales Normativas vigentes referentes al manejo de residuos peligrosos son las siguientes:

La PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011 establece los elementos y procedimientos para formular los planes de manejo de residuos peligrosos.

La NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 establece la clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos y especificaciones de manejo, con el objetivo de proteger la salud pública y el medio ambiente. Esta norma es de observancia obligatoria para establecimientos generadores y prestadores de servicios que manipulen estos residuos.

Es responsabilidad de la Universidad cumplir con la legislación vigente en materia de residuos. Para ello, y debido a la magnitud de la Universidad, **es conveniente elaborar unas normas internas o reglamento interno, que indiquen el protocolo a seguir por toda la comunidad universitaria al respecto.** Este Manual de Residuos Peligrosos, debe definir el modelo de gestión implantado en la Universidad.

Manejo de Residuos en el Laboratorio

Segregación por tipo: biológico, químico, punzocortante, reciclable, general.

Contenedores especiales: con códigos de colores.

Neutralización previa: en algunos casos (ácidos, bases).

Almacenamiento temporal seguro y disposición conforme a normas locales.

Normas generales de manejo de residuos:

- Evitar el contacto directo con los residuos, utilizar EPIs.
- Utilizar, siempre que sea posible, material que pueda ser descontaminado con facilidad sin generar riesgos adicionales al medio ambiente.
- Nunca se ha de manipular residuos en solitario.
- Para los residuos líquidos, no se emplearán envases mayores de 25 litros para facilitar su manipulación y evitar riesgos innecesarios.
- Se deben cerrar los envases entre usos.
- Los envases de residuos se depositarán en el suelo para prevenir su caída a distinto nivel.
- Los envases no se dejarán en zonas de paso o lugares que puedan dar lugar a tropiezos.

Adaptación obtenida del Manual de Gestión Residuos Peligrosos. Universidad de León.

https://servicios.unileon.es/gestion-de-residuos/files/2021/03/manual_gestion_residuos_peligrosos.pdf

Procedimientos en caso de emergencia

Es necesario Desarrollar (y mantener actualizado) de manera multidisciplinaria un manual para procedimientos en caso de emergencia. Para ello, el Comité respectivo debe redactar este manual, lo antes posible. Como primer punto se indica expresar las principales direcciones y teléfonos de interés en caso de emergencia. Para cada Unidad Académica de la Universidad Estatal de Sonora.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	ELEMENTO DE COMPETENCIA 1	
	Describir los principios básicos de la toxicología para el reconocimiento del carácter tóxico del agente y su valoración del posible riesgo mediante los índices toxicológicos pertinentes en los diferentes procesos y establecimientos relacionados con el área alimenticia, fomentando el aprendizaje significativo de todos los aspectos del curso.	
PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Reconocimiento de Materiales de Laboratorio y Normas de Seguridad	Identificar y clasificar correctamente los materiales más comunes en un laboratorio, aplicando las normas básicas de seguridad e higiene en un entorno de laboratorio para desarrollar habilidades prácticas en el manejo adecuado de materiales y equipos.
Práctica No. 2	Cuantificación de tóxicos no volátiles presentes en los alimentos	Determinar la concentración de iones nitrato (NO_2^-) en alimentos procesados, como carnes curadas o embutidos, mediante la formación de un complejo azoico coloreado detectable por espectrofotometría UV-Vis.
Práctica No. 3	Evaluación Experimental de la Ingesta Diaria Admisible (IDA) de una Sustancia Tóxica en Alimentos	Determinar la concentración de una sustancia tóxica específica en una muestra alimentaria, para estimar la ingesta diaria real de dicha sustancia y compararla con la IDA establecida para evaluar el riesgo potencial para la salud.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	ELEMENTO DE COMPETENCIA 2:	
	Clasificar la respuesta metabólica al daño tóxico con el fin de reconocer, de manera responsable, sus mecanismos de acción en los organismos biológicos y el conjunto de síntomas que provoca su consumo, en apego a las normas que sean aplicables.	
PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 4	Determinación de Componentes Tóxicos Volátiles en Alimentos	Simular la cuantificación de aldehídos (acroleína, hexanal) y compuestos sulfurados (metanotiol, sulfuro de hidrógeno) en muestras de alimentos para valorar el impacto de la forma de preparación de los alimentos sobre su potencial toxigénico.
Práctica No. 5	Reacciones metabólicas de transformación de sustancias tóxicas presentes en alimentos.	Simular las fases de biotransformación hepática. Mediante la transformación del tóxico modelo y la evaluación de la efectividad de los sistemas enzimáticos por el análisis de productos obtenidos.

Práctica No. 6	Cuantificación de ácido acetilsalicílico (AAS) en orina por espectrofotometría UV-Vis.	Cuantificar la concentración de ácido acetilsalicílico y/o su principal metabolito (ácido salicílico) presente en una muestra de orina, mediante espectrofotometría UV-Vis, empleando una curva de calibración para estimar concentraciones desconocidas.
Práctica No. 7	Determinación de Cafeína en Productos Alimenticios por Espectrofotometría UV-Vis	Determinar la concentración de cafeína presente en diferentes productos alimenticios (café, té, bebidas energéticas, chocolate) usando espectrofotometría ultravioleta-visible, mediante la construcción de una curva de calibración y el análisis de muestras por extracción y filtración.
Práctica No. 8	Evaluación del daño celular inducido por sustancias tóxicas en células meristemáticas de <i>Allium cepa</i>	Observar e identificar el daño celular inducido por sustancias tóxicas mediante la tinción y observación de células del meristemo radicular de cebolla (<i>Allium cepa</i>), evaluando parámetros como mitosis, necrosis, y micronúcleos.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	ELEMENTO DE COMPETENCIA 3:	
	Analizar los principales grupos de agentes tóxicos presentes en los alimentos, con el fin de detectar y evaluar los más frecuentes en sistemas de producción y manejo alimenticio para el establecimiento de niveles de calidad óptimos de acuerdo con los parámetros máximos de sustancias tóxicas permitidos.	
PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 9	Detección de Sustancias Tóxicas en Productos de Cereales	Aplicar métodos de detección rápida para identificar la presencia de micotoxinas (aflatoxinas), residuos de pesticidas y metales pesados en muestras comerciales de productos derivados de cereales, evaluando su inocuidad y cumplimiento con la normativa alimentaria vigente.
Práctica No. 10	Detección y Análisis de Sustancias Tóxicas en Productos Lácteos.	Identificar la presencia de sustancias tóxicas comunes en productos lácteos, como residuos de antibióticos, micotoxinas y metales pesados, utilizando técnicas rápidas básicas de laboratorio.
Práctica No. 11	Observación de la Reacción de Maillard una práctica de laboratorio didáctica y segura para demostrar la reacción de Maillard	Analizar la formación de acrilamida en alimentos ricos en almidón bajo diferentes condiciones de temperatura y tiempo, simulando la Reacción de Maillard, y comprender su relación con el riesgo tóxico

		en alimentos procesados térmicamente.
Práctica No. 12	Detección y Cuantificación de Benzoato de Sodio en Alimentos por Espectrofotometría UV-Vis.	Detectar y cuantificar benzoato de sodio en productos alimenticios mediante espectrofotometría UV-Vis, interpretando los resultados conforme a las normativas de seguridad alimentaria.
Práctica No. 13	Análisis de Aditivos Conservadores (Benzoato y Sorbato) en Alimentos por Espectrofotometría UV-Vis.	Detectar y cuantificar benzoato de sodio y sorbato de potasio en muestras alimenticias mediante la construcción de curvas de calibración para ambos compuestos y la aplicación de principios estadísticos para interpretar los resultados y valorar el cumplimiento con normativas legales.
Práctica No. 14	Detección y Cuantificación de Metales Pesados en Agua Potable mediante Espectrometría de Absorción Atómica (AAS)	Detectar, identificar y cuantificar metales contaminantes (Plomo, Cadmio, Arsénico, Mercurio, Cromo y Níquel) presentes en muestras de agua para consumo humano, empleando la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica, asegurando precisión, exactitud y control de calidad.
Práctica No. 15	Detección y cuantificación de residuos de plaguicidas en frutas mediante método QuEChERS y análisis por GC-MS.	Aplicar el método QuEChERS para la extracción y purificación de plaguicidas en una matriz alimentaria (fruta) para identificar y cuantificar plaguicidas mediante cromatografía de gases con detector de masas (GC-MS) y comparar los resultados con los Límites Máximos de Residuos (LMR) establecidos por normativas nacionales e internacionales.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Reconocimiento de Materiales de Laboratorio y Normas de Seguridad
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar y clasificar correctamente los materiales más comunes en un laboratorio, aplicando las normas básicas de seguridad e higiene en un entorno de laboratorio para desarrollar habilidades prácticas en el manejo adecuado de materiales y equipos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los laboratorios científicos son espacios controlados diseñados para realizar experimentos y análisis. En estos espacios se utilizan una gran variedad de instrumentos y reactivos, que deben manejarse de forma segura para prevenir riesgos a la salud y al ambiente.

El conocimiento del material de laboratorio es fundamental para evitar errores experimentales y prevenir accidentes. Además, la aplicación de normas de seguridad garantiza la integridad del personal y del entorno de trabajo. Esta práctica permite familiarizarse con el entorno del laboratorio, aplicando principios de seguridad, limpieza, orden y responsabilidad.

¿Qué es la seguridad en el laboratorio?

Es el conjunto de **normas, medidas preventivas y protocolos** diseñados para proteger al personal, el medio ambiente y los equipos frente a riesgos físicos, químicos, biológicos o mecánicos presentes en actividades de laboratorio.

Tipos de Riesgos en el Laboratorio

Tipo de Riesgo	Ejemplos	Prevención
Físico	Cortes, quemaduras, explosiones	Uso de guantes, manejo adecuado de equipos
Químico	Ácidos, bases, gases tóxicos	Fichas de seguridad (MSDS), uso de cabinas
Biológico	Bacterias, virus, hongos	Cabinas de bioseguridad, desinfección
Mecánico	Uso de centrifugas, rotores	Mantenimiento preventivo, capacitación
Eléctrico	Cortocircuitos	Conexiones seguras, revisión de cables

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos de Seguridad en el Laboratorio

Extintores de incendios: Para fuego clase A, B, C.

Ducha de seguridad: Para derrames químicos sobre el cuerpo.

Lavaojos: Para contacto ocular con sustancias peligrosas.

Campana de extracción: Manipulación de sustancias volátiles o tóxicas.

Botiquín de primeros auxilios.

Detectores de humo o gases tóxicos.

Materiales y equipos (Nota: Los materiales pueden ajustarse según disponibilidad del laboratorio)

El uso correcto de cada tipo de material y la comprensión de su propósito específico son claves para una experimentación segura y efectiva.

Clasificación del material de laboratorio:

Vidrio: resistente al calor y reactivos (ej. vaso de precipitados, bureta).

Plástico: más económico y resistente al impacto (ej. tubos Falcon, micropipetas).

Metal: soporte estructural (ej. trípodes, pinzas).

Porcelana/refractarios: resisten temperaturas elevadas (ej. crisoles, cápsulas de evaporación).

A. Material de vidrio

Vaso de precipitados (100 mL, 250 mL, 500 mL)

Matraz Erlenmeyer (125 mL)

Probeta graduada (100 mL)

Matraz aforado (100 mL)

Pipetas volumétrica y graduada (10 mL, 25 mL)

Bureta (50 mL)

Tubos de ensayo

Embudo de vidrio

Cristalizador

Vaso de precipitados (100 mL y 250 mL)

B. Material de plástico

Micropipetas automáticas (10–100 μ L, 100–1000 μ L)

Cajas Petri

Tubos Falcon (15 y 50 mL)

Gradillas de plástico

Botellas plásticas con tapa

Caja Petri

Tubo Falcon

Pipetas automáticas (micropipetas)

Gradillas

Caja Petri

Tubo Falcon

Pipetas automáticas (micropipetas)

Gradillas

C. Material metálico

Soporte universal

Pinzas para tubos y buretas

Aros metálicos

Trípode

Rejilla con asbesto

Soporte universal

Pinzas

D. Otros equipos y materiales

Cápsula de evaporación

Crisol con tapa

Mortero con pistilo

Termómetro

Balanza analítica o digital

Baño María

Agitador magnético (si está disponible)

Etiquetas adhesivas

Guantes de látex o nitrilo

Gafas de seguridad

Bata de laboratorio

Pictogramas de seguridad (impresos)
Hojas de datos de seguridad (de 2-3 reactivos comunes)

Termómetro

Balanza digital

Baño María

Etiquetas adhesivas

Marcador permanente

Reactivos y soluciones (opcionales para demostraciones)

Agua destilada

Colorante vegetal (para simulaciones)

Solución diluida de NaCl o colorante vegetal

Solución diluida de HCl (0.1 M) *[uso controlado por el docente]*

Solución diluida de NaOH (0.1 M)

Hoja de Seguridad (MSDS o SDS)

Documento técnico que contiene información sobre los peligros de una sustancia química, su manipulación, almacenamiento y medidas en caso de accidente. Incluye:

Composición química

Riesgos para la salud

Primeros auxilios

Manipulación y almacenamiento

Medidas de control personal

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento

Parte A: Introducción a la seguridad

*Lee y comenta con el grupo las normas generales de seguridad.

*Observar y anotar la ubicación de:

Extintor de incendios

Regadera y lavajojos de emergencia

Salidas de emergencia

Botiquín de primeros auxilios

*Colocarse el equipo de protección personal (bata, gafas, guantes).

*El docente explicará los pictogramas de peligro (inflamable, corrosivo, tóxico, etc.).

*Analizar una Hoja de Seguridad (MSDS) proporcionada en clase.

*El instructor mostrará cómo actuar ante derrames y accidentes leves.

Parte B: Reconocimiento y clasificación del material

*Manipula y examina cada pieza del material dispuesto.

*Observa y manipula con cuidado los diferentes materiales dispuestos.

*Llena una tabla con:

Nombre del material

Clasificación (vidrio, plástico, metálico)

Uso principal

Precauciones de uso

***Llena una tabla como esta: (esto es solo un ejemplo, para facilitar la comprensión)**

Material	Clasificación	Uso principal	Precauciones de uso
Matraz Erlenmeyer	Vidrio	Mezcla y calentamiento	No calentar en seco
Pipeta volumétrica	Vidrio	Medida exacta de volúmenes	No soplar con la boca
Tubo Falcon	Plástico	Almacenamiento temporal	No en autoclave sin verificar

Parte C: Actividad práctica básica

*Medir 25 mL de agua destilada con la probeta y verter en un vaso de precipitados.

*Usa una pipeta graduada para medir 5 mL de agua destilada y viértela en un vaso de precipitados.

*Transferir el contenido con una pipeta a un matraz aforado de 100 mL.

*Completar hasta el aforo con más agua y mezclar.

*Colocar 5 mL de esta solución en un tubo de ensayo y calentarlo suavemente sobre la rejilla con el mechero o placa caliente (con supervisión).

*Etiquetar los recipientes usados con nombre, fecha y contenido.

*Lavar y secar los materiales usados.

*Coloca los residuos en el contenedor correcto según el tipo (orgánico, inorgánico, vidrio, etc.).

Parte D: Manejo de residuos

*Deposita el líquido de desecho en el recipiente marcado "residuos acuosos no peligrosos".

*Si se usó ácido o base, neutralízalo antes con ayuda del instructor.

*Clasifica los residuos en:

Orgánicos/inorgánicos

Biológicos

Cristalería rota

Generales

Diagrama de Flujo de la Práctica de Laboratorio (como Apoyo Académico Pedagógico)

INICIO



◇ Recepción y presentación en el laboratorio



◇ Charla de seguridad por el docente

- Revisión de normas generales

- Ubicación de extintores, duchas, salidas

- Entrega de MSDS/HDS y pictogramas



◇ Colocación del Equipo de Protección Personal (EPP)

- Bata, guantes, gafas de seguridad



◇ Introducción al material de laboratorio

- Distribución de estaciones con material

- Explicación breve de usos y clasificaciones



◇ Observación directa y manipulación del material

- Llenado de tabla: nombre, uso, precaución, categoría

▼
◇ Actividad práctica básica

- | |
|--|
| a) Medición de 25 mL de agua con probeta |
| b) Transferencia a vaso de precipitados |
| c) Uso de pipeta y matraz aforado para mezclar |
| d) Transferencia a tubo de ensayo |
| e) Calentamiento leve con rejilla y mechero |

- ▼
- ◇ Registro de observaciones y resultados
- Volúmenes medidos
 - Precisión de instrumentos
 - Comportamiento del material al calentar

- ▼
- ◇ Disposición de residuos generados
- Verificación de tipo de residuo
 - Uso de contenedores específicos
 - Neutralización si aplica (ácido/base)

- ▼
- ◇ Limpieza de materiales y área de trabajo
- Lavado con agua destilada
 - Secado y organización del equipo

- ▼
- ◇ Recolección de hojas con tabla y cuestionario

- ▼
- ◇ Discusión final y conclusiones del grupo

▼
FIN

Una vez realizado el Procedimiento (solo a manera de ejemplo explicativo para el estudiante)

*Se revisaron las normas de seguridad y se identificaron los puntos de emergencia del laboratorio.

*Se colocó el equipo de protección personal.

*Se manipularon diversos instrumentos y se clasificaron en una tabla.

*Se realizaron mediciones con probeta, pipeta y micropipeta usando agua destilada.

*Se calentó una muestra en tubo de ensayo usando rejilla y mechero.

*Se clasificaron y desecharon correctamente los residuos generados.

*Se limpió todo el material utilizado.

RESULTADOS ESPERADOS

Resultados esperados

- El estudiante identificará correctamente al menos 10 materiales de laboratorio.
- Aplicará normas de seguridad sin cometer infracciones.
- Realizará operaciones básicas como medir, trasvasar y etiquetar con precisión.
- Mantendrá limpio y ordenado su espacio de trabajo.
- Registro fotográfico del material y su clasificación.
- Tabla completa con funciones y precauciones del equipo.
- Observación del manejo y limpieza del material.
- Evaluación del cumplimiento de normas de seguridad.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuestionario de análisis

1. ¿Por qué es importante usar equipo de protección personal en el laboratorio?
2. ¿Qué harías si se rompe un vaso de precipitados con ácido diluido?
3. ¿Qué materiales no deben colocarse directamente sobre la rejilla con asbesto?
4. ¿Cómo se deben clasificar y disponer los residuos generados?
5. ¿Cuál es la diferencia entre una pipeta volumétrica y una pipeta graduada?
6. ¿Por qué no se debe pipetear con la boca?
7. ¿Qué harías si un compañero derrama ácido clorhídrico en su brazo?
8. ¿Por qué es importante leer la Hoja de Seguridad antes de usar un reactivo?
9. Menciona 3 materiales que nunca deben exponerse a calor directo y explica por qué.

Cuestionario (con ejemplo de respuestas)

¿Cuál es el uso de la pipeta volumétrica?

Para medir volúmenes exactos de líquidos con alta precisión.

¿Por qué es importante no pipetear con la boca?

Porque puede provocar contaminación o ingreso de sustancias tóxicas al cuerpo.

¿Qué debes hacer si alguien derrama un ácido fuerte?

Avisar de inmediato al docente, usar ducha o lavajojos, y neutralizar según protocolo.

¿Qué representan los pictogramas de seguridad?

Señalan los riesgos específicos de los productos químicos (inflamables, corrosivos, etc.).

Menciona un material que no debe calentarse directamente.

El matraz aforado, porque puede deformarse o romperse al calentarse.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

En esta práctica se muestran varios ejemplos de conclusiones y reflexiones que pueden servir como facilitadores del aprendizaje para que los alumnos se ambienten con mayor facilidad y seguridad al trabajo experimental y a la representación de las competencias adquiridas durante el desarrollo teórico práctico de las actividades de laboratorio mediante un reporte escrito.

La seguridad en el laboratorio es esencial para prevenir accidentes y garantizar la integridad de los resultados experimentales. Conocer y aplicar correctamente las normas, usar el equipo de protección adecuado y manejar los materiales con responsabilidad son claves para una práctica de laboratorio segura y eficiente.

Conclusión (ejemplo 1)

Esta práctica permite integrar el conocimiento teórico con la experiencia directa en el laboratorio, fomentando el uso responsable del material y la observancia de medidas de seguridad, lo que constituye la base de cualquier procedimiento experimental exitoso.

Conclusión (ejemplo 2)

El dominio del manejo del material de laboratorio y el cumplimiento de las normas de seguridad son competencias esenciales para cualquier práctica científica. Esta actividad permite al estudiante desarrollar habilidades prácticas, sentido de responsabilidad y criterio técnico al identificar y utilizar adecuadamente instrumentos de laboratorio en un ambiente seguro.

Conclusión (ejemplo 3)

Durante esta práctica se reforzaron los conocimientos sobre el manejo seguro del material de laboratorio y se aplicaron procedimientos básicos de medición y calentamiento de líquidos. Además, se trabajó con responsabilidad en la identificación de riesgos y en la correcta disposición de residuos. El uso adecuado de cada instrumento es fundamental para obtener resultados confiables y evitar accidentes.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS (Ejemplos sugeridos como Facilitadores del Aprendizaje)

Ejemplo de medición con distintos instrumentos:

Instrumento	Volumen objetivo	Volumen medido	Observaciones
Probeta	25 mL	24.8 mL	Lectura rápida, pero algo inexacta
Pipeta volumétrica	25 mL	25.0 mL	Medición exacta
Micropipeta	25 mL	25.1 mL	Muy precisa, pero toma tiempo

Interpretación de un ejemplo de medición volumétrica

La **pipeta volumétrica** fue el método más exacto y reproducible.

La **probeta** es útil para mediciones aproximadas rápidas, pero tiene errores por menisco o ángulo de lectura.

La **micropipeta**, aunque generalmente usada en volúmenes pequeños, puede servir para entrenar precisión en fracciones de mililitros.

Ejemplo de Tabla de Datos y Resultados

Nº	Nombre del material	Clasificación	Uso principal	Precauciones de uso	Observación durante el uso
1	Vaso de precipitados	Vidrio	Contener líquidos, mezclas sencillas	No calentar en seco; evitar golpes	Fácil de manejar, pero frágil
2	Matraz Erlenmeyer	Vidrio	Mezclar líquidos sin derramar	No usar para medición precisa	Útil para agitar sin salpicar
3	Probeta (100 mL)	Vidrio	Medición aproximada de volúmenes	Leer a nivel del menisco	Mediciones rápidas pero menos precisas
4	Pipeta volumétrica (10 mL)	Vidrio	Medición exacta de volumen	No soplar por la boca; usar perilla	Precisión alta; requiere práctica
5	Micropipeta (100-1000 µL)	Plástico	Transferencia precisa de pequeños vol.	Cambiar punta entre muestras	Precisión excelente, fácil de usar

6	Bureta (50 mL)	Vidrio	Titulaciones, volúmenes exactos	Revisar burbujas, llave cerrada	Fácil lectura, pero frágil y compleja
7	Tubo de ensayo	Vidrio	Ensayos químicos, calentamiento	Usar pinza para calentar	Resistente al calor leve
8	Gradilla	Plástico	Sostener tubos de ensayo	Mantener limpia y seca	Muy útil para organizar tubos
9	Trípode y rejilla	Metal	Soporte para calentar materiales	No tocar con la mano caliente	Se calienta rápidamente
10	Termómetro digital	Electrónico	Medición de temperatura	Evitar golpes, no sumergir totalmente	Medición rápida y confiable
Ejemplo práctico: Mediciones de agua con distintos instrumentos					
	Instrumento usado	Volumen objetivo	Volumen medido	Precisión esperada	Observaciones
	Probeta (100 mL)	25.0 mL	24.6 mL	Media (± 0.5 mL)	Rápido pero con error por lectura
	Pipeta volumétrica (10 mL) x2 + 5 mL	25.0 mL	25.0 mL	Alta (± 0.02 mL)	Exacto, pero toma más tiempo
	Micropipeta (5 x 5000 μ L)	25.0 mL	25.1 mL	Muy alta (± 0.01 mL)	Preciso, requiere cuidado con las puntas
Tabla de observaciones (otro ejemplo)					
Nº	Material	Clasificación	Uso principal	Precauciones de uso	Observaciones
1	Vaso de precipitados	Vidrio	Contener líquidos	No golpear, no calentar en seco	Fácil de usar, frágil
2	Pipeta volumétrica	Vidrio	Medición precisa	Usar perilla, no soplar	Alta precisión, requiere práctica
3	Micropipeta	Plástico	Medir pequeños volúmenes	Cambiar punta, calibrar	Muy precisa, fácil de manipular
4	Tubo de ensayo	Vidrio	Ensayos y calentamiento	Usar pinza, calentar con movimiento	Resistente al calor directo
5	Termómetro	Electrónico	Medición de temperatura	No sumergir completamente	Rápido y confiable

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación y rúbricas para valorar desempeño.	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio. Rúbrica de reporte de práctica.
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Baelo Álvarez, M.E.; Martínez Pastor, F; Machado García, M.G. et al. (2013). Manual de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio

Gutiérrez, J. M., & Ramírez, L. C. (2019). *Manual de prácticas de laboratorio de química general*. Editorial Universitaria Nacional.

Medin, R. (2016). Alimentos: introducción, técnica y seguridad ●

National Research Council. (2011). *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards* (Updated ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12654>

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Guía básica de seguridad en laboratorios de salud*. OMS. <https://www.who.int>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2020). *Normas de seguridad e higiene en el laboratorio químico*. Facultad de Química. <https://quimica.unam.mx>

OpenAI. (2025). ChatGPT (Versión GPT-4). Asistente AI. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-001-STPS-2008:

Establece las condiciones de seguridad en edificios, locales y áreas de trabajo, incluyendo aspectos como iluminación, ventilación, señalización, salidas de emergencia, etc.

NOM-005-STPS-1998:

Establece los requisitos de seguridad para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, incluyendo la identificación, etiquetado, almacenamiento, etc.

NOM-017-STPS-2024:

Establece los requisitos para el uso de equipo de protección personal (EPP), como cascos, guantes, gafas, etc.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA3-2011, Para la organización y funcionamiento de los laboratorios clínicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-SCT2/2009, Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Cuantificación de Tóxicos No Volátiles presentes en los alimentos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Determinar la concentración de iones nitrito (NO_2^-) en alimentos procesados, como carnes curadas o embutidos, mediante la formación de un complejo azoico coloreado detectable por espectrofotometría UV-Vis.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuantificación de Tóxicos No Volátiles en Alimentos

Los Tóxicos No Volátiles son sustancias químicas presentes en alimentos que **no se evaporan fácilmente** a temperatura ambiente y no pueden analizarse por técnicas de volatilización directa. Suelen incluir una amplia gama de sustancias como **metales pesados** (plomo, cadmio, arsénico, mercurio), **nitritos**, **nitratos**, algunos **pesticidas** y **micotoxinas** (aflatoxinas, ocratoxinas), residuos de **antibióticos**, entre otros.

Debido a su baja volatilidad, no pueden analizarse mediante técnicas basadas en la volatilización. **Los métodos espectrofotométricos ofrecen una alternativa accesible y eficiente para su cuantificación, basada en la formación de complejos coloreados específicos que absorben luz en longitudes de onda particulares.**

Los nitritos son aditivos usados como conservadores en productos cárnicos, pero en exceso representan un riesgo tóxico por formación de nitrosaminas. En medio ácido, los nitritos reaccionan con sulfanilamida para formar un diazonio, que se acopla con NED para formar un complejo azoico púrpura con máxima absorción a 540 nm. La intensidad del color es proporcional a la concentración de nitritos.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Tubos de ensayo, pipetas, matraces aforados
- Baño maría o placa calefactora
- Vaso de precipitados
- Papel de filtro

Reactivos

- Sulfanilamida (0.5% en ácido acético 5%)
- N-(1-naftil)etilendiamina dihidrocloruro (NED), 0.1% en agua
- Solución estándar de nitrito de sodio (NaNO_2), 100 ppm
- Ácido acético 5%
- Agua destilada
- Muestra alimentaria: embutido cocido, jamón, etc.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento experimental para determinación de nitritos en alimentos.

Preparación de soluciones estándar

Preparar soluciones estándar de nitrito a concentraciones de: 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0 ppm a partir de la solución madre de 100 ppm.

Guardar las soluciones en refrigeración y proteger de la luz.

a. Preparación de muestra

Pesar 5.00 g de alimento.

Homogeneizar con 25 mL de agua destilada caliente (~60 °C) por 10 min.

Filtrar o centrifugar el extracto.

Ajustar volumen a 50 mL con agua destilada.

b. Formación del complejo azoico

Tomar 5.00 mL del extracto filtrado.

Añadir 0.5 mL de sulfanilamida.

Esperar 5 minutos.

Añadir 0.5 mL de NED.

Dejar reaccionar durante 10 minutos a temperatura ambiente.

Medir la absorbancia a 540 nm frente a blanco.

c. Curva de calibración

Preparar soluciones estándar de nitrito (0.1–1.0 ppm).

Tratar cada estándar igual que las muestras.

Medir absorbancia a 540 nm y construir curva de calibración.

Cálculos

Graficar absorbancia vs concentración estándar.

Obtener la ecuación de la recta ($y = mx + b$).

Sustituir la absorbancia de la muestra en la ecuación.

Calcular la concentración en ppm y convertir a mg/kg si se requiere.

RESULTADOS ESPERADOS

En un contexto pedagógico, esto es un posible ejemplo de resultados a obtener en la práctica para cuantificación de nitritos y sus cálculos correspondientes.

Hoja de Datos y Resultados

Nombre del alumno: _____

Fecha: _____

Muestra analizada: Jamón cocido (ejemplo)

Masa de muestra: 5.00 g

Volumen final del extracto: 50.0 mL

Alícuota utilizada: 5.0 mL

Curva de Calibración (Estándares de NO_2^-)
Concentración (ppm) Absorbancia (540 nm)

0.10	0.085
0.30	0.223
0.50	0.371
0.70	0.523
1.00	0.740

Ecuación de la recta (calculada): $y = 0.738x + 0.013$, donde y = absorbancia y x = concentración (ppm) $R^2 = 0.998$

Datos de la muestra

Muestra	Absorbancia (540 nm)	Conc. calculada (ppm)	Conc. final (mg/kg)
Jamón cocido	0.400	0.525 ppm	5.25 mg/kg

Cálculo: $0.525 \text{ ppm} \times (50 \text{ mL} / 5 \text{ g}) = 5.25 \text{ mg/kg}$

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Discusión de resultados (ejemplo)

Verificar si los niveles están dentro del límite máximo permitido por normas (ej.: CODEX → 150 ppm en carnes curadas). En las Normas Mexicanas solo se especifica el método de cuantificación, pero no se indican los límites seguros de consumo de estos componentes tóxicos presentes en alimentos. Evaluar el riesgo por consumo crónico. Considerar posibles interferencias en muestras muy pigmentadas o condimentadas.

En base a la comparación de los datos de absorbancia obtenidos contra la medición de diferentes concentraciones estándar de un analito determinado (curva de calibración) y el cálculo de la ecuación de regresión lineal correspondiente. Se puede definir que si la muestra presenta una absorbancia de 0.400 esto corresponde a aproximadamente 0.54 ppm (según la ecuación de regresión lineal de un nivel de confianza la curva).

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusión relativa a nitritos en alimentos (Ejemplo)

- Se determinó con éxito la concentración de nitritos en alimentos mediante un método espectrofotométrico sencillo, eficaz y económico.
- Es aplicable en laboratorios de control de calidad alimentaria y toxicología.

Importancia de su cuantificación.

La identificación y cuantificación de estos compuestos es crucial para:

- Garantizar la seguridad alimentaria.
- Cumplir normativas sanitarias nacionales e internacionales.
- Evaluar riesgos para la salud humana a través de la exposición crónica.
- Control de calidad en la producción y procesamiento de alimentos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación.	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio. Rúbrica de reporte de práctica.
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Food and Agriculture Organization (FAO) & World Health Organization (WHO). (2019). *Codex Alimentarius: General standard for food additives (CXS 192-1995)*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
National Research Council. (2011). *Prudent Practices in the Laboratory*. The National Academies Press.
Romero, S. & Jiménez, J. (2019). *Espectrofotometría aplicada al análisis de contaminantes*. Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria, 17(2), 85–94. <https://doi.org/10.1000/rcta.2019.01702>

OpenAI. (2025). *Asistencia generada por IA. ChatGPT*. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Normas técnicas y directrices internacionales aplicables a la **cuantificación de tóxicos no volátiles en alimentos** y a la **valoración del riesgo para la salud humana**. Estas normas son utilizadas tanto por laboratorios de control de calidad como por autoridades sanitarias para asegurar la inocuidad alimentaria.

Normas técnicas para la cuantificación de tóxicos no volátiles en alimentos

NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba

NOM-F-318-S-1978, Determinación de nitritos en embutidos.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Evaluación Experimental de la Ingesta Diaria Admisible (IDA) de una Sustancia Tóxica en Alimentos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Determinar la concentración de una sustancia tóxica específica en una muestra alimentaria, para estimar la ingesta diaria real de dicha sustancia y compararla con la IDA establecida para evaluar el riesgo potencial para la salud.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Ingesta Diaria Admisible (IDA) de Tóxicos Presentes en los Alimentos

La Ingesta Diaria Admisible (IDA) es la cantidad máxima de un contaminante o sustancia tóxica (como un aditivo alimentario, residuo de plaguicida o medicamento veterinario) que se puede consumir diariamente durante toda la vida sin que represente un riesgo apreciable para la salud humana. Se expresa generalmente en miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal por día (mg/kg pc/día). Establecer la IDA permite regular y controlar la presencia de tóxicos en los alimentos para garantizar la seguridad del consumidor, prevenir efectos adversos y orientar políticas de salud pública.

Proceso para Determinar la IDA

Evaluación toxicológica:

Se realizan estudios en animales para determinar la Dosis Sin Efecto Adverso Observado (NOAEL, por sus siglas en inglés). Posteriormente, se analizan los efectos crónicos, agudos y de acumulación.

Aplicación de factores de seguridad:

Para compensar incertidumbres en extrapolación de datos animales a humanos, se aplica un factor (usualmente 100) para obtener la IDA. Para calcular la IDA, se divide el nivel sin efecto observado (NOAEL) por un factor de seguridad (FS) que suele ser de 100.

Fórmula general para calcular la IDA:

IDA = NOAEL / FS

Explicación de los términos:

NOAEL (No Observed Adverse Effect Level):

Es el nivel de exposición más alto a una sustancia que no produce efectos adversos en los estudios de toxicología.

FS (Factor de Seguridad):

Es un factor que se utiliza para tener en cuenta las incertidumbres en los estudios y para proteger a los individuos más sensibles. El valor de FS puede variar, pero comúnmente se usa 100 para los aditivos alimentarios. Si un estudio de toxicología determina que el NOAEL de una sustancia es de 5 mg/kg de peso corporal/día y se utiliza un FS de 100, la IDA se calcularía así:

IDA = 5 mg/kg/día / 100 = 0.05 mg/kg/día

Ejemplos de Tóxicos y sus IDA

Sustancia	IDA (mg/kg pc/día)	Fuente Común en Alimentos
Plomo (Pb)	0.0035	Agua, vegetales, pescado contaminado
Aflatoxinas	0.000001	Cereales, frutos secos
Benzo[a]pireno	0.00003	Alimentos ahumados y asados
Dioxinas	0.000001	Pescado, lácteos, carnes
Acrilamida	0.17	Papas fritas, café, pan tostado

Aplicación Práctica

Las autoridades sanitarias como la FAO/OMS, EFSA y la FDA establecen límites basados en la IDA para regular residuos y contaminantes.

La IDA es clave en la elaboración de normas y vigilancia alimentaria, permitiendo que los alimentos cumplan con los estándares de seguridad.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y Reactivos

- Muestra alimentaria (ejemplo: cereal, aceite, leche, café).
- Estándar puro de la sustancia tóxica (ejemplo: acrilamida, plomo, aflatoxina, nitrito).
- Reactivos y solventes para extracción (dependiendo del método: agua destilada, ácido acético, ácido clorhídrico, metanol etc.).
- Reactivos para formación de complejo coloreado (según sustancia; ej. para nitritos: sulfanilamida y N-(1-naptil) etilendiamina dihidrocloruro).
- Equipos analíticos según la sustancia:
 - Espectrofotómetro UV-Vis
 - Cubetas para espectrofotometría (preferentemente de cuarzo o vidrio)
 - Espectrometría de masas (opcional)
- Balanzas analíticas, micropipetas, tubos de ensayo, viales, agitadores.
- Material volumétrico: pipetas, probetas, matraces aforados.
- Calculadora o software para cálculo.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento

1. Preparación y extracción de la muestra

- Pesar o medir una cantidad representativa de la muestra (por ejemplo 5 g o 5 mL).
- Realizar la extracción de la sustancia tóxica mediante un procedimiento adecuado:
 - Homogeneizar con solvente (agua, metanol o ácido diluido).
 - Filtrar o centrifugar para eliminar sólidos y obtener extracto claro.

2. Preparación de estándar y curva de calibración

- Preparar una serie de soluciones estándar con concentraciones conocidas de la sustancia tóxica (ej.: 0.1, 0.5, 1, 2, 5 mg/L).
- Para cada estándar, añadir los reactivos para la formación del complejo coloreado, siguiendo el protocolo específico (por ejemplo, para nitritos, reacción diazotación).
- Dejar reaccionar a temperatura y tiempo controlado (ejemplo, 10 minutos a 25°C).
- Medir absorbancia o respuesta analítica de cada estándar.
- Construir curva de calibración relacionando concentración y señal analítica.

3. Medición espectrofotométrica y Análisis cuantitativo de la muestra

- Calibrar el espectrofotómetro a la longitud de onda específica para el complejo coloreado (ejemplo, 540 nm para nitritos).
- Medir la absorbancia de cada estándar y registrar los valores.
- Construir la curva de calibración (absorbancia vs concentración).
- Medir la concentración del tóxico en el extracto de la muestra usando el método analítico seleccionado.
- Calcular concentración en la muestra (mg/kg o mg/L) a partir de la curva de calibración.

4. Estimación de Ingesta Diaria

- Consultar el consumo promedio diario del alimento en población objetivo (ejemplo: 100 g/día).
- Calcular Ingesta Estimada Diaria (IED):

$IED = \text{Concentración del tóxico en el alimento} \times \text{Consumo diario estimado}$

- Expresar IED en mg/kg peso corporal/día (considerando peso promedio corporal, ejemplo 70 kg).

4. Cálculo de concentración y exposición

- Calcular concentración en la muestra (mg/kg o mg/L).
- Estimar consumo promedio diario del alimento (ejemplo: 100 g/día).
- Calcular Ingesta Estimada Diaria (IED) en mg/kg pc/día usando:

$$IED = \text{Concentración (mg/kg)} \times \text{Consumo diario (kg)} / \text{Peso corporal (kg)}$$

Considerar peso corporal promedio de 70 kg.

5. Comparación con IDA y Evaluación de riesgo

- Obtener el valor de IDA para la sustancia toxica de fuentes oficiales.
- Comparar IED con el valor de IDA conocido para la sustancia.
- Comparar IED con IDA:
 - Si $IED \leq IDA \rightarrow$ Consumo seguro.
 - Si $IED > IDA \rightarrow$ Riesgo potencial.
- Concluir si la exposición es segura o presenta riesgo.

RESULTADOS ESPERADOS

Hoja de Datos y Resultados esperados (en blanco, solo para indicar los resultados necesarios para el posterior análisis e interpretación de estos datos, con propósito pedagógico de clarificar conceptos y facilitar la comprensión del estudiante de el proceso biológico complejo involucrado en esta práctica).

Parámetro	Valor / Observación
Tipo de muestra	
Peso/Volumen de muestra	
Método de extracción	
Reactivos utilizados	
Longitud de onda (nm)	
Concentración estándar (mg/L)	
Absorbancia estándar	
Concentración en muestra (mg/kg)	
Consumo diario estimado (g/día)	
Peso corporal considerado (kg)	
Ingesta estimada diaria (mg/kg pc/día)	
IDA conocida (mg/kg pc/día)	
Evaluación de riesgo	Seguro / Riesgoso

Hoja de Datos y Resultados (ejemplo simulado en I.A. con propósito pedagógico)

Práctica: Evaluación de la Ingesta Diaria Admisible (IDA) de Nitritos en Alimentos mediante Método Espectrofotométrico. Datos experimentales (en el ejemplo)

Parámetro	Valor / Observación
Tipo de muestra	Jugo de tomate
Peso/Volumen de muestra	10 mL
Método de extracción	Dilución con agua destilada y filtración
Reactivos utilizados	Sulfanilamida y N-(1-naptil)etilendiamina dihidrocloruro
Longitud de onda (nm)	540 nm
Concentraciones estándar (mg/L)	0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0
Absorbancias estándar	0.05, 0.24, 0.48, 0.95, 2.40

Cálculos

Curva de calibración

Se ajustó una recta con ecuación: $A = 0.48 \times C + 0.01$ Donde A es absorbancia y C concentración en mg/L.

Absorbancia muestra: A muestra = 0.30

Concentración en muestra: C muestra = 0.60 mg/L

Estimación de ingesta diaria

- Consumo promedio de jugo de tomate: 200 mL/día (0.2 L/día)
- Peso corporal promedio: 70 kg

$$\text{IED} = 0.60 \text{ mg/L} \times 0.2 \text{ L/día con 70 kg de peso corporal} = 0.0017 \text{ mg/kg pc/día}$$

$$\text{Valor de IDA para nitritos: IDA} = 0.07 \text{ mg / kg pc / día}$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS (Ejemplo propuesto de datos a analizar)

La estimación de la ingesta diaria de tóxicos en alimentos se calcula mediante diferentes métodos, dependiendo de la sustancia y el objetivo. Generalmente, se basa en datos sobre el consumo de alimentos, la concentración de la sustancia tóxica en esos alimentos, y el peso corporal del consumidor. La fórmula básica implica multiplicar la concentración de la sustancia tóxica en un alimento por la cantidad de ese alimento consumido, y luego considerar el peso corporal para expresar la ingesta en términos de mg/kg/día.

Interpretación

Si la IED es menor o igual que la IDA, el consumo del alimento se considera seguro respecto a esa sustancia.

Si la IED excede la IDA, existe un potencial riesgo que debe ser gestionado. **Evaluación**

Parámetro	Resultado
Concentración nitritos (mg/L)	0.60
Ingesta Estimada Diaria (mg/kg pc/día)	0.0017
IDA nitritos (mg/kg pc/día)	0.07
Evaluación de riesgo	Consumo seguro (IED < IDA)

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusión (del ejemplo) La concentración de nitritos en el jugo de tomate está dentro de rango seguro para el consumo diario, ya que la Ingesta Estimada Diaria (0.0017 mg/kg pc/día) es menor que la Ingesta Diaria Admisible establecida (0.07 mg/kg pc/día).

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio. Rúbrica de reporte de práctica.
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Food and Agriculture Organization / World Health Organization (FAO/WHO). (2002). *Evaluation of certain food additives and contaminants: Fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. WHO Technical Report Series No. 900. World Health Organization.
<https://www.who.int/publications/i/item/9241209003>

International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 22000:2018 - Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain*. ISO. <https://www.iso.org/standard/65464.html>

United States Environmental Protection Agency (US EPA). (1992). *Guidelines for exposure assessment (EPA/600/Z-92/001)*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/risk/guidelines-exposure-assessment>

ChatGPT. (2025). Asistente virtual en Práctica de laboratorio. OpenAI. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Normas técnicas y documentos regulatorios aplicables

Codex Alimentarius – FAO/OMS

Principles and Guidelines for the Conduct of Chemical Risk Assessment (incl. dietary exposure assessment)
Documento interno del Codex (no numerado específico), adoptado por la **Comisión del Codex Alimentarius**.
Aplica directamente para evaluar contaminantes, aditivos, residuos de plaguicidas y sustancias tóxicas en alimentos.

U.S. EPA (Environmental Protection Agency)

Guidelines for Exposure Assessment (EPA/600/Z-92/001, 1992). Aunque es de EE. UU., es una guía técnica ampliamente usada en evaluaciones de exposición en alimentos, agua, aire, etc.

ISO / CEN Normas técnicas (menos específicas, pero aplicables)

ISO 22000:2018 – *Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos*. Norma de gestión de riesgos, incluye identificación y control de peligros químicos.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Determinación de Componentes Tóxicos Volátiles en Alimentos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Simular la cuantificación de aldehídos (acroleína, hexanal) y compuestos sulfurados (metanotiol, sulfuro de hidrógeno) en muestras de alimentos para valorar el impacto de la forma de preparación de los alimentos sobre su potencial toxigénico.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Cuantificación de Tóxicos Volátiles Presentes en Alimentos. Los tóxicos volátiles en alimentos son compuestos químicos orgánicos que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente y pueden ser perjudiciales para la salud humana. Ejemplos comunes incluyen aldehídos (como el formaldehído y acroleína), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), y compuestos sulfurados. La presencia de tóxicos volátiles en alimentos puede ser resultado de procesos de cocción (p. ej., fritura, asado), almacenamiento o contaminación ambiental. Su cuantificación es vital para asegurar la seguridad alimentaria y la salud pública. Aldehídos Volátiles en Alimentos. Los aldehídos son compuestos orgánicos con un grupo funcional carbonilo ($-CHO$) altamente reactivo y volátil, que se forman principalmente por oxidación lipídica durante procesos de cocción (fritura, asado), almacenamiento o deterioro de alimentos ricos en lípidos. Algunos aldehídos comunes son: • Acroleína ($CH_2=CHCHO$): Muy tóxica, se forma en aceites recalentados. • Malondialdehído (MDA): Indicador de peroxidación lipídica, asociado con daños celulares. • Hexanal: Producto típico de oxidación de ácidos grasos omega-6. Los aldehídos no solo afectan la calidad organoléptica (olor y sabor) sino que pueden ser carcinogénicos y citotóxicos. Compuestos Sulfurados Volátiles. Los compuestos sulfurados contienen átomos de azufre, responsables del aroma característico en algunos alimentos (ajo, cebolla) y pueden formarse por degradación de aminoácidos sulfurados o contaminación ambiental. Algunos tóxicos son: • Sulfuro de hidrógeno (H_2S): Tóxico en altas concentraciones. • Metanotiol (CH_3SH): Mal olor y potencial tóxico. • Ditioles y disulfuro de dimetilo: Presentes en alimentos fermentados o contaminados. Estos compuestos son altamente volátiles y pueden provocar irritación y toxicidad si se inhalan o ingieren en exceso. Técnicas Analíticas para Cuantificación Extracción y Concentración Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME): Técnica no destructiva que extrae selectivamente los compuestos volátiles del espacio de cabeza sin necesidad de solventes, usando fibras recubiertas (DVB/CAR/PDMS recomendada para aldehídos y sulfurados). Headspace Static y Dynamic Sampling: Permiten separar los volátiles sin contacto directo con la matriz, manteniendo la integridad del alimento. Análisis Instrumental Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS): Método preferido para separar, identificar y cuantificar compuestos volátiles gracias a su alta sensibilidad, resolución y capacidad de análisis cuali-cuantitativo.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y Reactivos

- Muestras de alimentos (aceite de cocina usado, cebolla fresca, ajo, alimentos procesados).
- Estándares puros: acroleína, hexanal, metanotiol, sulfuro de hidrógeno.
- Fibra SPME DVB/CAR/PDMS (de 50/30 μm).
- Viales de headspace de 20 mL con tapa hermética PTFE/silicone.
- Equipo GC-MS y GC-SCD.
- Solventes de limpieza (metanol HPLC grado).
- Baño termostatzado.
- Agitador magnético.
- Guantes, gafas y campana extractora.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento Paso a Paso

Preparación de muestras:

Homogeneizar la muestra sólida o líquida.

Colocar 5 g o 5 mL en vial de headspace.

Sellar herméticamente.

Condiciones de incubación:

Incubar en baño termostatzado a 60 °C por 20 min para equilibrar volátiles.

Extracción HS-SPME:

Insertar fibra SPME en headspace del vial.

Exposición durante 30 minutos con agitación suave (500 rpm).

Análisis cromatográfico:

Desorber la fibra en inyector del GC a 250 °C por 3 minutos.

Método GC-MS:

Columna capilar polar (ej. DB-WAX),

Programa de temperatura: inicio 40 °C (2 min), subir 5 °C/min hasta 250 °C.

Método GC-SCD para compuestos sulfurados.

Registro de espectros y tiempos de retención.

Curvas de calibración:

Preparar soluciones estándar en matriz similar o solvente, con concentraciones conocidas (0.1 - 10 ppm).

Analizar estándares con mismo procedimiento.

Construir curva área pico vs concentración.

Cuantificación:

Calcular concentraciones en muestras interpolando en curvas.

Reportar en mg/kg o mg/L.

Seguridad

- Manipular aldehídos y compuestos sulfurados en campana extractora.
- Usar equipo de protección personal (guantes, gafas).
- Disponer residuos orgánicos adecuadamente.

RESULTADOS ESPERADOS

Hoja de Datos (ejemplificado para propósitos pedagógicos)

Parámetro	Valor / Observación
Muestra	Aceite usado
Peso/Volumen	5 mL
Temperatura de incubación	60 °C
Tiempo de incubación	20 minutos
Tiempo de extracción SPME	30 minutos
Tipo de fibra SPME	DVB/CAR/PDMS 50/30 µm
Condiciones GC-MS	Columna DB-WAX; temp. 40–250 °C
Concentraciones estándar (ppm)	0.1, 0.5, 1, 5, 10

Ejemplo de Resultados (simulación de resultados para propósitos pedagógicos)

Compuesto	Tiempo Retención (min)	Absorbancia (área pico)	Concentración estimada (mg/L)
Acroleína	4.2	13500	2.3
Hexanal	7.8	8900	1.4
Metanotiol	3.5	7200	0.9
Sulfuro de hidrógeno	2.1	5400	0.5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

(ejemplificación de análisis de resultados mediante una simulación en I.A., para propósitos pedagógicos)

Interpretación de Resultados

- Los niveles elevados de aldehídos como acroleína indican deterioro del aceite y posible formación de compuestos tóxicos.
- Los compuestos sulfurados en alimentos frescos aportan aroma pero en exceso pueden ser tóxicos o indicar contaminación.
- Comparar resultados con límites máximos permisibles para evaluar seguridad.

Interpretación: Se detectaron aldehídos y compuestos sulfurados en concentraciones compatibles con aceite de cocina degradado y presencia de compuestos volátiles en alimentos frescos, respectivamente.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

El protocolo HS-SPME combinado con GC-MS y GC-SCD es una metodología sensible, rápida y eficiente para cuantificar aldehídos y compuestos sulfurados volátiles en alimentos, contribuyendo a la evaluación de la calidad y seguridad alimentaria.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de <u>reporte de prácticas</u>	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

AOAC International:

AOAC International. (2007). *AOAC Official Method 2007.06: Acrylamide in foods by LC-MS/MS*. In *Official Methods of Analysis of AOAC International*. <https://www.aoac.org/>

Normas Mexicanas:

Secretaría de Salud. (1994). *NOM-117-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de contaminantes en alimentos*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx/>

EPA (Environmental Protection Agency):

United States Environmental Protection Agency. (2006). *Method 8260C: Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)*. U.S. EPA.
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8260c.pdf>

OpenAI. (2025). *ChatGPT [Large language model]*. <https://chat.openai.com>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Codex Alimentarius (FAO/OMS)

1. **CAC/GL 56-2005** – *Directrices sobre la aplicación de los principios generales del Codex para la evaluación del riesgo de contaminantes en los alimentos*.
2. **Codex STAN 193-1995** – *Norma general para contaminantes y toxinas presentes en los alimentos*.
 - Establece límites máximos recomendados y principios para compuestos tóxicos en general.

ISO (International Organization for Standardization)

1. **ISO 27108:2013** – *Determination of volatile organic compounds (VOCs) in water — Method using gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS)*.

AOAC International (Association of Official Analytical Chemists)

1. **AOAC 2007.06** – *Determination of Acrylamide in Food by LC-MS/MS*.
 - Método validado para acrilamida.

EPA (Environmental Protection Agency, EE. UU.). Aunque orientadas a matrices ambientales, son muy usadas como referencia para validación de métodos en alimentos:

EPA Method 8260C – *Volatile Organic Compounds by GC/MS*. Base técnica muy usada para compuestos volátiles.

EN 13130-4 – *Materials and articles in contact with foodstuffs — Determination of formaldehyde in food simulants by spectrophotometry*.

Normas Latinoamericanas

Ejemplo: México (NOMs), Colombia (ICONTEC), Argentina (IRAM)

- **NOM-117-SSA1-1994** – *Métodos de prueba microbiológicos y químicos para alimentos.*
- **ICONTEC NTC 4095** – *Determinación de compuestos orgánicos volátiles en alimentos y bebidas.*
- **IRAM 29001** – *Determinación de residuos de contaminantes en alimentos mediante GC-MS.*

¿Para qué sirven estas normas?

- **Validar métodos analíticos** (precisión, LOD, LOQ, linealidad, etc.)
- **Asegurar calidad de resultados** de laboratorio.
- **Establecer límites máximos permitidos** para proteger la salud.
- **Facilitar auditorías, control sanitario y comercio internacional.**

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Reacciones metabólicas de transformación de sustancias tóxicas presentes en alimentos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Simular las fases de biotransformación hepática. Mediante la transformación del tóxico modelo y la evaluación de la efectividad de los sistemas enzimáticos por el análisis de productos obtenidos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los alimentos pueden contener sustancias tóxicas de origen natural (toxinas vegetales o animales), contaminantes ambientales (metales pesados, pesticidas) o compuestos generados por el procesamiento (acrilamida, hidrocarburos aromáticos, nitrosaminas). Una vez ingeridas, estas sustancias pueden ser transformadas por el organismo mediante procesos metabólicos para facilitar su eliminación o, en algunos casos, convertirse en formas aún más tóxicas. Este proceso de transformación ocurre principalmente en el hígado y se conoce como **biotransformación**. Estas reacciones, principalmente hepáticas, convierten las sustancias lipofílicas en compuestos más polares, facilitando su eliminación por orina o bilis.

El hígado es el principal órgano de detoxificación, donde enzimas como el **citocromo P450** participan en la Fase I del metabolismo, mientras que otras enzimas catalizan las reacciones de conjugación en la Fase II. Esta práctica reproduce ese sistema en condiciones controladas para demostrar la transformación de una toxina modelo (ej. benzo[a]pireno o paracetamol como simulante).

Ejemplos de Sustancias Tóxicas en Alimentos y su Biotransformación

Sustancia Tóxica	Fuente alimentaria	Transformación metabólica	Riesgo asociado
Acrilamida	Papas fritas, café	Glutación conjugación → ácido mercaptúrico	Neurotóxico, probable carcinógeno
Nitritos/nitrosaminas	Carnes curadas	Reducción → aminas, Oxidación → radicales	Potencial carcinogénico
Aflatoxina B ₁	Maíz, cacahuate contaminado	Oxidación por CYP450 → epóxido aflatoxina B ₁	Altamente hepatocarcinógeno
Benzo[a]pireno	Alimentos ahumados	Oxidación → epóxidos → conjugación con glutación	Mutagénico, carcinogénico
Metales pesados (Pb, Hg)	Pescados, agua contaminada	No se metabolizan → unión a proteínas y tejidos	Neurotóxicos, bioacumulativos

Importancia del metabolismo en toxicología alimentaria

Determinación de toxicidad real: Una sustancia puede ser inocua en su forma original y tóxica tras el metabolismo (bioactivación). Algunos metabolitos son más **tóxicos o mutagénicos** que el compuesto original (ej. epóxidos).

Evaluación de riesgo: La toxicidad depende no solo de la dosis, sino también de la capacidad del organismo para detoxificar.

Variabilidad individual: La eficiencia de detoxificación depende de factores genéticos, edad, estado nutricional y exposición simultánea a otros tóxicos.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos:

- Baño María o incubadora a 37 °C
- Espectrofotómetro UV-Vis y/o sistema HPLC con detector UV
- Centrífuga refrigerada
- Vórtex, micropipetas, tubos Eppendorf y Falcon
- Balanza analítica, vidrio de laboratorio
- pH-metro o tiras indicadoras

Reactivos:

- **Tóxico modelo:** benzo[a]pireno, **paracetamol** o acrilamida
- **Microsomas hepáticos** (o fracción S9 comercial, de hígado de rata/humano)
- Tampón fosfato 0.1 M, pH 7.4
- NADPH regenerating system (solución A + B o sistema casero)
- GSH (glutación reducido), acetil-CoA o ácido glucurónico
- Etanol o DMSO (disolvente del tóxico)
- Acetonitrilo o metanol (para extracción)
- Control sin enzimas
- Solución de control: sin enzimas
- Agua destilada

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento Detallado

Preparación de soluciones:

Disolver el tóxico modelo (ej. benzo[a]pireno) en etanol (stock: 1 mM).

Preparar **tampón fosfato 0.1 M, pH 7.4**.

Activar el sistema **NADPH regenerador** (según fabricante o casero: NADP⁺, glucosa-6-fosfato y G6PDH).

Preparar solución de **GSH 1 mM**, si se simula Fase II.

Preparación del sistema enzimático

Preparar mezcla de incubación en tubo:

0.5 mL de tampón fosfato (pH 7.4)

0.1 mL de microsomas (1 mg/mL de proteínas)

0.1 mL de NADPH (1 mM final)

0.1 mL de GSH (1 mM, si se incluye Fase II)

0.1 mL del tóxico modelo (disuelto en etanol, concentración final: 50–100 µM)

Completar con agua destilada hasta 1 mL

Preparar un tubo control **sin microsomas** (reacción negativa).

Incubar a 37 °C durante 30–60 minutos con agitación.

Incubación metabólica

En tubos de reacción (total volumen: 1 mL):

0.5 mL de tampón fosfato

0.1 mL de microsomas o fracción S9

0.1 mL del tóxico (dilución final: 50–100 µM)

0.1 mL de NADPH regenerador

0.1 mL de GSH (opcional, para Fase II)
Agua destilada hasta completar volumen

Incubar a 37 °C durante 30–60 minutos con agitación leve.

Preparar **controles**:

Sin microsomas

Sin NADPH

Solo con tampón y tóxico

Finalización de la reacción

Detener con 1 mL de **acetonitrilo** o metanol frío.

Vortex 30 s y centrifugar a 12,000 rpm por 10 minutos a 4 °C.

Recuperar sobrenadante para análisis.

Consideraciones de Seguridad

Usar guantes, bata, gafas.

Trabajar en campana extractora si se usan compuestos volátiles o tóxicos.

Evitar exposición directa a benzo[a]pireno o acrilamida (potencialmente cancerígenos).

Desechar residuos según protocolo de residuos biológicos y químicos.

RESULTADOS ESPERADOS (Ejemplificados)

Espectrofotometría UV-Vis

Medir absorbancia entre 220–400 nm.

Comparar espectro del producto con el del compuesto original.

Disminución o desplazamiento de picos indica transformación.

Resultados esperados

Disminución de la concentración del compuesto tóxico inicial.

Pérdida del pico UV del tóxico original.

Aparición de nuevos picos o bandas correspondientes a los metabolitos.

Mayor transformación en tubos con NADPH y microsomas.

El sistema sin microsomas (control) no debe mostrar transformación.

Control sin microsomas debe mantener el tóxico sin cambios.

Comparación con bibliografía de tiempos de retención de metabolitos conocidos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Discusión

(Herramienta pedagógica sugerida: Emplear alguna I.A. para solicitar una simulación de datos de esta práctica)

Identificar si los productos son potencialmente tóxicos (bioactivación) o inofensivos (detoxificación).

Comparar con literatura sobre metabolitos conocidos.

Comentar implicaciones toxicológicas y relevancia en seguridad alimentaria.

Evaluación (Guía sugerida)

Análisis de resultados experimentales.

Elaboración de informe con gráficos de espectros o cromatogramas.

Respuesta a preguntas guía sobre mecanismos metabólicos.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Aplicaciones potenciales

- Evaluación de riesgo alimentario
- Estudios de metabolismo en toxicocinética
- Monitoreo de exposición crónica a contaminantes alimentarios
- Diseño de estrategias de detoxificación (nutracéuticos, antioxidantes)

Conclusión (sugerencia con propósitos pedagógicos)

El metabolismo de sustancias tóxicas en alimentos es una defensa clave del organismo, pero también puede generar metabolitos dañinos si las enzimas no funcionan correctamente o si las exposiciones son muy altas. Comprender estas reacciones permite evaluar el riesgo toxicológico de los alimentos, diseñar estrategias de mitigación y formular políticas de seguridad alimentaria.

La práctica permitió observar la transformación metabólica de un tóxico alimentario modelo y evidenciar el papel de las enzimas hepáticas en la detoxificación o activación de xenobióticos. Estos modelos son fundamentales en toxicología alimentaria para prever riesgos en humanos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

FAO/WHO. (2020). *Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants: Toxicological Summary and Evaluations*.

International Programme on Chemical Safety (IPCS). (2021). *Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food*. WHO.

Ioannides, C. (2002). *Cytochrome P450: Role in the Metabolism of Xenobiotics*. RSC Publishing.

Klaassen, C. D. (Ed.). (2019). *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

WHO (2021). *Food safety risk assessment of contaminants in food*.

OpenAI. (2025). ChatGPT (Versión GPT-4). Generación de contenido especializado en toxicología alimentaria.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Codex Alimentarius (FAO/OMS). *General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CXS 193-1995)*. Establece límites máximos de contaminantes y principios de evaluación de riesgo.

ISO 22000:2018. *Sistemas de gestión de inocuidad de los alimentos – Requisitos* Abarca la seguridad alimentaria y puntos críticos de control (HACCP).

Reglamento (CE) N.º 1831/2006. *Establece los niveles máximos de ciertos contaminantes en productos alimenticios*. Aplicable para aflatoxinas, acrilamida, metales pesados, etc.

Normas mexicanas (NOM y NMX)

NOM-117-SSA1-1994. *Métodos de prueba para la determinación de contaminantes en alimentos.* Incluye parámetros para plaguicidas, metales pesados y micotoxinas.

NOM-243-SSA1-2010. *Productos lácteos – especificaciones sanitarias y métodos de prueba.* Incluye evaluación de contaminantes y toxinas por degradación.

NOM-251-SSA1-2009. *Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.* Considera peligros químicos y su control.

NMX-AA-003-1980. *Guía para el muestreo de contaminantes orgánicos en productos naturales.* (útil para residuos de pesticidas y su degradación).

Manual FAO/OMS para la evaluación de riesgos químicos en alimentos (2020). Estándares para estimar exposición y evaluar procesos de degradación de tóxicos.

NOM-130-SSA1-1995. *Bienes y servicios. Productos de cacao y chocolate. Especificaciones sanitarias* Incluye micotoxinas como aflatoxinas en cacao, con posibilidad de degradación térmica.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Cuantificación de ácido acetilsalicílico (AAS) en orina por espectrofotometría UV-Vis.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Cuantificar la concentración de ácido acetilsalicílico y/o su principal metabolito (ácido salicílico) presente en una muestra de orina, mediante espectrofotometría UV-Vis, empleando una curva de calibración para estimar concentraciones desconocidas.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuantificación de Ácido Acetilsalicílico (AAS) en Orina

El ácido acetilsalicílico, conocido comúnmente como aspirina, es un fármaco antiinflamatorio, analgésico y antipirético ampliamente utilizado. Su detección y cuantificación en fluidos biológicos como la orina es importante para estudios farmacocinéticos, monitoreo terapéutico y toxicología.

El ácido acetilsalicílico se hidroliza en el organismo a ácido salicílico, que es el metabolito activo. Ambos compuestos pueden ser analizados en orina. Para su cuantificación, se utilizan técnicas analíticas como la espectrofotometría UV-Vis, cromatografía líquida (HPLC) o técnicas electroquímicas.

El ácido salicílico absorbe fuertemente en la región UV, particularmente a una longitud de onda cercana a los **296–300 nm**. Esto permite su detección y cuantificación por **espectrofotometría UV-Vis**. Para conocer la concentración del fármaco en una muestra biológica, se puede realizar una **curva de calibración** con soluciones estándar de concentración conocida, y usar la ecuación de la recta para estimar la concentración de las muestras problema. La absorbancia de una solución es directamente proporcional a su concentración (Ley de Beer-Lambert), lo que permite cuantificar la sustancia en la muestra mediante comparación con estándares.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Cubetas de cuarzo
- Pipetas y micropipetas
- Vaso de precipitados
- Matraz aforado de 100 mL
- Embudo y papel filtro o filtro de jeringa (0.45 µm)
- Baño maría o calentador
- Vórtex y centrífuga (si se extrae)
- Tubos de ensayo o viales
- Guantes, bata, gafas de seguridad

Reactivos:

- Muestra de orina con AAS (real o simulada)
- Ácido salicílico estándar (pureza ≥99%) (pureza conocida)
- Etanol absoluto o metanol (opcional, para extracción)
- Solución tampón fosfato pH 2.2 o ácido clorhídrico 0.1 N
- Solución tampón fosfato (pH 7.0)
- Agua destilada

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento general para espectrofotometría UV-Vis

a) Preparación de la muestra

- Recolectar muestra de orina fresca.
- Filtrar para eliminar sólidos.
- Ajustar pH si es necesario.

b) Preparación de estándares

- Preparar soluciones estándar de ácido acetilsalicílico o ácido salicílico en un rango conocido de concentración.

c) Medición

- Determinar el máximo de absorción (λ_{max}) de la sustancia.
- Medir absorbancia de estándares y muestras.

Calcular concentración mediante curva de calibración.

Procedimiento particular para determinación de ácido salicílico por espectrofotometría UV-Vis

Preparación de soluciones

A. Solución estándar madre de ácido salicílico:

Pesar 0.050 g de ácido salicílico.
Disolver en 100 mL de etanol absoluto.
Esta solución contiene **500 mg/L**.

B. Soluciones estándar diluidas:

Preparar soluciones de concentración: 10, 20, 40, 60, 80 mg/L por dilución con etanol absoluto.

Preparación de la muestra de orina

Filtrar la orina para eliminar sólidos.
Tomar 5 mL de muestra y mezclar con 5 mL de etanol.
Agitar vigorosamente o usar vortex.
Ajustar el pH a ~2.2 con ácido clorhídrico para estabilizar el ácido salicílico.
Calentar a 40 °C durante 10 minutos para favorecer la liberación.
Filtrar nuevamente.
Diluir si es necesario (absorción final entre 0.2 y 1.0 A).

Determinación del $\lambda_{\text{máx}}$

Usar una solución estándar (por ejemplo, 20 mg/L).
Medir el espectro de 200 a 400 nm.
Identificar el pico de absorción máxima (aproximadamente a 296 nm).

Medición de absorbancia

Calibrar el espectrofotómetro con etanol como blanco.
Medir la absorbancia de cada estándar a $\lambda_{\text{máx}}$.
Medir las muestras de orina en las mismas condiciones.
Registrar todas las lecturas.

Cálculos

Construir la curva de calibración (Absorbancia vs Concentración).
Ajustar una línea recta ($y = mx + b$).
Usar la absorbancia de la muestra para interpolar su concentración.
Calcular la concentración final en mg/L de orina.

Seguridad

- Manipular los solventes (etanol/metanol) en campana extractora.
- Usar equipo de protección personal en todo momento.
- Evitar contacto directo con la orina.
- Desechar residuos en contenedores biológicos o químicos según normativa.

Resultados esperados

- Curva lineal con $R^2 > 0.99$.
- Detección de ácido salicílico en orina en concentraciones que reflejen consumo terapéutico de aspirina (5–50 mg/L, típicamente).
- Buen ajuste entre las muestras y la curva de calibración.

RESULTADOS ESPERADOS

Ejemplo de Resultados:

A. Datos de la curva de calibración:

Concentración (ppm) Absorbancia ($\lambda = 296 \text{ nm}$)

0	0.000
5	0.112
10	0.215
20	0.421
30	0.632
40	0.832

Ecuación de la recta: $y = 0.0207x + 0.0012$ $R^2 = 0.999$

B. Muestra de orina (absorbancia medida): 0.437

Cálculo de concentración:

Usando la ecuación: $0.437 = 0.0207x + 0.0012 \Rightarrow x \approx 21.0 \text{ ppm de ácido salicílico en orina}$

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas o guías para la interpretación de los datos.

- La curva de calibración fue lineal, con un coeficiente de correlación muy cercano a 1 ($R^2 = 0.999$), lo que indica una alta precisión del método.
- La muestra de orina analizada mostró una concentración de aproximadamente **21 ppm** de ácido salicílico, lo cual puede corresponder a una dosis reciente de AAS administrada.
- La espectrofotometría UV-Vis resulta un método útil, accesible y confiable para la cuantificación de fármacos o sus metabolitos en fluidos biológicos.
- La muestra debe ser adecuadamente tratada para evitar interferencias (proteínas, sales, etc.).

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones:

- Se logró cuantificar con éxito ácido salicílico en una muestra de orina.
- La espectrofotometría UV-Vis permitió una detección precisa y sensible.
- El método puede emplearse en toxicología, control farmacológico o monitoreo clínico.
- La curva de calibración es esencial para la cuantificación fiable en muestras desconocidas.

Recomendaciones:

- Emplear cubetas de cuarzo limpias y sin rayones para evitar errores en absorbancia.
 - Realizar más réplicas para mayor confiabilidad.
- Complementar este análisis con HPLC para validación cruzada si se requiere mayor especificidad.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

González, M., & Romero, J. (2020). *Métodos espectrofotométricos aplicados a la cuantificación de fármacos en muestras biológicas*. Revista de Ciencias Farmacéuticas, 48(2), 123–130.

<https://doi.org/10.1016/j.rcfar.2020.04.005>

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2020). *Manual de toxicología clínica*. Departamento de Farmacología y Toxicología.

ChatGPT. (2025). *Asistente* [Modelo de lenguaje]. OpenAI. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-220-SSA1-2016 – *Farmacovigilancia* Aplica a la notificación y análisis de eventos adversos por aspirina, incluyendo intoxicación aguda o crónica.

Norma Oficial Colombiana NTC 5254 – *Buenas prácticas clínicas en laboratorios* Incluye requerimientos de calidad para estudios clínicos y ensayos con medicamentos.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Determinación de Cafeína en Productos Alimenticios por Espectrofotometría UV-Vis
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Determinar la concentración de cafeína presente en diferentes productos alimenticios (café, té, bebidas energéticas, chocolate) usando espectrofotometría ultravioleta-visible, mediante la construcción de una curva de calibración y el análisis de muestras por extracción y filtración.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La cafeína es un alcaloide del grupo de las xantinas, conocido por sus propiedades estimulantes del sistema nervioso central. Es la sustancia psicoactiva más consumida en el mundo.

- Incremento del metabolismo basal y oxidación de grasas.
- Estimula el estado de alerta, y disminuye la sensación de fatiga.
- Aumenta la capacidad de concentración y rendimiento cognitivo a dosis moderadas.
- En dosis altas puede causar nerviosismo, insomnio, taquicardia o dependencia.
- Potencial efecto neuroprotector en enfermedades de Alzheimer y Parkinson.

Fuentes y presencia en alimentos

Naturales: granos de café (*Coffea arabica*, *Coffea canephora*), hojas de té (*Camellia sinensis*), semillas de cacao (*Theobroma cacao*), nuez de cola, yerba mate.

Adicionados: bebidas energéticas, refrescos de cola, suplementos dietéticos, algunos productos farmacéuticos y suplementos dietéticos.

Contenido en productos alimenticios (mg/porción)

- | Producto (porción): contenido de cafeína (mg/porción) | |
|--|-----------------------------------|
| • Café filtrado (240 mL): 95-165 mg | Café espresso (30 mL): 30-75 mg |
| • Té negro (240 mL): 25-48 mg | Té verde (240 mL): 20-45 mg |
| • Bebidas energéticas (250 mL): 70-100 mg | Refrescos cola (355 mL): 30-55 mg |

Regulaciones y recomendaciones

La FDA recomienda un consumo máximo de 400 mg/día para adultos sanos. Dosis altas (>400 mg/día) pueden causar ansiedad, insomnio, palpitaciones y dependencia.

Mujeres embarazadas deben limitar el consumo a 200 mg/día. En embarazo: riesgo asociado con aborto espontáneo y bajo peso al nacer.

Etiquetado obligatorio de cafeína en productos con adición superior a 15 mg/servicio (según la FDA).

Toxicidad aguda: dosis letal estimada (LD50) es de aproximadamente 150-200 mg/kg en humanos.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

Espectrofotómetro UV-Vis con cubetas de cuarzo

Balanza analítica (precisión ± 0.001 g) Baño ultrasónico Vórtex o agitador mecánico

Pipetas volumétricas y micropipetas con puntas desechables Filtros de jeringa de 0.45 μ m

Vaso de precipitados Matraz aforado de 100 mL y vasos de precipitados

Reactivos

Estándar de Cafeína pura (>99% pureza) Metanol grado analítico Agua destilada o desionizada

Solución metanol:agua 50:50 (v/v) preparada en laboratorio Muestras de alimentos a analizar: café soluble, té, bebida energética

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento

Preparación de la solución estándar madre

Pesar con precisión 0.100 g de cafeína estándar y transferir a un matraz aforado de 100 mL.

Disolver y completar con solución metanol:agua 50:50 hasta la marca, concentración de 1000 mg/L.

Preparación de soluciones estándar de calibración

Preparar soluciones diluidas por pipeteo a partir de la solución madre para obtener concentraciones: 10, 20, 40, 60, 80 mg/L. Agitar bien cada solución con vortex.

Preparación de muestras líquidas (café, té, bebidas energéticas)

Homogeneizar la muestra.

Tomar 5 mL y filtrar con jeringa y filtro de 0.45 μ m para eliminar partículas y posibles interferentes.

Si la muestra es muy concentrada, diluir adecuadamente con solución metanol: agua 50:50 para que la absorbancia esperada quede dentro del rango 0.1-1.0.

Preparación de muestras sólidas (chocolate)

Moler finamente 1 g de muestra con mortero y pistilo.

Transferir a un vaso de precipitados con 20 mL de solución metanol: agua 50:50.

Someter a extracción en baño ultrasónico durante 20 minutos a temperatura ambiente para mejorar la liberación de cafeína.

Filtrar la mezcla con filtro de jeringa 0.45 μ m.

Diluir extracto si es necesario para adecuar la absorbancia.

Determinación del λ_{max}

Medir el espectro de absorción de la solución estándar de cafeína en rango 200-400 nm para confirmar λ_{max} (~272 nm).

Medición de absorbancia

Calibrar el espectrofotómetro con solución metanol: agua 50:50 (blanco).

Medir la absorbancia de cada solución estándar y de las muestras a 272 nm.

Registrar los datos.

Cálculos

Graficar absorbancia vs concentración para las soluciones estándar.

Ajustar la curva a una línea recta y determinar la ecuación de calibración ($y = mx + b$).

Calcular la concentración de cafeína en las muestras interpolando los valores de absorbancia.

Expresar resultados en mg de cafeína por porción o por gramo de muestra.

Precauciones y seguridad

Trabajar en campana extractora al manipular metanol, debido a su toxicidad e inflamabilidad.

Utilizar siempre equipo de protección personal: guantes, gafas, bata.

No ingerir ni inhalar reactivos.

Manejar con cuidado el espectrofotómetro y las cubetas para evitar daños.

Desechar los residuos según las normativas de seguridad.

RESULTADOS ESPERADOS

- Curva de calibración lineal con buen coeficiente de correlación ($R^2 > 0.99$).
- Concentraciones de cafeína dentro de los rangos típicos para cada producto.
- Repetibilidad en las mediciones con bajo coeficiente de variación (<5%).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Temas guía para la interpretación de datos en una práctica de laboratorio sobre la **determinación de cafeína en alimentos sólidos o líquidos** (por ejemplo, refrescos, café, té, chocolates, suplementos, etc.).

1. Identificación y comprensión del método
2. Análisis de la curva de calibración
3. Resultados del análisis de muestras
4. Validación del procedimiento
5. Evaluación de posibles errores
6. Comparación con normativas o límites de referencia
7. Interpretación científica
8. Reflexión crítica

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

REFLEXIONES SUGERIDAS

La determinación de cafeína en alimentos permite no solo controlar la calidad del producto, sino también proteger la salud del consumidor, especialmente en poblaciones sensibles como niños, embarazadas o personas con problemas cardiovasculares.

El contenido de cafeína en productos naturales puede variar significativamente debido a factores como el tipo de grano o hoja, el método de procesamiento, y la técnica de preparación, lo que debe considerarse al interpretar resultados.

El estudio analítico de cafeína representa una excelente oportunidad para aplicar conocimientos de química analítica, toxicología y legislación alimentaria en un contexto práctico y relevante.

La creciente presencia de cafeína en productos no tradicionales (como suplementos, productos funcionales o incluso cosméticos) plantea desafíos para la regulación y la vigilancia sanitaria.

El diseño de prácticas de laboratorio de este tipo fomenta habilidades críticas en el manejo instrumental, análisis de datos y evaluación del impacto de los compuestos químicos sobre la salud pública.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio. Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Harris, D. C. (2015). *Análisis Químico Cuantitativo*. 8ª edición. McGraw-Hill Interamericana.

INSP (Instituto Nacional de Salud Pública). (2022). *Consumo de cafeína en la población mexicana: riesgos y recomendaciones*. <https://www.insp.mx/lineas-tematicas/consumo-cafeina>

Reyes, R., & Ramírez, M. (2018). *Análisis de cafeína en bebidas mediante espectrofotometría UV-Vis*. Revista Latinoamericana de Química, 46(3), 215-223.

Secretaría de Salud (México). (2020). *NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas no alcohólicas con extracto de cafeína. Disposiciones sanitarias y especificaciones*. Diario Oficial de la Federación.

Silva, J. A., & Souza, L. F. (2019). *Metodologías para la cuantificación de cafeína en productos alimenticios*. Journal of Food Chemistry, 278, 205-213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.065>

OpenAI. (2025). *ChatGPT (versión GPT-4.0) [Modelo de lenguaje AI]*. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Normas para métodos de análisis por espectrofotometría

Norma	Título	Aplicación
AOAC 979.14	<i>Caffeine in Beverages – Spectrophotometric Method</i>	Método oficial de la AOAC para determinar cafeína en bebidas utilizando espectrofotometría UV.

Normas de validación de métodos analíticos

Norma	Título	Aplicación
NOM-117-SSA1-1994 (México)	<i>Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de contaminantes no microbianos en alimentos.</i>	Base regulatoria en México para pruebas cuantitativas, aplicable a cafeína como aditivo natural.

Normas de seguridad y buenas prácticas

Norma	Título	Aplicación
NOM-018-STPS-2015 (México)	<i>Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros por sustancias químicas peligrosas en el lugar de trabajo</i>	Obligatoria para manejar disolventes orgánicos en el laboratorio (como metanol o cloroformo).
NOM-026-STPS-2008	<i>Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías</i>	Para el diseño seguro del laboratorio.
ISO/IEC 17025:2017	<i>Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración</i>	Norma marco para laboratorios que realizan análisis cuantitativos como el de cafeína.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Evaluación del daño celular inducido por sustancias tóxicas en células meristemáticas de <i>Allium cepa</i>
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Observar e identificar el daño celular inducido por sustancias tóxicas mediante la tinción y observación de células del meristemo radicular de cebolla (<i>Allium cepa</i>), evaluando parámetros como mitosis, necrosis, y micronúcleos.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Daño Celular Producido por Sustancias Tóxicas ¿Qué son las sustancias tóxicas? Son compuestos químicos o biológicos que, al ingresar al organismo, pueden alterar funciones normales, provocando efectos adversos temporales o permanentes a nivel celular, tisular u orgánico. Mecanismos de Daño Celular 1. Estrés oxidativo 2. Daño al ADN 3. Disfunción mitocondrial 4. Desestabilización de membranas 5. Alteración de proteínas y enzimas 6. Inflamación y apoptosis

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
Materiales y reactivos Biológicos: Bulbos frescos de cebolla (<i>Allium cepa</i>) Sustancias tóxicas: Nitrato de plomo $[Pb(NO_3)_2]$ 1% Sulfato de cobre $[CuSO_4]$ 1% Pesticida organofosforado diluido al 1% (consultar ficha técnica) Agua destilada (control negativo) Reactivos: Ácido acético glacial 45% (para fijación) Alcohol etílico absoluto (fijación) Tinta acética (ácido acético 1% + azul de metileno) Solución de HCl 1N (pretratamiento) H_2O_2 (control positivo) Orceína acética Mezcla Carnoy (etanol:ácido acético 3:1) Material de laboratorio: Vasos de precipitado de 100–250 mL Portaobjetos y cubreobjetos Pipetas, Bisturí o cuchilla afilada, Pinzas Microscopio óptico (mínimo 400x) Guantes, gafas y bata de laboratorio

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento

Preparación y exposición

Colocar bulbos de cebolla en vasos con agua destilada durante 48 horas para generar raíces.

Una vez que las raíces midan entre 1-2 cm, seleccionar bulbos y colocar sus raíces en soluciones tóxicas durante 24 h (usar grupos de control con solo agua).

Luego de la exposición, cortar 1 cm de la punta de las raíces.

Procedimiento detallado

Fase A: Germinación de raíces

Coloca bulbos en vasos con agua destilada durante 48–72 horas.

Espera a que las raíces crezcan entre 1–2 cm.

Fase B: Exposición a tóxicos

Retira bulbos germinados y sumérgelos en:

- Grupo 1: Agua destilada (control)
- Grupo 2: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ al 1%
- Grupo 3: CuSO_4 al 1%
- Grupo 4: Pesticida diluido al 1%

Exponer durante 24 horas a temperatura ambiente.

Fase C: Fijación y tinción

Cortar ~1 cm de ápice radicular.

Fijar en mezcla alcohol: ácido acético (3:1) durante 24 h a 4 °C.

Enjuagar con agua y pretratar con HCl 1N a 60 °C por 5 min.

Teñir con tinta acética durante 15 min.

Colocar sobre portaobjetos y cubrir. Aplastar suavemente (técnica squash).

Fase D: Observación microscópica

Observar al microscopio óptico con 400x y registrar:

- Número total de células
- Células en mitosis (profase, metafase, anafase, telofase)
- Células con aberraciones nucleares
- Células apoptóticas o necrosadas

Recomendaciones de bioseguridad

- Utilizar Equipo de Protección Personal (guantes, gafas, bata).
- Manejar sustancias tóxicas en campana o con ventilación.
- No ingerir ni inhalar soluciones.
- No verter metales pesados al desagüe.
- No verter residuos a la pileta; recoger en frascos para residuos peligrosos.
- Lavar todo el material con agua y jabón después del uso.
- Eliminar residuos tóxicos según normativa local.

RESULTADOS ESPERADOS

Ejemplo de tabla de datos y resultados en una simulación de práctica “Evaluación del daño celular inducido por sustancias tóxicas en células meristemáticas de *Allium cepa*”

Tratamiento	Concentración (%)	Número total de células observadas	Células en mitosis	Índice mitótico (%)	Aberraciones cromosómicas observadas	Frecuencia de aberraciones (%)
Control negativo	0.00	500	55	11.0	2 (puente cromatídico, micronúcleo)	0.40
Agua destilada	—	500	54	10.8	1 (micronúcleo)	0.20
Sulfato de cobre	0.01	500	45	9.0	6 (fragmentos, retrasos anafásicos)	1.20
Sulfato de cobre	0.05	500	32	6.4	14 (puentes, fragmentos, micronúcleos)	2.80
Sulfato de cobre	0.10	500	20	4.0	24 (fragmentos, puentes, multipolaridad)	4.80
Control positivo (H ₂ O ₂)	0.01	500	15	3.0	30 (múltiples aberraciones)	6.00

Descripción de los resultados:

Índice mitótico (IM): $IM = (Células \text{ en mitosis} / \text{Total de células observadas}) \times 100$

Indica la tasa de proliferación celular. Un descenso en el IM sugiere **toxicidad o inhibición mitótica**.

Aberraciones cromosómicas (AC): Incluyen **micronúcleos, puentes anafásicos, fragmentos cromosómicos**, y **multipolaridad mitótica**. Su incremento indica **genotoxicidad**.

Interpretación del ejemplo:

El **control negativo** mostró un IM normal (11.0%) y muy pocas aberraciones (0.4%), lo que indica condiciones basales saludables.

A medida que **aumenta la concentración del sulfato de cobre**, disminuye el índice mitótico y aumentan las aberraciones, indicando un **efecto dosis-dependiente de citotoxicidad y genotoxicidad**.

El **control positivo** (peróxido de hidrógeno) mostró el **mayor daño**, confirmando que el ensayo es sensible a agentes tóxicos conocidos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas guía para la interpretación de datos de esta práctica

1. Observación microscópica y morfológica

¿Qué diferencias morfológicas se observaron entre las células tratadas con el citotóxico y las células control?

¿Se detectaron alteraciones en la membrana celular, pared celular, o núcleos? Describe y compara.

2. Análisis cuantitativo

¿Cuál fue el porcentaje de células viables vs. no viables en cada grupo experimental?

¿Qué relación hay entre la concentración del citotóxico y el número de células dañadas?

3. Comparación entre tratamientos

¿Cuál de los tratamientos evaluados generó mayor grado de daño celular? ¿A qué se puede deber?

4. Aspectos teóricos y mecanísticos

¿Qué mecanismos celulares se cree que fueron activados por la sustancia citotóxica utilizada?

¿Cuál es el probable mecanismo de acción del citotóxico sobre las células de cebolla?

5. Interpretación biológica y toxicológica

¿Qué implicaciones biológicas tienen los resultados obtenidos sobre el uso del citotóxico en ambientes agrícolas o clínicos?

6. Evaluación crítica y mejoras

¿Qué errores o fuentes de variabilidad pueden haber influido en los resultados? ¿Qué controles positivos y negativos fueron incluidos? ¿Fueron adecuados?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusión (ejemplo de conclusión de esta práctica)

Esta práctica permite comprobar visualmente el efecto citotóxico de sustancias comunes, mostrando cómo alteran el ciclo celular, el núcleo, y la viabilidad celular. Es una herramienta eficaz para sensibilizar sobre la toxicidad de contaminantes.

Las células expuestas a sustancias tóxicas muestran una disminución del índice mitótico y un aumento de anomalías nucleares, evidenciando su potencial citotóxico y genotóxico. Este bioensayo permite evaluar de manera efectiva el impacto celular de contaminantes ambientales y alimentarios.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). *Evaluación de riesgos genotóxicos de los contaminantes ambientales mediante bioensayos*. Ginebra: OMS.

Prá, D., Ghisleni, G., Ghisi, R., & Rocha, J. A. (2012). Uso de *Allium cepa* como bioindicador de contaminación: una revisión. *Revista Brasileira de Biociências*, 10(4), 441–447.

Singh, N. P., McCoy, M. T., Tice, R. R., & Schneider, E. L. (1988). A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Experimental Cell Research*, 175(1), 184–191. [https://doi.org/10.1016/0014-4827\(88\)90265-0](https://doi.org/10.1016/0014-4827(88)90265-0)

OpenAI. (2025). Información técnica y académica sobre citotoxicidad y daño celular en cebolla (*Allium cepa*) <https://chat.openai.com/chat>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-052-SEMARNAT-2005. *Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.* Requiere pruebas de toxicidad para catalogar sustancias, relevante para evaluar citotóxicos.

NOM-117-SSA1-1994. *Métodos de prueba para la detección de contaminantes en agua y alimentos.* Base normativa para pruebas indirectas de toxicidad con modelos biológicos.

NOM-247-SSA1-2008. *Evaluación toxicológica de sustancias químicas con fines de protección a la salud humana.* Establece protocolos para la evaluación toxicológica aplicable a laboratorios de bioensayo.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Detección de Sustancias Tóxicas en Productos de Cereales
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar métodos de detección rápida para identificar la presencia de micotoxinas (aflatoxinas), residuos de pesticidas y metales pesados en muestras comerciales de productos derivados de cereales, evaluando su inocuidad y cumplimiento con la normativa alimentaria vigente.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Sustancias Tóxicas en Productos de Cereales

Micotoxinas: Compuestos tóxicos producidos por hongos (moho) que contaminan cereales durante su cultivo, cosecha, almacenamiento y transporte.

Pesticidas y herbicidas: Sustancias químicas usadas para proteger cultivos de plagas y malezas, que pueden quedar como residuos en los granos.

Metales pesados frecuentes. Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Arsénico (As), Mercurio (Hg). Neutrotóxicos.

Contaminantes por almacenamiento y procesamiento

Alcaloides y compuestos tóxicos: Algunos cereales pueden contaminarse con alcaloides de plantas invasoras o malezas durante la cosecha.

Contaminación por mohos y bacterias: Condiciones de almacenamiento con alta humedad pueden favorecer la producción de compuestos volátiles tóxicos, aumentando riesgos para la salud.

Producción de gases y toxinas: Algunas bacterias pueden producir toxinas como endotoxinas que afectan la calidad del cereal.

Gluten (en cereales con gluten) y otros antinutrientes

Gluten: Proteína presente en trigo, cebada, centeno. No es tóxica para la mayoría, pero puede causar daño en personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten.

Antinutrientes: Sustancias como fitatos, taninos y oxalatos pueden reducir la absorción de minerales esenciales, aunque no son tóxicos en sí, sí afectan el valor nutricional.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Muestras de cereales (maíz, trigo, arroz, avena, etc.)

Mortero y pistilo o molino para muestras

Kits comerciales para detección de micotoxinas (aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas)

Kits o tiras reactivas para detección de residuos de pesticidas (organofosforados y carbamatos)

Kits o tiras para detección de metales pesados (plomo, cadmio)

Pipetas volumétricas y micropipetas con puntas desechables

Tubos Falcon, pipetas, frascos de muestra

Vaso de precipitados (100 mL)

Mechero Bunsen o placa calefactora (para extracción)

Reactivos de extracción (metanol, acetato de sodio, agua destilada)

Agua destilada y solventes (metanol o etanol para extracción, según kit)

Guantes de nitrilo, gafas de seguridad, bata de laboratorio

Cuaderno de laboratorio y bolígrafo para registro

Papel filtro o filtro de jeringa (opcional)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Paso 1: Preparación de la muestra

Seleccionar una muestra representativa de cereal (aproximadamente 20 g).

Triturar la muestra con mortero y pistilo hasta obtener un polvo fino para homogeneizarla.

Paso 2: Extracción de analitos

A. Para micotoxinas y pesticidas:

Colocar 5 g de la muestra triturada en un vaso de precipitados.

Añadir 25 mL de solvente adecuado (normalmente metanol al 70% para micotoxinas, o etanol para pesticidas).

Mezclar vigorosamente con agitación manual o mecánica durante 10 minutos.

Filtrar la mezcla usando papel filtro o filtro de jeringa para obtener un extracto limpio.

Recolectar el extracto en un tubo limpio.

B. Para metales pesados:

Preparar una solución acuosa: disolver 1 g de muestra triturada en 10 mL de agua destilada, agitar y filtrar para obtener una muestra líquida apta para la prueba.

Paso 3: Detección de micotoxinas (ELISA o kits rápidos)

Seguir las instrucciones específicas del kit para añadir el extracto a la placa ELISA o test rápido.

Incubar el tiempo recomendado (usualmente 15-30 minutos).

Añadir reactivos indicados para desarrollar la prueba.

Medir la absorbancia con espectrofotómetro (si es ELISA) o leer el resultado visual (cambio de color o bandas).

Registrar los resultados y estimar la concentración con la curva estándar si es posible.

Paso 4: Detección de residuos de pesticidas

Utilizar tiras reactivas o kits colorimétricos para pesticidas.

Añadir una alícuota del extracto en la zona reactiva.

Esperar el tiempo especificado (generalmente minutos).

Observar y registrar el cambio de color o aparición de bandas indicativas de presencia.

Comparar con controles positivos y negativos.

Paso 5: Detección de metales pesados

Añadir la muestra acuosa filtrada en el área reactiva del kit de plomo o cadmio.

Seguir el protocolo para incubar y revelar la prueba.

Observar cambios de color y compararlos con la escala del kit para determinar concentración aproximada.

Registrar resultados.

Medidas de seguridad

- Usar guantes, bata y gafas en todo momento.
- Manipular solventes y reactivos con precaución y en áreas ventiladas.
- Evitar contacto directo con muestras y reactivos.
- Desechar residuos conforme a las normas de seguridad y ambientales.

RESULTADOS ESPERADOS

Se espera detectar niveles bajos o nulos de sustancias tóxicas en cereales controlados y almacenados adecuadamente.

La mayoría de los cereales comerciales y bien almacenados deben mostrar niveles bajos o nulos de toxinas y contaminantes.

Cereales mal almacenados o contaminados pueden presentar presencia detectable de micotoxinas y residuos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Comparar cada resultado con los límites máximos permisibles establecidos por diferentes organismos (NOM, Codex Alimentarius, FDA, UE).
 Identificar si las muestras cumplen o no con la seguridad alimentaria.
 Discutir posibles fuentes de contaminación: cultivo, almacenamiento, procesamiento.
 Discutir posibles causas de contaminación (mal almacenamiento, uso excesivo de pesticidas, contaminación ambiental).
 Reflexionar sobre la importancia del control de calidad en la producción y comercialización de productos alimenticios

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones esperadas (apoyo pedagógico)
 Cuantas muestras presentaron contaminantes fuera de los límites legales.
 La presencia de micotoxinas, pesticidas o metales pesados indica contaminación que puede representar un riesgo para la salud humana.
 El uso de pruebas rápidas permite evaluar la calidad e inocuidad de productos alimenticios de forma ágil y accesible.
 Se recomienda complementar estos análisis con métodos confirmatorios y establecer mecanismos de trazabilidad para identificar el origen de la contaminación.
Recomendaciones:
 Usar pruebas rápidas como parte de sistemas de autocontrol y análisis de peligros (HACCP).
 Solicitar la intervención de laboratorios especializados ante resultados positivos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed: Codex Stan 193-1995*. FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

Secretaría de Salud (México). (2020). *NOM-147-SSA1-2020: LMP de metales pesados en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios*. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Salud (México). (2002). *NOM-188-SSA1-2002: Productos y servicios. Control de aflatoxinas en alimentos para consumo humano*. Diario Oficial de la Federación.

OpenAI. (2025). Asistente basado en el modelo GPT-4o. <https://www.openai.com/chatgpt>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-188-SSA1-2002 *Productos y servicios. Control de aflatoxinas en alimentos para consumo humano. Establece métodos y límites máximos.*

NOM-147-SSA1-2020 *Límites máximos permisibles de metales pesados en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios.*

NOM-117-SSA1-1994 *Bienes y servicios. Métodos de prueba para la determinación de elementos tóxicos en productos alimenticios, bebidas y agua.*

NOM-003-SSA1-2006 *Salud ambiental. Requisitos sanitarios para el agua utilizada en alimentos y bebidas. Útil para evaluar contaminación secundaria en procesos.*

NOM-082-SSA1-1994 *Bienes y servicios. Determinación de plaguicidas en alimentos. Métodos analíticos.*

NOM-251-SSA1-2009 *Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.*

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Detección y Análisis de Sustancias Tóxicas en Productos Lácteos.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar la presencia de sustancias tóxicas comunes en productos lácteos, como residuos de antibióticos, micotoxinas y metales pesados, utilizando técnicas rápidas básicas de laboratorio.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Sustancias Tóxicas en Productos Lácteos: Sustancias químicas potencialmente dañinas para el ser humano y se pueden encontrar en los alimentos de origen lácteo.

Micotoxinas: Son compuestos tóxicos producidos por ciertos hongos (moho) que pueden contaminar el alimento del ganado, especialmente granos como el maíz y la soya.

Residuos de antibióticos y medicamentos veterinarios: El uso de antibióticos para tratar enfermedades o como promotores del crecimiento en animales puede dejar residuos en la leche si no se cumplen los períodos de retiro antes del ordeño.

Metales pesados: Plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), arsénico (As).

Pesticidas y contaminantes químicos: Uso de pesticidas en cultivos para alimentación animal o contaminación ambiental. El uso de pesticidas en cultivos para alimento del ganado puede transferirse a la leche.

Sustancias comunes: Organoclorados, organofosforados, bifenilos policlorados (PCBs).

Microorganismos patógenos: Las principales bacterias que pueden contaminar productos lácteos si no están bien procesados se tiene a *Listeria monocytogenes*: causa listeriosis, peligrosa para embarazadas y personas inmunocomprometidas; *Salmonella spp.*: causa salmonelosis, una intoxicación alimentaria común; *Escherichia coli* (cepas patógenas): diarreas, cólicos, infecciones.

Aditivos y conservadores no regulados o en exceso: En algunos casos, para mejorar conservación o apariencia, se añaden sustancias que pueden ser nocivas si no están reguladas o si se usan en exceso.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales

Muestras de productos lácteos (leche, queso, yogur)

Kits de prueba rápida para detección de antibióticos en leche (disponibles comercialmente)

Reactivos para prueba de micotoxinas (aflatoxinas) – kits de ELISA o reactivos químicos (si existe disponible)

Equipos para análisis de metales pesados (opcional): espectrofotómetro, kits colorimétricos o tiras reactivas para plomo y cadmio

Tubos de ensayo

Pipetas y micropipetas

Placas para ELISA (si se usa)

Vaso de precipitados

Agua destilada

Guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio

Registro de resultados y cuaderno de laboratorio

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento

Parte 1: Detección de residuos de antibióticos

- Toma una muestra de leche de cada producto.

- Sigue las instrucciones del kit comercial para la prueba rápida de antibióticos (generalmente consiste en mezclar la muestra con un reactivo y observar cambios de color o turbidez).

- Registra si la muestra es positiva o negativa para residuos de antibióticos.

Parte 2: Detección de micotoxinas (aflatoxinas)

- Si cuentas con un kit ELISA o similar, prepara las muestras de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

- Realiza la prueba para detectar aflatoxinas en las muestras.

- Anota los resultados y la concentración aproximada, si el kit lo permite.

Parte 3: Detección de metales pesados (opcional)

- Utiliza tiras reactivas o kits para detectar plomo o cadmio en las muestras.

- Añade la muestra y los reactivos según las instrucciones.

- Observa el cambio de color o resultado que indique la presencia de metales.

- Registra los resultados.

Seguridad

- Utilizar guantes, gafas y bata durante toda la práctica.

- Manipular con cuidado todos los reactivos químicos.

- Desechar los residuos químicos y biológicos de forma segura.

RESULTADOS ESPERADOS

Resultados esperados

- Se espera que la mayoría de los productos comerciales cumplan con los límites máximos permitidos y den resultados negativos o muy bajos.

- Productos sin control adecuado pueden mostrar residuos de antibióticos o micotoxinas.

- La presencia de metales pesados es menos común, pero puede detectarse en muestras contaminadas ambientalmente.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En un sentido pedagógico se presenta una serie de **preguntas guía** organizadas por etapas clave para facilitar la **interpretación de datos** en una **práctica de laboratorio sobre la determinación de compuestos tóxicos en productos lácteos mediante pruebas rápidas** (por ejemplo, detección de antibióticos, aflatoxinas M1, residuos de plaguicidas o metales pesados):

1. Comprensión del objetivo y fundamento del método

¿Cuál es el compuesto tóxico específico que se busca detectar en los productos lácteos?

¿Qué límites máximos permisibles establece la normativa (por ejemplo, Codex Alimentarius, NOMs, FDA, EFSA) para este contaminante?

2. Interpretación de los datos experimentales

¿Qué indican los resultados cualitativos o semicuantitativos obtenidos (por ejemplo, aparición de color, bandas en test, lectura por espectrofotometría, etc.)?

¿Se detectó la presencia del compuesto tóxico en alguna de las muestras analizadas?

3. Análisis comparativo

¿Hubo diferencias significativas entre diferentes marcas o tipos de productos lácteos (leche entera, deslactosada, leche en polvo, etc.)?

¿Qué relación podría haber entre el tipo de producto, su origen (industrial, artesanal) y los resultados obtenidos?

4. Evaluación crítica del procedimiento

¿Qué ventajas ofrece esta prueba rápida para su uso en campo o en la industria?

¿Qué limitaciones tiene el método utilizado? ¿Podría haber falsos positivos o falsos negativos?

5. Aplicaciones y conclusiones

¿Qué implicaciones tienen los resultados para la inocuidad de los alimentos analizados?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusión esperada (solo para propósito de ejemplificación)

Esta práctica permitió identificar la presencia o ausencia de sustancias tóxicas en productos lácteos, reforzando la comprensión sobre la importancia de la calidad y seguridad alimentaria en este tipo de alimentos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Codex Alimentarius. (2020). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995).*

FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

García-Fuentes, L., & Pablos, F. (2018). *Riesgos toxicológicos en productos lácteos: métodos de detección rápida y legislación vigente.* *Revista Española de Seguridad Alimentaria*, 26(1), 45–56.

Hernández-Cruz, E. Y., & López-Hernández, D. (2020). *Evaluación de residuos de plaguicidas en productos lácteos.* *Agrociencia*, 54(7), 889–901.

Official Methods of Analysis of AOAC International. (2022). *Method 2000.08: Determination of aflatoxin M1 in milk and cheese by immunoaffinity column cleanup and HPLC.* AOAC International.

Secretaría de Salud. (2010). *NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Disposiciones sanitarias y especificaciones nutrimentales.* Diario Oficial de la Federación.

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2023). *Milk Drug Residue Sampling Survey.* <https://www.fda.gov>

OpenAI. (2025). Modelo de lenguaje GPT. ChatGPT. <https://chat.openai.com/chat>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-243-SSA1-2010. *Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Disposiciones sanitarias y especificaciones nutrimentales.* Regula parámetros de calidad sanitaria, incluyendo contaminantes químicos y microbiológicos.

NOM-117-SSA1-1994. *Métodos de prueba para la determinación de contaminantes en alimentos.* Incluye metales pesados, micotoxinas, plaguicidas y antibióticos.

NOM-131-SSA1-2012 *Productos lácteos fermentados. Disposiciones sanitarias y nutrimentales.* Incluye el control de residuos indeseables.

NMX-F-724-COFOCALEC-2006 *Industria Láctea - Leche Fluida Pasteurizada - Especificaciones*. Norma mexicana de cumplimiento voluntario útil como referencia.

Normas Internacionales y de Referencia

Codex Alimentarius CXS 193-1995 *General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed*. Establece límites máximos de contaminantes (Pb, aflatoxinas, etc.) en alimentos.

AOAC Official Methods of Analysis. Métodos validados para determinación de residuos de antibióticos, micotoxinas, plaguicidas y metales.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas,
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Observación de la Reacción de Maillard una práctica de laboratorio didáctica y segura para demostrar la reacción de Maillard
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar la formación de acrilamida en alimentos ricos en almidón bajo diferentes condiciones de temperatura y tiempo, simulando la Reacción de Maillard, para comprender su relación con el riesgo tóxico en alimentos procesados térmicamente.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La **reacción de Maillard** es un proceso químico que ocurre entre **aminoácidos** (componentes de las proteínas) y **azúcares reductores** cuando se calientan, y es responsable del **color dorado** y el **sabor característico** de muchos alimentos cocinados, como carnes asadas, pan horneado, café tostado o galletas.

Características principales:

- **Ocurre a temperaturas elevadas**, generalmente a partir de los 140–165 °C.
- Produce **compuestos aromáticos** y **pigmentos marrones** llamados **melanoidinas**.
- Es distinta de la **caramelización**, que solo involucra azúcares.

Factores que afectan la reacción:

Factor	Efecto
Temperatura	Mayor temperatura = reacción más rápida
pH	Más rápida en condiciones ligeramente alcalinas
Humedad	Actividad óptima intermedia ($A_w \approx 0.6 - 0.8$)
Tipo de azúcar	Glucosa y fructosa reaccionan más rápido que sacarosa
Tipo de aminoácido	Lisina es muy reactiva

Ejemplos de compuestos aromáticos formados:

- **Furfural**: aroma a corteza del pan tostado
- **Strecker aldehídos**: notas a frutos secos
- **Pirazinas**: sabor a tostado o ahumado
- Costra dorada de un filete cocido.
- Café tostado o cacao procesado.

Implicaciones en alimentos:

Efectos positivos:

Da sabor, color y aroma atractivos a los alimentos.

Mejora sensorial y aceptación del producto.

En la industria alimentaria, se controla cuidadosamente para optimizar sabor y apariencia.

Efectos negativos:

Puede generar algunos compuestos no deseados si se cocina en exceso, como la **acrilamida**, que en grandes cantidades puede ser tóxica.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y Reactivos:

- Papas (variedad rica en almidón)
- Balanza analítica
- Aceite vegetal

- Horno o sartén eléctrica con control de temperatura
- Cronómetro
- Tubos Falcon o recipientes para muestras
- Kit rápido o procedimiento analítico para detección de acrilamida (HPLC con derivatización, si disponible)
- Agua destilada
- Licuadora o rallador
- Papel aluminio, guantes, bata

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento de estudio de formación de acrilamida mediante la reacción de Maillard

1. Preparación de la muestra:

- Lavar y pelar las papas.
- Rallar o cortar en tiras finas (estilo papas fritas).
- Dividir en 3 grupos de 100 g cada uno.

2. Tratamientos térmicos:

Grupo Temperatura de cocción Tiempo

A	120 °C	5 min
B	150 °C	10 min
C	180 °C	20 min

- Freír cada grupo en aceite previamente calentado a la temperatura indicada.
- Escurrir el exceso de grasa con papel absorbente.

3. Enfriamiento y almacenamiento:

- Dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Etiquetar y almacenar en bolsas herméticas para análisis.

Cuantificación de acrilamida (método alternativo):

Si se dispone de un **kit colorimétrico**, usarlo según instrucciones.

Si se cuenta con **HPLC**:

- Realizar extracción con agua caliente o metanol.
- Filtrar y derivatizar con reactivo de bromuro de xanteno.
- Inyectar en HPLC con detector UV ($\lambda = 210$ nm).
- Comparar con curva estándar de acrilamida.

RESULTADOS ESPERADOS

Resultados (Ejemplificados) empleando un kit comercial colorimétrico:

Grupo	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Color visual	[Acrilamida] (µg/kg)
A	120	5	Amarillo pálido	45
B	150	10	Dorado claro	320
C	180	20	Marrón oscuro	890

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Ejemplificación de Análisis e interpretación (con propósito pedagógico):

Se observa que, a mayor temperatura y tiempo de cocción, se intensifica el **color** (indicador visual de la Reacción de Maillard) y aumenta la concentración de acrilamida.

El Grupo C supera los límites recomendados por la **EFSA** (máximo 500 µg/kg para productos de papa procesada).

Este resultado confirma que condiciones intensas de cocción favorecen la formación de compuestos tóxicos.

Preguntas de análisis:

1. Sobre las condiciones de reacción

- ¿Cuál fue la temperatura y el tiempo de calentamiento empleados en la reacción?
- ¿Qué tipo de azúcares y aminoácidos participaron en la reacción?
- ¿Cómo influye el pH del medio en la formación de productos de la Reacción de Maillard?
- ¿Se observaron diferencias en la intensidad del color (pardeamiento) bajo distintas condiciones?

2. Observación de resultados físicos y sensoriales

- ¿Qué cambios de color se observaron en la muestra antes y después del tratamiento térmico?
- ¿Se percibieron olores característicos asociados a compuestos volátiles formados?
- ¿Cómo varió la textura o consistencia del alimento tras la reacción?

3. Interpretación de datos cuantitativos

- ¿Qué concentraciones de compuestos como acrilamida, HMF (5-hidroximetilfurfural) u otros se detectaron?
- ¿Cómo se relaciona la concentración de estos compuestos con las condiciones de la reacción (tiempo, temperatura, pH)?
- ¿Qué métodos analíticos se usaron para la detección (espectrofotometría, HPLC, cromatografía de gases, etc.) y cuál fue su sensibilidad?

4. Análisis toxicológico

- ¿Qué niveles de los compuestos detectados superan los límites recomendados por normas (ej. Codex Alimentarius, EFSA, FDA)?
- ¿Qué riesgos toxicológicos están asociados a los productos finales de la reacción?
- ¿Se identificaron diferencias en toxicidad potencial entre las diferentes muestras o condiciones del experimento?

5. Comparación con literatura y normativas

- ¿Cómo se comparan los datos obtenidos con los reportados en la bibliografía científica?
- ¿Existen normativas específicas sobre los niveles máximos de compuestos como la acrilamida en alimentos?
- ¿Qué técnicas industriales o caseras se recomiendan para minimizar la formación de estos compuestos?

6. Reflexión y evaluación crítica

- ¿Qué variables podrían haber influido en los resultados obtenidos y cómo podrías controlarlas en futuros experimentos?
- ¿Cómo afecta el conocimiento de estos compuestos tóxicos a la percepción de seguridad en los alimentos cocidos o procesados?
- ¿Qué recomendaciones podrías hacer con base en tus resultados para mejorar la seguridad alimentaria?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES (ejemplo para propósitos pedagógicos)

La Reacción de Maillard no es solo deseable. Su descontrol puede derivar en la **formación de sustancias tóxicas**, especialmente en condiciones de cocción prolongada o temperaturas excesivas. Por eso es un foco importante en estudios de **inocuidad alimentaria** y diseño de prácticas culinarias seguras.

La Reacción de Maillard, aunque deseable por sus efectos sensoriales, puede producir compuestos nocivos como la acrilamida.

La cantidad de acrilamida formada depende directamente de la temperatura y el tiempo de cocción.

Es necesario controlar los parámetros de procesamiento térmico para reducir riesgos toxicológicos.

Recomendaciones generales para reducir estos compuestos:

Cocina a **temperaturas moderadas** y evitar quemar los alimentos (evita $>180^{\circ}\text{C}$).

No quemes ni tuestes en exceso los alimentos.

Evitar el **exceso de dorado o tostado**, especialmente en papas, pan y galletas

Usa **marinados** (con antioxidantes como limón, ajo o hierbas).

Cambia los aceites con frecuencia y no los sobrecalientes.

En casa, **tostar ligeramente** en lugar de freír agresivamente.

Usar **métodos de cocción más suaves**: hervir, cocer al vapor o cocinar al horno a temperaturas controladas.

En la industria alimentaria, se están desarrollando técnicas para **reducir la formación de acrilamida**, como el uso de enzimas (asparaginasa) o pretratamientos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Delgado-Andrade, C., Rufián-Henares, J. A., & Morales, F. J. (2005). Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de compuestos de la reacción de Maillard en productos horneados. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 45(3), 242–250.

Delgado-Andrade, C. (2014). Maillard reaction products: Some considerations on their health effects. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 52(1), 53–60. <https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0803>

European Food Safety Authority (EFSA). (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6), 4104. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>

Food and Drug Administration (FDA). (2021). *Guidance for Industry: Acrylamide in foods*. <https://www.fda.gov/food>

Referencia a ChatGPT como herramienta de apoyo

OpenAI. (2025). *ChatGPT* (versión GPT-4o) [Modelo de lenguaje grande]. OpenAI. <https://chat.openai.com>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Normas internacionales aplicables

Codex Alimentarius – CAC/RCP 67-2009. *Código de prácticas para la reducción de la acrilamida en los alimentos.* Publicado por FAO/OMS. Establece recomendaciones para minimizar la formación de acrilamida durante el procesamiento. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

NOM-251-SSA1-2009 (México) *Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.* Aplica indirectamente al control de procesos térmicos.

NOM-117-SSA1-1994 (México). *Determinación de contaminantes químicos en alimentos – Métodos de prueba.* Utilizada para establecer protocolos en la determinación de sustancias como acrilamida o HMF.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, *ejemplos de reportes*
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Detección y Cuantificación de Benzoato de Sodio en Alimentos por Espectrofotometría UV-Vis.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Detectar y cuantificar benzoato de sodio en productos alimenticios mediante espectrofotometría UV-Vis, interpretando los resultados conforme a las normativas de seguridad alimentaria.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El **benzoato de sodio** es uno de los conservadores más utilizados en la industria alimentaria.

El benzoato de sodio es la **sal sódica del ácido benzoico**, lo que le permite mayor solubilidad y estabilidad para su uso como aditivo en soluciones acuosas.

El benzoato de sodio actúa como un **agente antimicrobiano**, inhibiendo el crecimiento de **bacterias, levaduras y mohos**, especialmente en **medios ácidos** ($\text{pH} < 4.5$). Se utiliza principalmente para prolongar la vida útil de productos perecederos.

Dosis, Regulación y Legislación

Límites permitidos: La **FAO/OMS** y el **Codex Alimentarius** permiten su uso en concentraciones de hasta **0.1% (1000 mg/L o mg/kg)** en alimentos ácidos.

La **FDA (EE. UU.)** (hasta 0.1% (1000 mg/kg) en bebidas) y la **EFSA (Europa)** (IDA de 5 mg/kg de peso corporal/día) lo consideran **GRAS** (Generalmente Reconocido como Seguro) dentro de los límites establecidos. En México, la **NOM-218-SSA1-2011** regula el uso de aditivos y sugiere límites similares y permite su uso según categoría alimenticia.

Métodos de Detección en Alimentos (Técnicas analíticas comunes):

Técnica	Ventajas	Límite de detección aproximado
Cromatografía líquida (HPLC-UV)	Alta precisión y sensibilidad	0.01 mg/L
Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)	Alta resolución	0.05 mg/L
Espectrofotometría UV-Vis	Económica y sencilla	0.1 mg/L
Pruebas rápidas (kits comerciales)	Uso en campo o planta	Variable (dependiente del kit)

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y Reactivos:

Materiales:

- Vasos de precipitado (100 mL)
- Probetas (10 y 50 mL)
- Pipetas graduadas y automáticas
- Matraz aforado (100 mL)
- Tubos de ensayo
- Celdas de cuarzo o plástico para espectrofotómetro
- Papel de filtro

Reactivos:

- Solución estándar de benzoato de sodio (100 mg/L)
- Ácido clorhídrico 0.1 M
- Agua destilada

- Muestra de alimento (ej. bebida refrescante, jugo envasado, mermelada)

Instrumental:

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Balanza analítica
- Agitador magnético (opcional)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Fundamento Técnico: El benzoato de sodio presenta una absorción característica en la región UV ($\lambda = 225\text{--}230\text{ nm}$). En medio ácido se convierte en ácido benzoico, que puede medirse espectrofotométricamente. Esta técnica permite estimar su concentración comparando la absorbancia con una curva de calibración.

Procedimiento Experimental:

A. Preparación de curva de calibración:

1. Preparar soluciones estándar de benzoato de sodio: 10, 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L.
2. Añadir 1 mL de HCl 0.1 M a 10 mL de cada estándar.
3. Medir la absorbancia a 225 nm contra blanco (agua + HCl).
4. Construir curva de calibración: **concentración vs. absorbancia**.

B. Preparación de la muestra:

1. Tomar 10 mL de muestra líquida o 10 g de muestra sólida diluida en 100 mL de agua destilada.
2. Filtrar si es necesario.
3. Tomar 10 mL del filtrado y añadir 1 mL de HCl 0.1 M.
4. Medir la absorbancia a 225 nm.

RESULTADOS ESPERADOS (Ejemplo de resultado experimental simulado)

Resultados:

Ejemplo de tabla de datos:

Solución estándar (mg/L) Absorbancia (225 nm)

0	0.000
10	0.082
20	0.162
40	0.322
60	0.485
80	0.646
100	0.803

Ecuación de la recta: $Y = 0.008 \times C$ ($R^2 = 0.999$)

Absorbancia de muestra: 0.416

Cálculo: $C = A / 0.008 = 0.416 / 0.008 = 52\text{ mg/L}$

Análisis de Resultados obtenidos en el ejemplo simulado.

- La muestra contiene **52 mg/L de benzoato de sodio**.
- Según el Codex Alimentarius, el límite permitido es de **1000 mg/L** en bebidas.
- Por lo tanto, el contenido está **dentro de los límites legales y es seguro para el consumo**.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuestionario guía para la interpretación de los datos

- ¿Cuál es el principio de la espectrofotometría UV-Vis?
- ¿Por qué es necesario acidificar la muestra antes de medir?
- ¿Cuál es el rango de concentración permitido de benzoato de sodio en bebidas según la legislación?
- ¿Qué otros métodos analíticos pueden emplearse para detectar benzoato de sodio?
- ¿Qué riesgos sanitarios están asociados a la ingestión excesiva de este aditivo?

Ejemplo simulado para realizar una comparación del valor obtenido con los límites legales (FAO/OMS, FDA, NOM-218) y analizando su riesgo por consumo excesivo. A continuación, se compara el **valor obtenido (52 mg/L)** con los **límites legales internacionales y nacionales** establecidos para el benzoato de sodio, y se analiza el riesgo potencial por **consumo excesivo**:

Guía para Interpretación de Datos:

Comparar absorbancia de la muestra con curva estándar.

Calcular concentración usando la ecuación de la recta.

Comparar el valor obtenido con los **límites legales (FAO/OMS, FDA, NOM-218)**.

Analizar si hay **riesgo por consumo excesivo**, dependiendo del tipo de producto y su porción habitual.

Comparación con Límites Legales

Normativa/Organismo	Límite Máximo Permitido de Benzoato de Sodio	Observación
FAO/OMS (Codex Alimentarius)	Hasta 1000 mg/kg (o mg/L en líquidos)	Aplicable a alimentos ácidos
FDA (Estados Unidos)	Hasta 0.1% (equivalente a 1000 mg/L)	En bebidas, jugos, salsas
EFSA (Unión Europea)	IDA = 5 mg/kg peso corporal/día	Para evaluación toxicológica
NOM-218-SSA1-2011 (México)	Hasta 1000 mg/kg o mg/L en alimentos líquidos y productos ácidos	Regula aditivos y conservadores

Concentración en muestra analizada: **52 mg/L**

Evaluación de cumplimiento legal

El valor de **52 mg/L** representa **solo el 5.2% del límite máximo permitido (1000 mg/L)** según las normas internacionales y mexicanas.

Por tanto, **la muestra cumple con los límites legales** y se considera segura desde el punto de vista normativo.

Recomendación:

Aunque la concentración es segura:

Se recomienda **limitar el consumo acumulado** de productos con benzoato de sodio.

Se debe tener **especial precaución en población infantil y personas con sensibilidades alérgicas o condiciones hepáticas**.

Es ideal **optar por productos sin conservadores químicos** cuando sea posible.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Se indican algunas sugerencias de conclusión de esta práctica de laboratorio.

Conclusión (sugerencia con propósito pedagógico)

El **benzoato de sodio** es una herramienta eficaz en la conservación de alimentos ácidos, con un perfil toxicológico seguro cuando se usa dentro de los límites permitidos. Su combinación con ciertos compuestos requiere atención por posibles riesgos de formación de subproductos nocivos. El análisis y control de su concentración, así como una **formulación adecuada**, son fundamentales para su uso responsable.

Conclusión (sugerencia con propósito pedagógico)

El benzoato de sodio es un aditivo eficaz y seguro dentro de los límites permitidos. No obstante, su uso debe ser controlado, especialmente en combinación con otros compuestos como la vitamina C, para evitar la formación de subproductos tóxicos. La vigilancia regulatoria y el etiquetado adecuado son esenciales para proteger al consumidor.

Conclusiones de la práctica planteada (sugerencia con propósito pedagógico)

Se logró detectar y cuantificar con precisión el benzoato de sodio en la muestra alimentaria.

La técnica UV-Vis resultó ser efectiva, rápida y accesible para este análisis.

La muestra analizada cumple con las normativas internacionales para conservadores alimentarios.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Problemas o ejercicios adicionales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

AOAC International. (2020). *Official Method 980.13: Benzoic Acid in Beverages, Spectrophotometric Method*. AOAC.

Codex Alimentarius Commission. (2023). *General Standard for Food Additives (GSFA), Codex STAN 192-1995*.

FAO/WHO. Recuperado de <https://www.fao.org>

EFSA Panel on Food Additives. (2016). *Re-evaluation of benzoic acid (E210) and related benzoates as food additives*. EFSA Journal, 14(4), e04426.

Secretaría de Economía. (2015). *NMX-F-086-SCFI-2015: Bebidas no alcohólicas – Determinación de conservadores por espectrofotometría UV*.

Secretaría de Salud. (2011). *NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas no alcohólicas*.

Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación (México). Recuperado de <https://www.dof.gob.mx>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2022). *Code of Federal Regulations, Title 21, §184.1733 — Sodium benzoate*. U.S. Government Publishing Office. Recuperado de <https://www.ecfr.gov>

ChatGPT (OpenAI). (2025). *Auxiliar Académico OpenAI*. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Normas técnicas aplicables al tema de **determinación del aditivo alimenticio benzoato (como benzoato de sodio o benzoato de potasio)** en alimentos, tanto nacionales (México), internacionales (Codex, FAO/OMS, UE) como de referencia analítica (AOAC, USP), **con su descripción y aplicación específica:**

Normas técnicas aplicables a la determinación de benzoato

Norma / Documento	Institución / País	Contenido / Aplicación
NOM-218-SSA1-2011	Secretaría de Salud (México)	Especifica los límites máximos permitidos de conservadores como benzoatos en bebidas no alcohólicas .
NMX-F-086-SCFI-2015	Secretaría de Economía (México)	Establece el método de análisis por espectrofotometría UV para la determinación de benzoatos y sorbatos en alimentos.
AOAC Official Method 980.13	AOAC International	Método estándar para la cuantificación de benzoato en bebidas por espectrofotometría UV .

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Análisis de Aditivos Conservadores (Benzoato y Sorbato) en Alimentos por Espectrofotometría UV-Vis
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Detectar y cuantificar benzoato de sodio y sorbato de potasio en muestras alimenticias mediante la construcción de curvas de calibración para ambos compuestos y la aplicación de principios estadísticos para interpretar los resultados y valorar el cumplimiento con normativas legales.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los aditivos alimentarios son sustancias que no se consumen por sí solas como alimentos ni se usan como ingredientes característicos, pero que se agregan intencionadamente a los alimentos durante su fabricación, procesamiento, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento, con el fin de cumplir una función tecnológica específica como mejorar su sabor, apariencia, textura, conservación o valor nutritivo. Según el Codex Alimentarius, un aditivo alimentario es “cualquier sustancia no normalmente consumida como alimento por sí misma... cuyo uso en el alimento tiene como resultado, directa o indirectamente, que el aditivo o sus derivados se conviertan en un componente del alimento”. Están regulados por autoridades nacionales e internacionales para garantizar su inocuidad. Evaluación toxicológica Estudios de seguridad: Antes de autorizarse, los aditivos deben ser evaluados mediante estudios que determinen: Dosis sin efecto adverso observado (NOAEL) Toxicidad aguda y crónica Potencial cancerígeno, mutagénico, teratogénico Metabolismo y excreción en el cuerpo Ingesta Diaria Aceptable (IDA) Es la cantidad estimada de un aditivo que puede ingerirse diariamente durante toda la vida sin riesgo apreciable para la salud, expresada en mg/kg de peso corporal. Ejemplo: Sacarina → IDA = 5 mg/kg peso corporal, Glutamato → IDA no especificada (seguro a niveles habituales) Regulación y evaluación de seguridad Los aditivos deben cumplir criterios de seguridad, eficacia tecnológica y necesidad justificada. Las agencias que evalúan y autorizan aditivos son: FAO/OMS – JECFA (Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios). Evalúa seguridad toxicológica global EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). Revisión científica de aditivos en Europa FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU.). Regula y autoriza uso de aditivos en alimentos. COFEPRIS (México) y normas NOM (como NOM-218-SSA1-2011). Aplica normativas NOM como la NOM-218-SSA1-2011 Consideraciones actuales y tendencias Clean label: creciente demanda por productos sin aditivos artificiales. Aditivos naturales: como extractos de romero, cúrcuma, betabel, en reemplazo de sintéticos. Revisión regulatoria constante: nuevos estudios pueden modificar autorizaciones (ej. debate sobre dióxido de titanio, E171). Los aditivos alimenticios son herramientas tecnológicas clave en la industria alimentaria. Su uso está estrictamente regulado, pero es importante un consumo moderado e informado, priorizando alimentos naturales. Las evaluaciones toxicológicas, el etiquetado y la innovación en alternativas naturales son fundamentales para una alimentación segura y saludable.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y reactivos del ejemplo

Instrumental:

Espectrofotómetro UV-Vis

Cubetas de cuarzo

Vaso de precipitados, tubos de ensayo

Pipetas automáticas y manuales

Agitador magnético

Reactivos:

Solución patrón de **benzoato de sodio (100 ppm)**

Solución patrón de **sorbato de potasio (100 ppm)**

Solución buffer fosfato (opcional, pH 7.4)

Agua destilada

Muestras de alimentos líquidos o semisólidos (refrescos, salsas, jugos, mermeladas)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento

A. Preparación de curva de calibración

Preparar soluciones estándar de benzoato (5, 10, 15, 20, 25 ppm).

Medir la absorbancia de cada concentración en el espectrofotómetro a 230 nm (para benzoato) y 255 nm (para sorbato).

Construir una curva de calibración (Absorbancia vs. concentración).

B. Preparación de la muestra

Tomar 10 mL de la muestra líquida.

Agitar y filtrar si contiene sólidos.

Diluir adecuadamente (1:10 o 1:20, según el etiquetado y concentración esperada).

Medir la absorbancia en el espectrofotómetro en las longitudes de onda específicas.

Calcular la concentración en la muestra a partir de la curva de calibración.

RESULTADOS ESPERADOS

Resultados del ejemplo

Ejemplo de tabla de curva de calibración:

Concentración (ppm) Absorbancia (230 nm)

5	0.120
10	0.235
15	0.357
20	0.475
25	0.592

Ecuación de la recta (benzoato): $A = 0.0235 \cdot C + 0.002$

Ejemplo de resultados de muestras:

Muestra	Absorbancia medida	Concentración calculada (ppm)	Límite legal (NOM-218)
Refresco A	0.410	17.36 ppm	1,000 ppm (benzoato)
Mermelada B	0.590	25.00 ppm	500 ppm (sorbato)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis de resultados del ejemplo

Todas las muestras se encuentran **muy por debajo del límite legal**, indicando cumplimiento normativo. Una concentración excesiva (>500 ppm en mermeladas, por ejemplo) podría representar riesgo en personas sensibles.

El uso combinado de conservadores (benzoato + sorbato) puede tener **efectos sinérgicos**, por lo que es importante su monitoreo.

Cuestionario de análisis del ejemplo

- ¿Qué función cumplen los conservadores benzoato y sorbato en los alimentos?
- ¿Por qué es necesario diluir las muestras?
- ¿Qué consecuencias toxicológicas puede tener el consumo crónico de benzoato?
- ¿Qué normas regulan el uso de estos aditivos en tu país?
- ¿Qué podría afectar la precisión de los resultados espectrofotométricos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Interpretación y consideraciones del ejemplo

La espectrofotometría UV-Vis es una técnica sencilla, económica y eficiente para detectar conservadores. La vigilancia periódica de aditivos garantiza la inocuidad alimentaria. Se recomienda **verificar el etiquetado** y fomentar el consumo de alimentos con menor carga de aditivos, sobre todo en niños.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (2022). *Evaluación del riesgo de aditivos alimentarios en población infantil*. <https://www.aesan.gob.es>

AOAC International. (2019). *Official Method 974.27 – Benzoic Acid and Sorbic Acid in Foods*. AOAC Official Methods of Analysis.

Comisión del Codex Alimentarius. (2023). *Norma general para los aditivos alimentarios (CODEX STAN 192-1995)*. FAO/OMS. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

FDA. (2023). *Food Additive Status List*. U.S. Food and Drug Administration.

González, A., & Ramírez, L. (2020). *Manual de análisis de aditivos alimentarios*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Gutiérrez, Y., & Martínez, R. (2021). Evaluación de aditivos artificiales en productos procesados consumidos por escolares. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 52(1), 12–20. <https://revistas.unam.mx/index.php/rmcf>

Secretaría de Salud. (1994). *NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición*. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Salud. (2011). *NOM-218-SSA1-2011. Productos y servicios. Bebidas no alcohólicas. Especificaciones sanitarias*. Diario Oficial de la Federación.

ChatGPT (2025). OpenAI. <https://chat.openai.com/>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

NOM-218-SSA1-2011 *Bebidas no alcohólicas. Especificaciones sanitarias*. Establece los límites permisibles de aditivos como conservadores, colorantes y edulcorantes en bebidas no alcohólicas.

NOM-086-SSA1-1994 *Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales*. Incluye regulación del uso de aditivos en productos con reducción de calorías, azúcares, grasas, etc.

NOM-051-SCFI/SSA1-2010 *Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados*. Obliga a declarar aditivos como colorantes, edulcorantes o conservadores en el etiquetado.

NOM-251-SSA1-2009 *Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*. Incluye controles en el uso seguro de aditivos en la producción.

Normas internacionales y regionales

Codex Alimentarius (CODEX STAN 192-1995) *Norma general para los aditivos alimentarios*. Emitida por la FAO/OMS, define los aditivos permitidos, sus funciones y niveles máximos en diversas categorías de alimentos.

Normas técnicas de métodos analíticos

AOAC Official Method 974.27 *Benzoic Acid and Sorbic Acid in Foods*. Método validado para la cuantificación de conservadores por técnicas cromatográficas.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Detección y Cuantificación de Metales Pesados en Agua Potable mediante Espectrometría de Absorción Atómica (AAS)
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Detectar, identificar y cuantificar metales contaminantes (Plomo, Cadmio, Arsénico, Mercurio, Cromo y Níquel) presentes en muestras de agua para consumo humano, empleando la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica, asegurando precisión, exactitud y control de calidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Metales contaminantes en agua para consumo humano: El agua potable debe cumplir con estándares estrictos para asegurar que no contenga contaminantes peligrosos para la salud humana. Los metales pesados, por su toxicidad, persistencia y capacidad de bioacumulación, son uno de los principales contaminantes preocupantes en el agua para consumo humano. Su presencia puede deberse a causas naturales o antropogénicas (actividades humanas), y su toxicidad depende de la concentración, la especie química, la vía de exposición y la duración del contacto. Mecanismos de contaminación y transporte Naturales: Disolución de minerales en acuíferos, procesos geológicos. Antropogénicos: Actividades industriales, minería, agricultura, residuos urbanos. Transporte: Flujos de aguas superficiales y subterráneas, infiltración, erosión. Factores que afectan la movilidad: pH, redox, presencia de materia orgánica, complejación con otros elementos. Toxicocinética y toxicodinámica Absorción: Por ingestión del agua contaminada, algunos metales se absorben en intestino. Distribución: Se acumulan en órganos específicos (riñón, hígado, hueso, cerebro). Metabolismo: Algunos metales no se metabolizan, otros se transforman en formas más tóxicas (p. ej., metilmercurio). Excreción: Por orina y heces, pero con baja eficiencia en muchos casos, favoreciendo bioacumulación. Normativa internacional y nacional OMS (Organización Mundial de la Salud) establece límites guía para metales en agua potable que sirven de referencia global. EPA (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.) y Directiva Europea tienen límites similares o más estrictos. En muchos países existen normativas específicas que pueden variar, pero basadas en la evidencia científica de la OMS. Técnicas de detección y monitoreo Técnicas analíticas comunes: Espectrometría de absorción atómica (AAS). Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Cromatografía para especies químicas específicas. Monitoreo continuo en fuentes de agua, plantas de tratamiento y redes de distribución. Impacto en la salud pública y recomendaciones Exposición crónica puede generar enfermedades degenerativas, cáncer, trastornos neurológicos y renales. La población vulnerable incluye niños, embarazadas y personas con enfermedades crónicas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y Reactivos

Equipos y materiales

Espectrofotómetro de Absorción Atómica con lámparas específicas para Pb, Cd, As, Hg, Cr, Ni.

Bomba de aspiración o sistema de inyección

Sistema de atomización (llama de aire-acetileno o horno de grafito)

Vasos de precipitados, matraces volumétricos y pipetas (clase A)

Filtros de membrana de 0.45 μm

Frascos de muestreo de polietileno o vidrio ácidos y estériles

Balanza analítica (± 0.1 mg)

Material de laboratorio general y de seguridad (vasos, agitadores, guantes, gafas)

Reactivos y estándares

Agua destilada y desionizada

Muestras de agua potable (recolectadas en botellas limpias y libres de contaminación)

Ácido nítrico (HNO_3) ultrapuro ($\geq 65\%$) para acidificar muestras y evitar precipitación

Ácido clorhídrico (HCl) ultrapuro (opcional para estabilizar metales)

Soluciones estándar certificadas de Pb, Cd, As, Hg, Cr, Ni (concentraciones conocidas, por ejemplo 1000 mg/L)

Reactivos para limpieza (solución detergente neutra)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento (En base a la disponibilidad de Equipo e Instrumental necesario para realizar esta práctica de laboratorio, se sugiere realizar esta práctica como una simulación del procedimiento y un estudio sistemático y detallado del Análisis e Interpretación de los resultados obtenidos en la simulación).

Muestreo de agua

Tomar muestras de agua potable de diferentes puntos de la red de distribución o fuente.

Usar frascos limpios y previamente lavados con ácido y agua desionizada.

Acidificar la muestra inmediatamente al recolectarla con HNO_3 para obtener $\text{pH} < 2$ y prevenir precipitación o adsorción en paredes.

Etiquetar adecuadamente con fecha, lugar y condiciones de muestreo.

Transportar las muestras refrigeradas (4°C) al laboratorio y analizarlas lo antes posible (ideal dentro de 48 h).

Preparación y filtración de muestras

Filtrar las muestras con filtro de membrana 0.45 μm para eliminar partículas en suspensión.

Homogeneizar la muestra con agitación suave antes de análisis.

Preparación de soluciones estándar y curva de calibración

Diluir las soluciones estándar concentradas para preparar al menos cinco niveles de concentración (ej. 0, 1, 5, 10, 20 $\mu\text{g/L}$).

Acidificar las soluciones estándar igual que las muestras para asegurar condiciones similares.

Preparar blanco de método con agua destilada acidificada.

Registrar absorbancias para cada estándar y construir la curva de calibración (absorbancia vs concentración).

Configuración y calibración del AAS

Encender y calentar la lámpara de cátodo hueco específica para el metal.

Ajustar la longitud de onda (ejemplo: Pb = 283.3 nm, Cd = 228.8 nm, As = 193.7 nm, Hg = 253.7 nm, Cr = 357.9 nm).

nm, Ni = 232.0 nm).

Seleccionar el tipo de atomizador adecuado (llama o horno de grafito).

Ajustar parámetros de la llama: flujo de acetileno y aire, nebulizador, corriente eléctrica, etc.

Realizar la calibración con las soluciones estándar, asegurando una buena linealidad ($R^2 \geq 0.995$).

Análisis de las muestras

Aspirar las muestras filtradas y acidificadas en el equipo.

Registrar la absorbancia para cada metal.

Realizar al menos dos repeticiones por muestra para verificar precisión.

Leer y guardar los resultados para el procesamiento.

Seguridad y manejo de residuos

Manipular ácidos y estándares con equipo de protección (guantes, gafas, bata).

Trabajar en campana extractora cuando se usen vapores tóxicos.

Disponer residuos ácidos y metales en contenedores específicos según normativa ambiental.

Evitar derrames y contaminación cruzada durante la preparación de muestras.

Desechar residuos según normativas ambientales.

RESULTADOS ESPERADOS

Cálculos

Utilizar la ecuación de la curva de calibración para calcular concentración en $\mu\text{g/L}$ o mg/L :

$C_{\text{muestra}} = \text{Absorbancia de la muestra} - \text{Intercepto} * \text{Pendiente}$

Ajustar según diluciones previas (si aplica).

Resultados esperados

Concentraciones de metales contaminantes detectadas en las muestras, comparadas con los límites máximos permisibles (OMS).

Control de calidad y validación

Blanco del método: Verifica contaminación en reactivos y manipulación.

Repetibilidad: Análisis triplicado para evaluar variabilidad.

Recuperación: Añadir patrón conocido a muestra (spike) y medir porcentaje recuperado.

Límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ): Calcular según desviación estándar de blanco y pendiente.

Verificación de interferencias: Evaluar posibles interferencias químicas o físicas, usando métodos de corrección (ejemplo: corrección de fondo, uso de llama de acetileno-óxido nítrico para Cr(VI)).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados y discusión

Presentar resultados en tablas, comparando concentraciones con límites máximos permisibles (OMS, EPA, NOM).

Identificar fuentes probables de contaminación en función de resultados.

Identificación de posibles incumplimientos en la calidad del agua. Interpretar si las aguas cumplen o no con estándares de calidad.

Discutir posibles errores experimentales y medidas para minimizarlos.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Análisis e interpretación

Discutir si los niveles encontrados representan riesgo para la salud humana.
Relacionar las fuentes posibles de contaminación según resultados.
Proponer recomendaciones para el tratamiento o control si se detectan niveles altos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). (2020). *Lineamientos para el monitoreo de la calidad del agua para uso y consumo humano*. <https://www.gob.mx/cofepris>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Calidad del agua en México. Informe técnico*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/informes-de-calidad-del-agua>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2021). *Métodos analíticos para la determinación de metales pesados en agua potable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). <https://www.gob.mx/imta>

Instituto Nacional de Salud Pública. (2019). *Calidad del agua para consumo humano: exposición a contaminantes químicos y sus riesgos para la salud*. Gobierno de México. <https://www.insp.mx>

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guías para la calidad del agua potable: Criterios de salud y otras informaciones de apoyo* (4.ª ed.). OMS. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>

Secretaría de Salud. (2021). *NOM-127-SSA1-2021: Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx>

OpenAI. (2025). ChatGPT (versión GPT-4o) [Modelo de lenguaje grande]. OpenAI. <https://chat.openai.com>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-127-SSA1-2021 *Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.* Establece los límites máximos permisibles de metales como plomo, arsénico, mercurio, cadmio y cromo. <https://www.dof.gob.mx>

NMX-AA-051-SCFI-2016 *Análisis de aguas – Determinación de metales por espectrometría de absorción atómica.* Norma mexicana que establece procedimientos específicos para analizar metales pesados.

NMX-AA-132-SCFI-2006 *Guía para la presentación de resultados analíticos de pruebas de laboratorio en agua.* – Norma de referencia para informar resultados analíticos en el sector agua.

Normas internacionales

WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2022) *Organización Mundial de la Salud (OMS).* Referencia global sobre límites de exposición a metales como arsénico, plomo, mercurio, etc. <https://www.who.int/publications>

EPA 200.8 (Rev. 5.4) *Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by ICP-MS (Método oficial de la EPA).* Estándar de referencia para análisis multielemental de metales en aguas. <https://www.epa.gov>

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) *Métodos estándar recomendados por la APHA, AWWA, WEF.* Referencia técnica internacional ampliamente usada para análisis de metales y otros contaminantes. <https://www.standardmethods.org>

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Detección y cuantificación de residuos de plaguicidas en frutas mediante método QuEChERS y análisis por GC-MS.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar el método QuEChERS para la extracción y purificación de plaguicidas en una matriz alimentaria (fruta). Identificar y cuantificar plaguicidas mediante cromatografía de gases con detector de masas (GC-MS) e comparar los resultados con los Límites Máximos de Residuos (LMR) establecidos por normativas nacionales e internacionales.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Plaguicidas en productos alimenticios

Los plaguicidas son sustancias químicas o biológicas utilizadas para prevenir, destruir o controlar organismos considerados plagas en la agricultura, como insectos, hongos, bacterias, malezas o roedores.

Aunque su uso ha contribuido significativamente al aumento de la productividad agrícola y al aseguramiento alimentario, también plantea importantes riesgos para la salud humana y el medio ambiente cuando se emplean inadecuadamente o sus residuos permanecen en los alimentos más allá de los límites establecidos. Los plaguicidas, aunque efectivos en el campo, pueden dejar **residuos** en los productos agrícolas cosechados. Estos residuos pueden permanecer en frutas, verduras, granos e incluso productos de origen animal (por bioacumulación). La exposición humana a estos residuos ocurre principalmente a través de la dieta diaria.

Niños, embarazadas y ancianos son más vulnerables debido a mecanismos de desintoxicación inmaduros o deteriorados.

Regulación y límites máximos de residuos (LMR)

Los LMR son la concentración máxima de un plaguicida permitido legalmente en un alimento, expresada en miligramos por kilogramo (mg/kg o ppm). Están definidos por evaluaciones toxicológicas basadas en la Ingesta Diaria Admisible (IDA), con márgenes de seguridad.

Principales organismos reguladores:

- **Codex Alimentarius (FAO/OMS):** Estándares internacionales
- **EPA (Estados Unidos)**
- **EFSA (Unión Europea)**
- **COFEPRIS / SENASICA (México) – NOM-082-SSA1-2023**

Los LMR son específicos para cada combinación de **alimento + plaguicida**.

Técnicas de detección analítica de residuos de plaguicidas

Métodos de extracción:

QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe): ampliamente adoptado por su simplicidad y eficiencia.

SPE (Solid Phase Extraction)

LLE (Liquid-Liquid Extraction)

Métodos de análisis instrumental:

GC-MS y LC-MS/MS son las técnicas más utilizadas en laboratorios de referencia para cumplir con normativas internacionales.

Estudios y hallazgos recientes

Estudios en países latinoamericanos han encontrado que hasta un 30–40% de frutas y verduras analizadas presentan residuos de uno o más plaguicidas. En algunos casos:

- Se han detectado hasta 10 residuos diferentes en una sola muestra.
- Algunos plaguicidas encontrados están **prohibidos por la FAO y OMS**.
- Los residuos están por encima de los LMR, especialmente en productos como: **cilantro, fresa, espinaca, jitomate, lechuga, uva**.

Implicaciones para la salud pública y comercio

El incumplimiento de LMR compromete la **inocuidad alimentaria**.

Puede generar **rechazo de exportaciones** (particularmente hacia la UE o EE.UU.).

Aumenta la resistencia de plagas y los costos de producción.

Daña la confianza del consumidor y la imagen del país exportador.

El uso de plaguicidas en la agricultura moderna, si bien necesario para el control de plagas, debe estar estrictamente regulado y monitoreado. La detección analítica de residuos, la aplicación de límites legales y la educación de productores son elementos clave para garantizar la seguridad alimentaria. Es indispensable fortalecer los sistemas de vigilancia, laboratorios acreditados, y aplicar tecnologías analíticas de vanguardia para proteger la salud pública.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales y Reactivos

Material Biológico

- 3 muestras de frutas frescas (manzana, fresa, jitomate)

Materiales de laboratorio

- Tubos Falcon 50 mL
- Centrífuga
- Micropipetas
- Vórtex
- Filtro PTFE 0.22 μ m
- Frascos ámbar para GC
- Jeringas 5 mL
- Papel aluminio

Reactivos

- Acetonitrilo (HPLC grado)
- Sulfato de magnesio anhidro (MgSO_4)
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Citrato de sodio tribásico
- Citrato de sodio dibásico sesquihidratado
- Sorbente PSA (Primary Secondary Amine)
- Estándares de plaguicidas (Clorpirifós, Malatión, Deltametrina)
- Agua ultrapura

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Procedimiento Experimental (Simulación del Procedimiento)

Método QuEChERS + GC-MS para Análisis de Plaguicidas

Preparación de la muestra

- Selección y lavado de frutas (manzana, fresa o jitomate).
- Trituración o licuado hasta obtener una mezcla homogénea.
- Pesar 10.0 g de muestra en un tubo Falcon de 50 mL.

Extracción con acetonitrilo

- Añadir 10 mL de **acetonitrilo** (grado HPLC) a la muestra.
- Agitar en vórtex durante 1 minuto.

Adición de sales para partición

- Añadir mezcla de sales QuEChERS:
 - 4.0 g de **MgSO₄ anhidro**
 - 1.0 g de **NaCl**
 - 1.0 g de **citrato de sodio tribásico**
 - 0.5 g de **citrato de sodio dibásico sesquihidratado**
- Agitar vigorosamente en vórtex durante 1 minuto.

Centrifugación (Fase de partición)

- Centrifugar a 4000 rpm durante 5 minutos.
- Separar la fase orgánica (acetonitrilo).

Limpieza de extracto (d-SPE)

- Transferir 6 mL del sobrenadante a un tubo limpio que contenga:
 - 150 mg de **PSA**
 - 900 mg de **MgSO₄**
- Agitar durante 1 minuto.
- Centrifugar a 4000 rpm durante 5 minutos.

Filtrado

- Filtrar el extracto limpio con una jeringa + filtro PTFE de 0.22 µm.
- Transferir a viales ámbar para análisis instrumental.

Análisis en GC-MS

- Inyectar 1 µL del extracto en el sistema GC-MS.
- Operar en modo SIM (monitoreo de iones seleccionados).
- Identificar compuestos por tiempo de retención y espectro de masas.
- Registrar áreas de pico para cuantificación.

Cuantificación

- Utilizar la curva de calibración (estándares conocidos).
- Aplicar regresión lineal para determinar concentración en la muestra.
- Comparar con los **Límites Máximos de Residuos (LMR)**.

Interpretación de resultados

- Determinar si los residuos están dentro del límite legal.
- Evaluar la seguridad del alimento para consumo humano.

Este diagrama de flujo guía paso a paso desde la recolección de la muestra hasta la interpretación final de los resultados.

RESULTADOS ESPERADOS

Ejemplo de tabla de resultados:

Muestra	Plaguicida Detectado	Tiempo de Retención (min)	Área de Pico	Conc. (mg/kg)	LMR (mg/kg)	Cumple
Fresa 1	Clorpirifós	12.3	345000	0.043	0.05	Sí
Fresa 2	Malatión	14.7	560000	0.078	0.1	Sí
Fresa 3	Deltametrina	17.1	820000	0.132	0.2	Sí

Cálculos

Utilizar la curva de calibración construida a partir de estándares con concentraciones conocidas.

Aplicar regresión lineal para hallar la concentración en las muestras según el área del pico.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas guía diseñadas para fomentar el **análisis crítico** y la **interpretación de datos** en una práctica de laboratorio sobre **plaguicidas en alimentos**. Estas preguntas pueden utilizarse en reportes, discusiones en clase o evaluaciones:

Preguntas guía para la interpretación de datos de laboratorio sobre plaguicidas en alimentos

Sobre los resultados obtenidos

1. ¿Qué concentración de plaguicida se encontró en la muestra?
 - ¿Cuál fue el valor calculado a partir de la curva de calibración?
2. ¿Cómo se compara esa concentración con el Límite Máximo de Residuos (LMR) establecido por normas como el Codex Alimentarius o la NOM-003-SSA1-2006?
 - ¿Se encuentra por debajo, igual o por encima del límite permitido?
3. ¿Qué precisión y exactitud tuvo el método empleado?
 - ¿Se calcularon parámetros como recuperación, repetibilidad o desviación estándar?

Sobre la evaluación de riesgos

4. ¿La concentración encontrada representa un riesgo para la salud del consumidor?
 - Considerando la ingesta diaria estimada, ¿se supera la Ingesta Diaria Aceptable (IDA)?
5. ¿Qué consecuencias toxicológicas podrían derivarse de la exposición al plaguicida hallado, en caso de consumo crónico o acumulativo?
6. ¿Qué tipo de plaguicida se detectó (organofosforado, carbamato, organoclorado, etc.) y cuál es su mecanismo de toxicidad?

Sobre el procedimiento y control de calidad

7. ¿Qué factores podrían haber influido en los resultados obtenidos?
 - Ejemplos: errores en la preparación de la muestra, contaminación cruzada, interferencias de matriz, fallas instrumentales.
8. ¿Qué controles se usaron en el experimento (blancos, estándares, duplicados) y qué indican sobre la validez del análisis?
9. ¿La curva de calibración utilizada presentó buena linealidad?
 - ¿Cuál fue el valor del coeficiente de correlación R^2 ?
 - ¿Los puntos se ajustaron adecuadamente?

Sobre la técnica instrumental

10. ¿Qué ventajas y desventajas tiene la técnica empleada (GC, HPLC, ELISA) para este tipo de análisis?
11. ¿Se podría haber usado una técnica más sensible o selectiva para el tipo de plaguicida y matriz analizada?
12. ¿Qué límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) se manejaron, y fueron suficientes para la concentración esperada?

Sobre la interpretación final y la normativa

13. ¿Qué recomendaciones podrías hacer a un productor agrícola que desea cumplir con la normativa vigente sobre residuos de plaguicidas?
14. ¿Cómo influye el procesamiento del alimento (lavado, cocción, pelado) en la presencia del plaguicida detectado?

¿Cuál es la importancia del monitoreo constante de plaguicidas en alimentos en términos de salud pública y comercio internacional?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Ejemplo de Conclusiones y Reflexiones

Conclusiones

El método QuEChERS combinado con GC-MS permite detectar residuos de plaguicidas con alta precisión. Las concentraciones detectadas estuvieron por debajo de los LMR establecidos por Codex Alimentarius. La técnica es adecuada para monitoreo rutinario en laboratorios de inocuidad alimentaria.

Recomendaciones

Verificar la validación del método en la matriz específica.

Evitar contaminación cruzada entre muestras.

Considerar análisis complementarios con LC-MS para plaguicidas no volátiles.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Se emplearán los criterios establecidos en las rúbricas pertinentes.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de práctica de laboratorio . Rúbrica de reporte de práctica .
Formatos de reporte de prácticas	Formato de Reporte de Práctica de Laboratorio establecido por el docente encargado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Cabrera, A., & Hernández, F. (2010). *Residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas: métodos de análisis y evaluación de riesgos*. Madrid: Mundi-Prensa.

Flores Sánchez, M., & García Hernández, M. A. (2015). Determinación de residuos de plaguicidas en frutas y verduras en el mercado nacional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1135–1146.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n5/v6n5a8.pdf>

INECC – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (México). (2018). *Monitoreo de plaguicidas en alimentos y agua: situación en México y perspectivas*. <https://www.gob.mx/inecc/documentos/monitoreo-de-plaguicidas-en-mexico>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2017). *Residuos de plaguicidas en alimentos: Buenas prácticas de laboratorio para estudios analíticos*. FAO.

<https://www.fao.org/3/i5541s/i5541s.pdf>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, México). (2021). *Informe anual sobre residuos de plaguicidas en alimentos agrícolas nacionales*.

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/informes-anuales-de-monitoreo-de-plaguicidas>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Codex Alimentarius Commission. (2023). *Codex Pesticide Residues in Food Online Database*. FAO/WHO.

<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/>

Environmental Protection Agency (EPA). (2022). *Pesticide Analytical Methods (PAM) for Residue Chemistry*.

<https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/pesticide-analytical-methods>

European Food Safety Authority (EFSA). (2021). *Annual Report on Pesticide Residues in Food in the European Union*. EFSA Journal, 19(4), e06491. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6491>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2016). *Manual on the Submission and Evaluation of Pesticide Residues Data for the Estimation of Maximum Residue Levels in Food and Feed*. FAO Plant Production and Protection Paper 225.

Secretaría de Salud (México). (2005). *NOM-213-SSA1-2002: Productos y servicios. Lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias*. Diario Oficial de la Federación. (Contiene apartados sobre residuos de plaguicidas en alimentos lácteos)

Secretaría de Salud (México). (2012). *NOM-003-SSA1-2006: Salud ambiental. Requisitos sanitarios que deben satisfacer los sistemas de análisis de residuos de plaguicidas en alimentos*. Diario Oficial de la Federación.

ANEXOS

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo

Anexos (opcionales)

Ficha técnica del equipo GC-MS

Ficha de seguridad de los plaguicidas utilizados

Copia de la curva de calibración y espectros obtenidos

ANEXOS



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

- 1.- Diagramas, tablas, ejemplos de reportes
- 2.- Formatos de seguridad y protocolos adicionales
- 3.- Problemas o ejercicios de apoyo



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu