CampeSENA
¡Una Esperanza Debida!



TOXICOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

DIRECCIÓN DE FORMACIÓN PROFESIONAL


D. Páez J.
SENA

Toxicología y seguridad alimentaria

TOXICOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

DIRECTIVOS

Jorge Eduardo Londoño Ulloa
Director
Dirección general

Claudia Patricia Forero Londoño
Directora de Formación Profesional
Dirección general

Luis Alejandro Jiménez Castellanos
Director del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo
Dirección general

Nora Luz Salazar Marulanda
Subdirectora
Centro de Servicios de Salud - Regional Antioquia

ECOSISTEMA DE RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES

Milady Tatiana Villamil Castellanos
Responsable Ecosistemas de recursos educativos digitales
Dirección General

Olga Constanza Bermúdez Jaimes
Responsable línea de producción Regional Antioquia
Dirección general

CONTENIDO INSTRUCCIONAL

Diana Cristina Muñoz Urrea
Experta temática
Centro Agroindustrial – Regional Meta

Jorge Andrés Melo Rodríguez
Experto temático
Centro Agroindustrial – Regional Meta

Ana Catalina Córdoba Sus
Evaluador instruccional
Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila

Gissela del Carmen Alvis Ladino
Diseñador instruccional
Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila

DISEÑO Y DESARROLLO DE RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES

Kevin Danilo Gómez Perilla
Diseñador Gráfico
Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila

Marcela González Gómez
Diseñadora Gráfica
Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila

Gustavo Adolfo Contreras Barranco
Guionista de pódcast
Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario - Regional Huila

Toxicología y seguridad alimentaria
Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA - 2024
156 Páginas

ISBN



Fotografías y vectores tomados de freepik.es, stock.adobe.com, pexels.com y flaticon.com

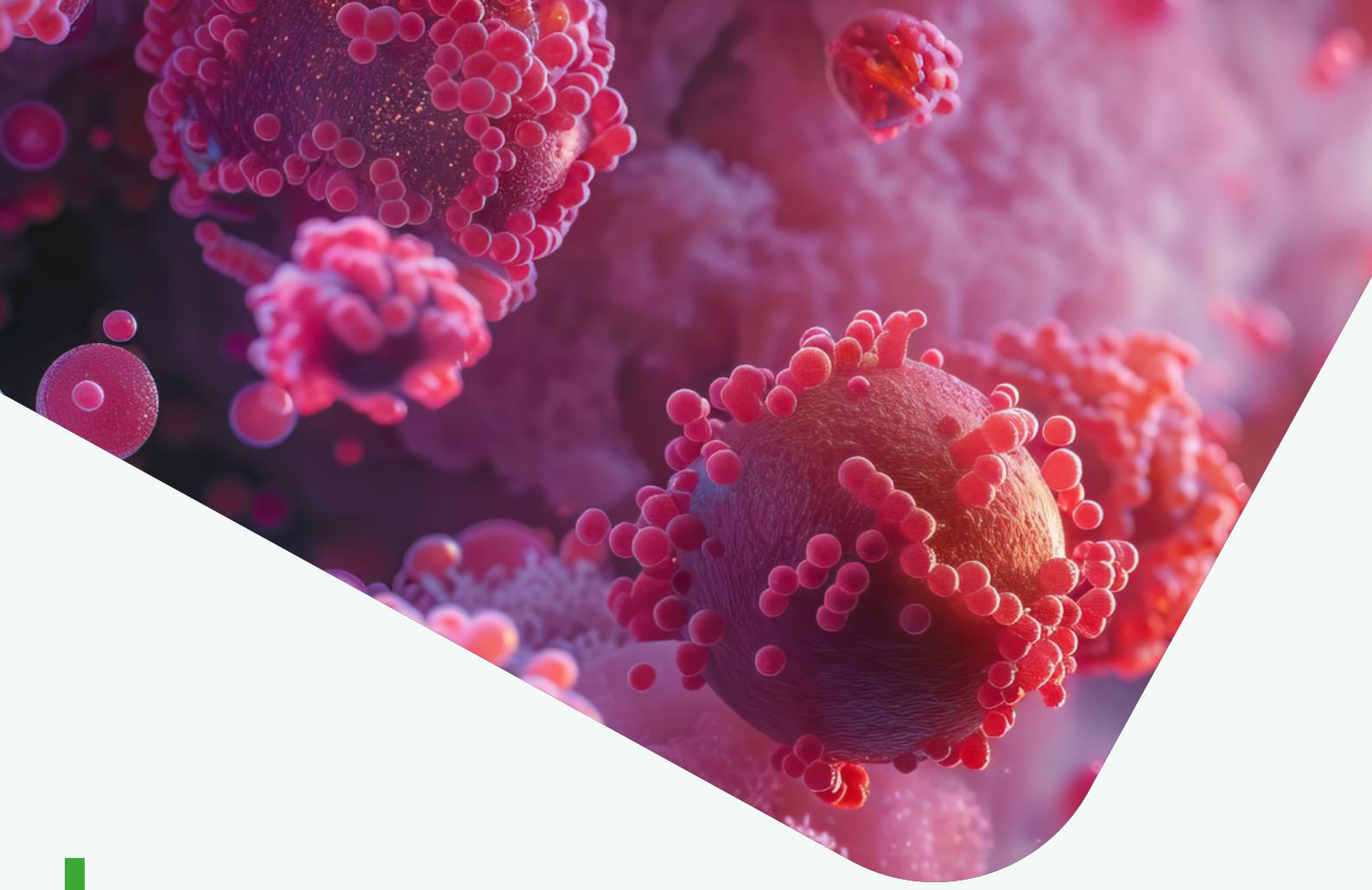


Licencia creative commons CC BY-NC-SA

Este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de la licencia que el trabajo original.

Base v4.1.0 - Paquete v3.1.0





TOXICOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Hoy comienzas un recorrido clave dentro de tu formación, donde vas a comprender cómo los alimentos, más allá de nutrir, también pueden representar un riesgo si no se controlan sus componentes y procesos.

Desde el inicio, te enfrentas a una idea fundamental: todas las sustancias pueden ser tóxicas… la diferencia está en la dosis. Este principio, planteado desde la toxicología clásica, será la base para entender todo lo que viene.

DESARROLLO DE CONTENIDOS

Introducción 8

1. Antinutrientes y toxicidad alimentaria 12

1.1 Antinutrientes 14

1.2 Toxicidad alimentaria por bacterias, virus y hongos 42

1.3 La contaminación vírica en alimentos y agua 58

1.4 Sustancias tóxicas de origen fúngico (hongos) 70

2. Sustancias tóxicas 84

2.1 Sustancias tóxicas derivadas del proceso de preparación y almacenamiento de los alimentos 86

2.2 Derivados de la fracción nitrogenada 94

2.3 Nitrosaminas 102

2.4 Hidrocarburos policlorados, dioxinas y furanos policlorobifenilos (PCBs) 105

2.5 Metales pesados y Radionúclidos 112

2.6 Residuos de producción agrícola y ganadera 124

2.7 Residuos de productos farmacológicos 132

Glosario 140

Referencias Bibliográficas 142

Bitácora de actividades 144

CAMPESENA RADIAL

CERRANDO BRECHAS, EMPODERANDO AL CAMPO COLOMBIANO

¿Qué es CampeSENA?

Es una estrategia del SENA para promover el reconocimiento de la labor del campesinado colombiano, fortalecer su economía y facilitar el acceso de esta población a los diferentes programas y servicios del SENA, con justicia social, ambiental y económica.



¿Para qué sirve?

Con esta estrategia, el SENA busca propiciar el reconocimiento del campesinado en la vida social, cultural y económica del país, con líneas de acción transversales para atender a esta población y generar capacidades para la articulación y consolidación de modelos asociativos campesinos.

Para fortalecer las capacidades, conocimientos y habilidades de la población campesina, y abrirle la puerta a nuevas opciones que le permitan incrementar sus ingresos y mejorar su calidad de vida.





¿Qué es CampeSENA Radial?

CampeSENA Radial nace desde nuestro campo colombiano, como una iniciativa que busca contribuir con la formación técnica a través de experiencias auditivas accesibles para los campesinos y campesinas del país, aprovechando el poder de la radio y los *podcasts* como medio para llevar el conocimiento y oportunidades a cada rincón del territorio nacional.





Mediante la narración de historias y la simulación de situaciones reales del campo colombiano, se transmiten conceptos clave, experiencias, buenas prácticas y procesos esenciales para el progreso y la sostenibilidad de nuestras fincas.

Uno de los pilares de la estrategia, es brindar a los campesinos del país una formación complementaria integral, pues CampeSENA Radial no solo se enfoca en mejorar sus técnicas agrícolas y que alcancen resultados más fructíferos en sus cultivos, sino que también fomenta la creatividad, facilita el aprendizaje sensorial y garantiza una experiencia educativa dinámica y efectiva. De este modo, los aprendices, experimentan una mejor retención de información y un desarrollo de sus habilidades cognitivas como la concentración, la memoria y el pensamiento crítico.

PILARES DE CAMPESENA RADIAL

A través de la estrategia CampeSENA Radial, se busca empoderar a los campesinos y campesinas de nuestro país, convirtiéndolos en agentes activos de su propio desarrollo y del progreso del sector rural, al garantizar el acceso equitativo del conocimiento y oportunidades de aprendizaje, así, se fortalece la economía rural y se reduce la brecha digital en el campo, impulsando la productividad, la competitividad y la generación de recursos en las comunidades agrícolas. De igual manera, esta propuesta promueve la sostenibilidad ambiental, incentivando prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Por tanto, para estimular el aprendizaje, la estrategia cuenta con diferentes materiales y recursos que buscan una participación activa de la comunidad campesina como:



Narraciones cautivadoras y personificaciones: Los conceptos se presentan a través de historias y situaciones cotidianas del campo, conectando con la realidad de los agricultores y facilitando la comprensión.



Efectos de sonido y música ambiental: se recrean ambientes rurales para crear una experiencia auditiva inmersiva y atractiva, manteniendo la atención y motivación de los participantes.



Encuentros presenciales de interacción: se fomentan espacios presenciales para que los campesinos intercambien ideas, compartan experiencias y se apoyen mutuamente en su proceso de aprendizaje.





Material de apoyo:
son las cartillas digitales e impresas en las que se encuentra el contenido técnico para fortalecer las competencias de cada programa de formación.

Programas de radio:
Una parrilla de programas radiales que se transmitirán a través de diferentes emisoras de todo el país, donde los aprendices podrán escuchar las experiencias y el contenido diseñado para apoyar el proceso formativo.

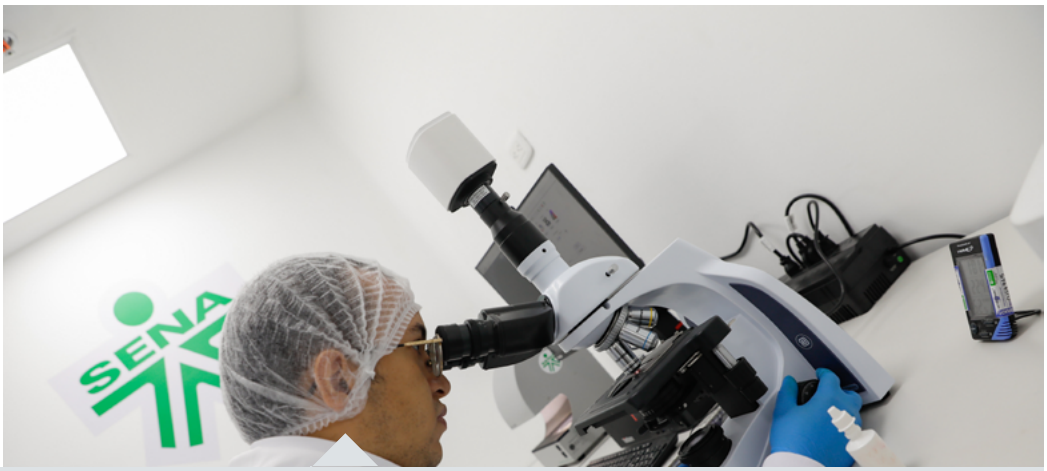
Aplicación móvil:
Una aplicación que contiene *podcasts*, cartilla digital, glosario y actividad interactiva, permitiendo que el aprendiz consulte el material sin necesidad de tener acceso a internet.

CampeSENA Radial es una apuesta por el futuro del campo colombiano, donde la educación se convierte en la herramienta fundamental para el progreso y la transformación social.



1 ANTINUTRIENTES Y TOXICIDAD ALIMENTARIA

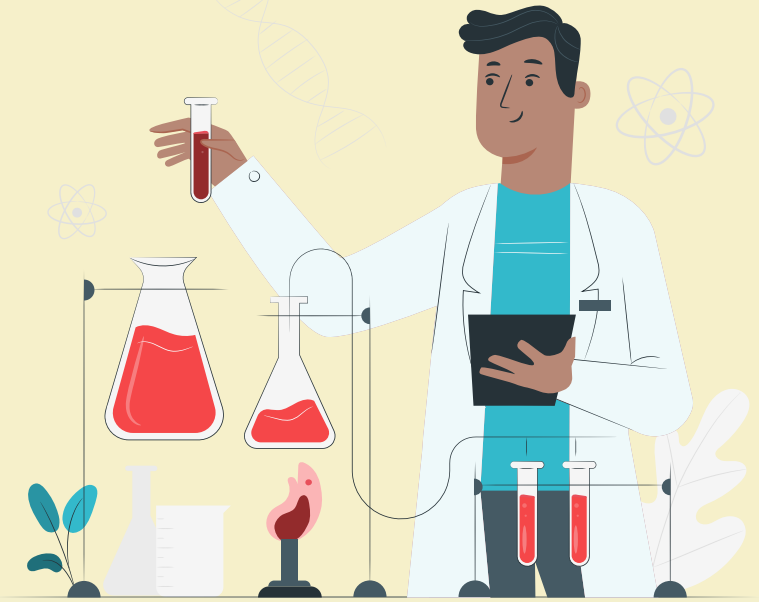
En el siguiente video se presenta la introducción al componente formativo, donde se tratarán temas de toxicología general y su relación con la seguridad alimentaria.



Escanea el QR para ver el video

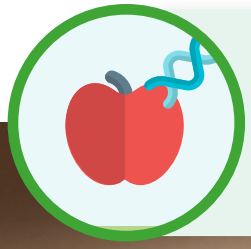
Antinutrientes y toxicidad alimentaria

En este componente, exploraremos los antinutrientes y la toxicidad alimentaria, comprendiendo los conceptos fundamentales de la toxicología general y las principales características del fenómeno tóxico en el organismo. Además, aprenderemos cómo se determina la presencia de tóxicos en los alimentos y cómo, a partir de estudios experimentales de toxicidad, se obtienen índices de vital interés en toxicología alimentaria, tales como el NOEL, la IDA y el LMR. También identificaremos la clasificación de los tóxicos en los alimentos, diferenciando entre aquellos de tipo endógeno y exógeno. Estudiaremos las distintas clases de sustancias antinutricionales y sus principales características, al tiempo que revisaremos la sintomatología asociada a enfermedades generadas por intoxicaciones alimentarias, desencadenadas por microorganismos como bacterias, virus y hongos. A través de una lectura consciente y del análisis del material de apoyo, el aprendiz podrá entender, apropiarse y dominar los procesos y características de la toxicología y su relación con la seguridad alimentaria. Comencemos.




SENA
LABORATORIO
OHAUS

1.1 ANTINUTRIENTES



Los antinutrientes, son sustancias que pueden producir problemas nutricionales y de salud al ser humano, que las consume regularmente, por cuanto disminuyen o impiden la capacidad de asimilación de nutrientes.

Se introdujeron en la alimentación humana, a través de los cultivos para proteger semillas de plagas principalmente. Estas sustancias deben ser transformadas para evitar problemas de salud, por lo cual, a lo largo de los años, el ser humano fue desarrollando técnicas para eliminarlas o transformarlas, sin embargo, hoy en día, estas prácticas están en su mayoría perdidas.

El consumo diario de alimentos con alto contenido de antinutrientes como cereales, legumbres y semillas que no han sido transformados adecuadamente, se encuentran relacionados con diversos problemas digestivos y falta de apetito, dientes cariados y débiles, raquitismo, alergias, deficiencias nutricionales como la anemia o la osteoporosis y problemas en el sistema inmunológico. (Foerster, 2012)

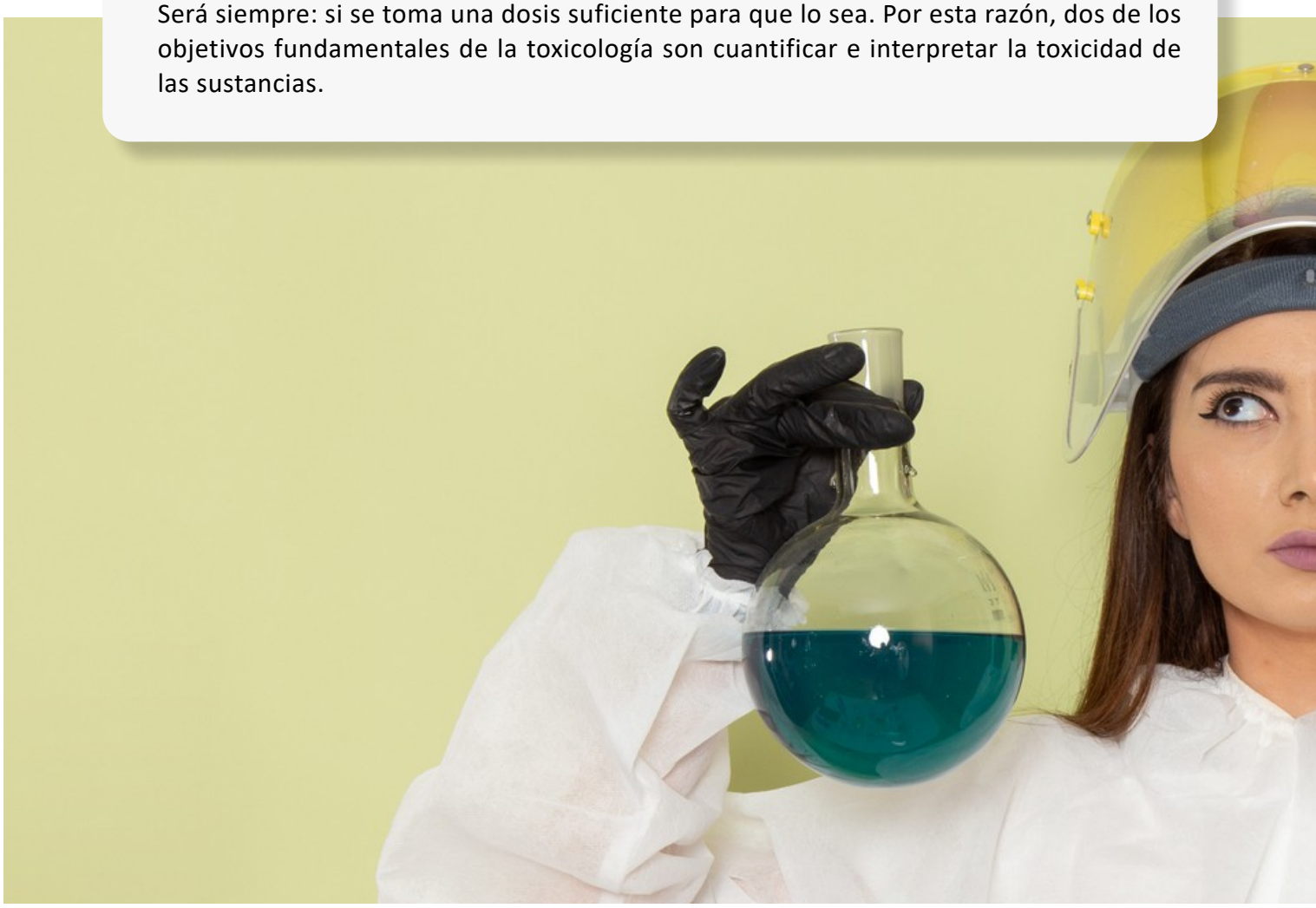




Puede definirse como el estudio de los efectos adversos de sustancias extrañas en los organismos vivos; se basa en conocimientos químicos y biológicos, con el objetivo de hallar explicaciones detalladas a los efectos tóxicos. Uno de los conceptos fundamentales de la toxicología es que solo la dosis, como observó Paracelso (1943-1541) “todas las sustancias son venenosas; no hay ninguna que no sea tóxica. La dosis es lo que diferencia al veneno del remedio”.

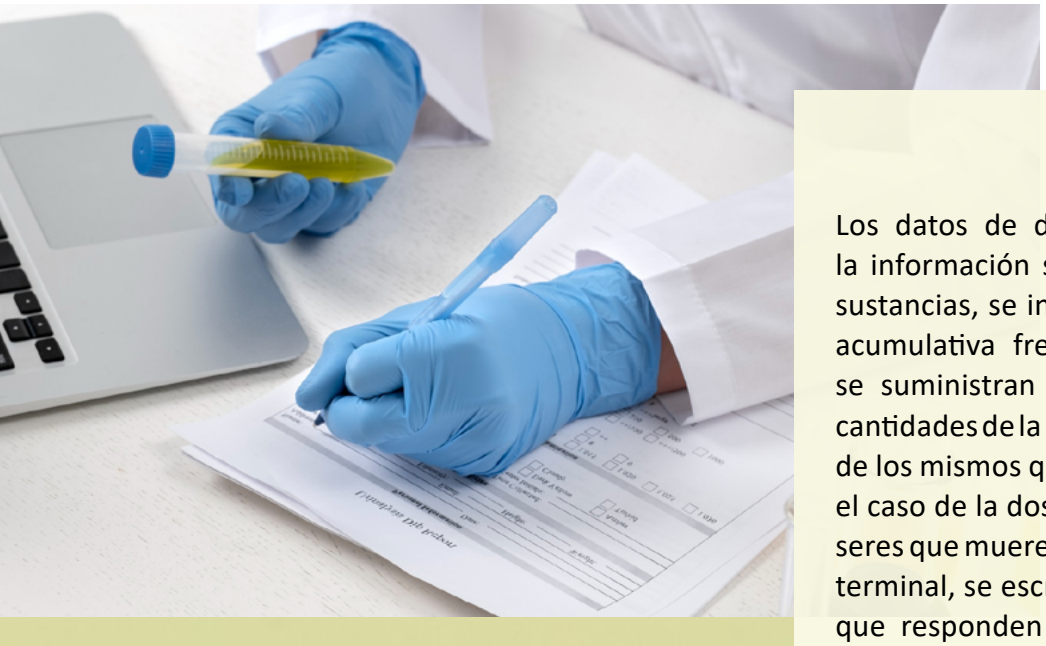
Por tanto, la respuesta a la pregunta ¿es esta sustancia tóxica?

Será siempre: si se toma una dosis suficiente para que lo sea. Por esta razón, dos de los objetivos fundamentales de la toxicología son cuantificar e interpretar la toxicidad de las sustancias.



Las curvas de frecuencia respuesta se obtienen a partir de cualquier serie de datos toxicológicos en los que se mide una respuesta cuantificable, registrando el porcentaje de individuos que responden a cada dosis menos el porcentaje de ellos que responden a cantidades menores. Este tipo de curvas presenta la forma típica de una distribución gaussiana. Además, las curvas ilustran de forma clara que hay una dosis media a la que responde de manera específica el mayor porcentaje de individuos.

Siempre habrá quienes requieran porciones mayores o menores que la media para originar la misma respuesta. Los individuos que responden a dosis menores se denominan hipersensibles y los que responden a cantidades mayores se llaman hiposensibles.

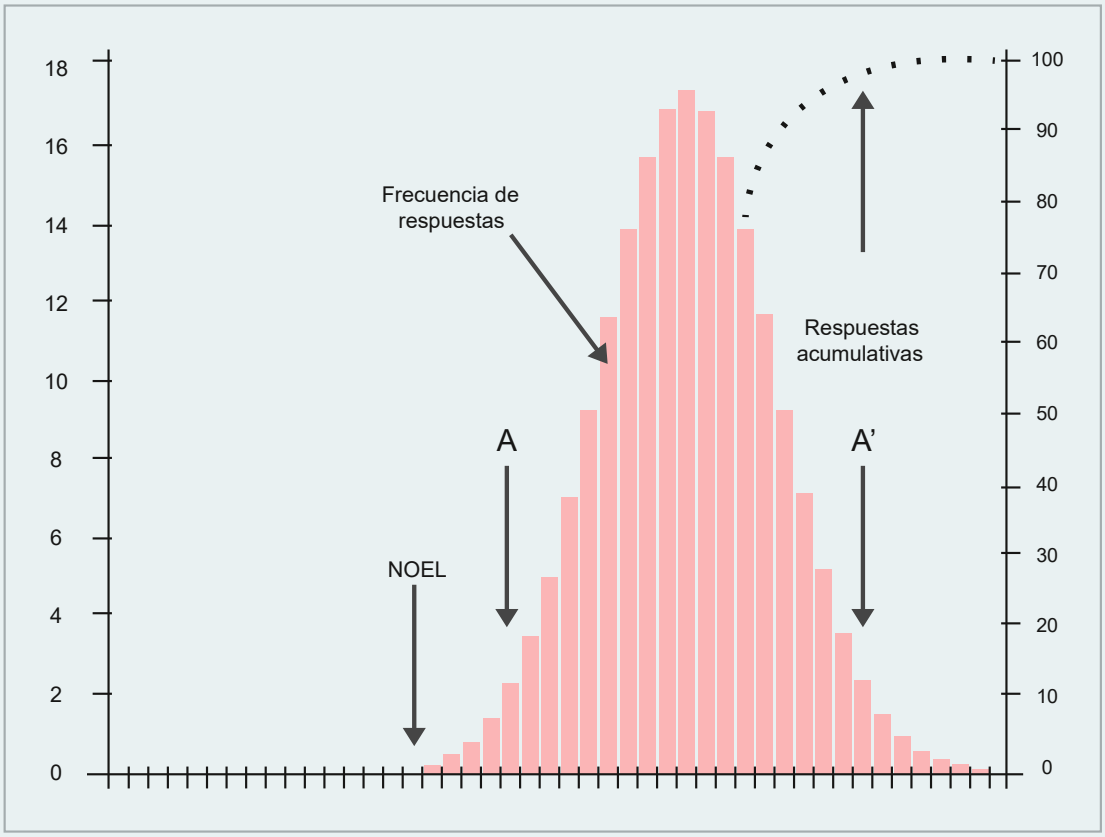


Los datos de dosis-respuesta y en particular, la información sobre la toxicidad aguda de las sustancias, se indica a menudo como respuesta acumulativa frente a las dosis. En este caso se suministran a grupos de individuos varias cantidades de la sustancia y se anota el porcentaje de los mismos que responden positivamente. En el caso de la dosis letal, se apunta el número de seres que mueren. En el caso de una respuesta no terminal, se escribe el número de los individuos que responden al menos a una de las dosis. Previamente, se establece experimentalmente el intervalo de porción en el que tiene lugar la respuesta de interés. Los datos se representan como porcentaje acumulativo de individuos que responden en la forma deseada frente a la dosis.





Figura 1
Curva dosis - respuesta



A medida que la dosis de una sustancia se aproxima al nivel tóxico, se llega a un intervalo de dosis al que los individuos del grupo experimental responden de forma similar. Una vez que se ha establecido la respuesta, los experimentos de dosis - respuesta o dosis-efecto pueden mostrarse de distintas formas. Se obtiene una dosis de frecuencias de respuestas (Figura 1) representando el número de individuos con una respuesta definida específica en función de la dosis. La mayor de estas dosis sin respuesta es la llamada dosis o nivel sin efecto observado, en inglés “No Observed Effect Level” (NOEL).



Para establecer la NOEL se administra un rango de dosis suficientemente pequeña para originar respuesta. A medida que se acumula la dosis, el porcentaje de individuos de cada grupo experimental que responde sigue aumentando hasta que se alcanza una dosis, a partir de la cual responde el 100 % de los miembros del grupo.

La seguridad absoluta de una sustancia no puede explicarse, puesto que la demostración ha de basarse en una evidencia negativa, es decir, en la falta de peligro o de daño debido a tal sustancia. Estadísticamente, siempre existe la posibilidad que el experimento siguiente demuestre que el producto no es seguro. Así, el concepto de seguridad se ha desarrollado con el transcurso del tiempo e inicialmente se podía considerar segura una sustancia si se consumía sin que ocasionase la muerte inmediata o una lesión aguda. Los conocimientos actuales de los efectos tóxicos y la capacidad de comprobarlos han aumentado hasta un punto, en el que se considera relativamente segura a una sustancia si no se producen efectos adversos en determinados efectos biológicos.

Dado que no se puede hablar de una seguridad absoluta, se debe hablar de seguridad relativa, definiendo las condiciones en que se evalúa tal seguridad. Una vez que se han definido los efectos tóxicos de una especie y las condiciones experimentales de la prueba, la toxicidad relativa de las sustancias se establece a menudo determinando las curvas de las dosis letales y comparándolas con las DL50.



La DL50 es un valor determinado estadísticamente y representa el valor de la dosis necesaria para producir la muerte del 50 % de los organismos experimentales. El porcentaje de la DL50 debe acompañarse siempre de alguna cifra o valor de la estimación del error. El intervalo de probabilidad, o valor p, que es el más utilizado, acepta que debe ser menor de 0,05. Este valor indica que si se repitiesen 100 veces el experimento, en 95 ocasiones se obtendría la misma DL50.

Aunque cada sustancia presenta una curva de dosis letal - respuesta, hay muchas diferencias en las DL50 de diferentes sustancias. Por ejemplo, la DL50 de la cafeína se ha estimado en unos 200 mg / kg de peso corporal; la de la toxina botulínica, una de las sustancias más tóxicas que se conocen, se ha estimado en unos 100 mg / kg. Por otra parte, la sal o cloruro sódico presenta una DL50 estimada de 40 mg / kg. Como norma general, las sustancias con DL50 de 1 mg o menos deben considerarse muy tóxicas, aquellas que se encuentran entre 1-50 mg / kg como altamente tóxicas y las que presentan un rango de entre 50 y 500 mg / kg como moderadamente tóxicas.

Los productos cuyas DL50 son mayores que los valores antes citados se consideran como “no tóxicas”, ya que para originar toxicidad o envenenamiento deberían consumirse cantidades relativamente grandes. Por ejemplo, un hombre adulto tendría que ingerir una copa de una sustancia cuya DL50 fuera de 2 g / kg, para presentar toxicidad. Pero de una sustancia muy tóxica que está en el rango 1 mg / kg la ingesta de sólo unas pocas gotas le produciría toxicidad. El riesgo se identifica como la probabilidad de que en algunas condiciones el tóxico genere un daño.

Limite Residual Crítico (LRM) Y Cantidad de Tóxico (IDA)

La identificación de los límites de seguridad, definidos como la certeza que no se producirá ningún daño si el producto se utiliza en determinadas condiciones. Estos son indicadores de vital importancia en la toxicología alimentaria. El límite residual crítico (LRM) es el valor del residuo mínimo que queda en el alimento tras su contacto con este siguiendo unas buenas prácticas de higiene, agrícolas y de procesamiento, siempre y cuando este valor sea inferior a su IDA.

La IDA se define como la cantidad de tóxico, dada en mg / kg de peso corporal, que puede consumirse durante un período de tiempo determinado, o incluso durante toda la existencia, sin que ello entrañe peligro para la salud del consumidor. La IDA se calcula a partir de la dosis sin efectos apreciables en la más sensible de las especies animales estudiados y dividiendo esta dosis por un factor de seguridad, habitualmente de 100. Por tanto, la IDA es sólo el 1 % de la dosis máxima sin efectos.

Para el establecimiento del LRM y la IDA se requiere la realización de los siguientes estudios toxicológicos:



1. **Toxicidad aguda**
(Establece una dosis única elevada).

2. **Toxicidad subaguda y crónica**
Mediante la ingesta de una dosis permanente. En el caso de la subaguda, se administra diariamente en dosis de la sustancia inferiores a la DL50, durante un periodo de mínimo 3 meses. Se diferencia de los estudios de toxicidad crónica porque se administran por un periodo más largo de tiempo en 1 o 2 años.

3. **Genotoxicidad y mutagénesis**
Estudian la capacidad que tienen algunas sustancias de alterar componentes genéticos (DNA). Leratogénesis analiza si la sustancia tiene capacidad para generar efectos tóxicos sobre el embrión o el feto.

4. **Carcinogénesis**
Estudia si la sustancia puede dar lugar al desarrollo de tumores.

5. **Sobre la reproducción**
Estudia si la sustancia tiene capacidad para generar efectos sobre la fertilidad, la gestación y la descendencia.

Todos estos estudios determinan que la inclusión de una nueva sustancia en el mercado sea lenta o rápida, siendo esta una forma de garantizar la inocuidad para los seres humanos. Normalmente, estos estudios son llevados a cabo por organismos internacionales como el comité mixto de la FAO y OMS o la OCDE.





Para determinar la seguridad de los alimentos se debe hacer una estimación de sus compuestos tóxicos, y para interpretar correctamente los datos es fundamental el desarrollo de métodos analíticos seguros. En toxicología alimentaria, el análisis químico de los alimentos implica la separación del tóxico de los otros componentes de los alimentos y la estimación de su cantidad, a la vez del análisis de toxicidad a nivel experimental o ensayo para detectar el veneno, que consiste generalmente en el efecto tóxico observado.

Dado que usualmente no son utilizados ni es ético el uso de personas, se selecciona un "sistema modelo" (generalmente ratas o ratones) para emplearlos en la identificación. Todo este proceso, requiere el uso de animales de experimentación, coste y tiempo. Para minimizar al máximo estos recursos se deben seguir unos métodos estandarizados para comprobar la seguridad de los componentes de los alimentos.



Identificación del tóxico de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas

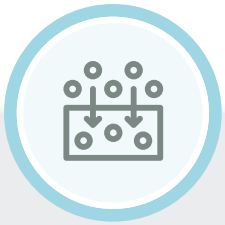
Los análisis cualitativos y cuantitativos de los tóxicos en los alimentos son las actividades principales de la toxicología alimentaria. Cuando se descubre que un alimento presenta toxicidad, la primera tarea del analista es identificar las sustancias tóxicas responsables. La fase inicial es la identificación de la sustancia que va a analizarse. En el caso de las que son puras es relativamente sencillo, pero en el caso de mezclas complejas es más complicado. En este último caso se debe establecer la composición de la mezcla y determinar qué componentes de ella son responsables de la actividad biológica.

Primero se separan las sustancias del alimento y se analiza cada uno de ellos para comprobar su toxicidad. Cuando se ha identificado material tóxico se procede a realizar un análisis cuantitativo mediante una técnica analítica química creada para tal fin, luego se puede establecer su estructura por análisis químico utilizando técnicas analíticas como la espectroscopia ultravioleta (UV), espectroscopia de masa (MS), infrarrojo (IR) y de resonancia nuclear (NMR).



Determinación de la toxicidad

Se establece la DL50 que hace parte relevante de la dosis y ruta de administración en los ensayos de toxicidad posterior.



Estudios toxicocinéticos

En donde se estudian aspectos importantes como la absorción, distribución, bio-transformación (incluyendo los fenómenos de activación o detoxificación) y vías de excreción, sobre especies animales que poseen rutas de metabolización similares a la especie humana.



Estudios de toxicidad a corto, medio y largo plazo

Se analizan efectos que se producen como son la mutagénesis y carcinogénesis, inmunológicos, de tolerancia local, hematológicos, anatomopatológicos, alteraciones en el crecimiento y desarrollo, entre otros.

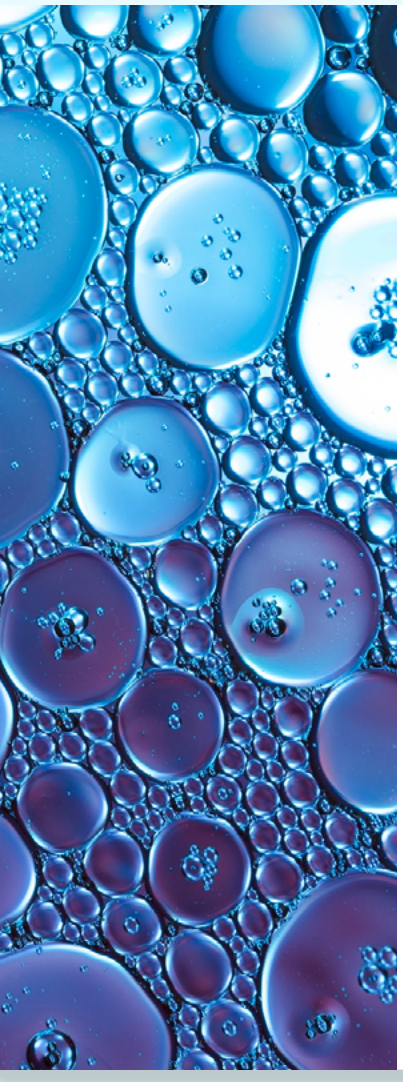
Con base en los estudios experimentales se obtienen los índices de toxicidad (IT) tales como el NOEL, la IDA y el LMR que constituyen valores de vital interés en la toxicología alimentaria.

FENÓMENO TÓXICO

La toxicidad es un fenómeno muy complejo en el que actúan muchos factores y donde se pueden distinguir dos grandes fases: la fase toxicocinética y la fase toxicodinámica.

Fase toxicocinética

En esta fase se da el movimiento del tóxico en el organismo y comprende los procesos de absorción, distribución, biotransformación y eliminación.



Absorción

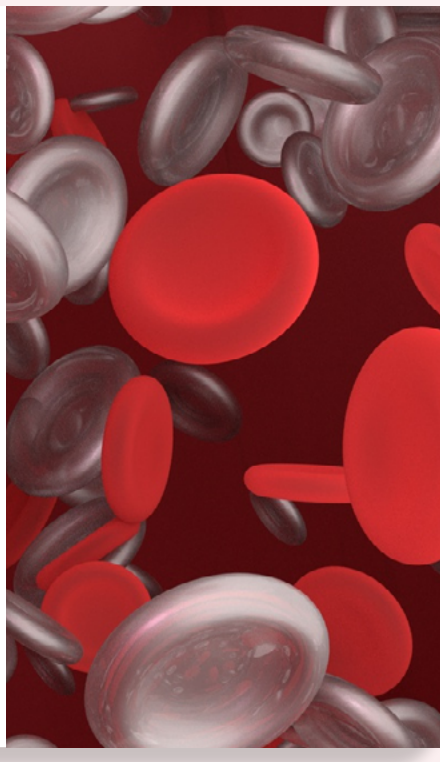
Cuando ingresa el tóxico en el organismo este se ve obligado a atravesar las membranas biológicas que son básicamente hidrófobas y muy liposolubles, lo que hace que sean atravesadas por sustancias lipídicas o grasas y no por sustancias hidrosolubles o ionizadas.

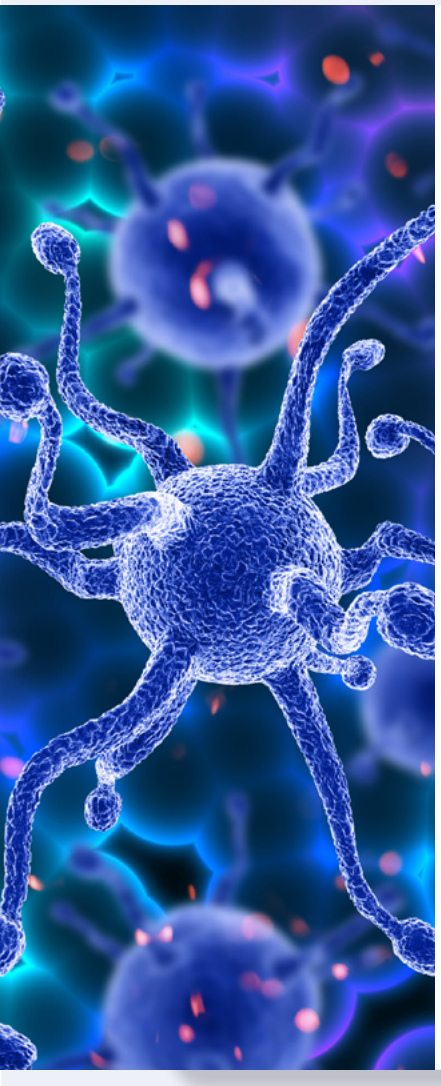
Las sustancias atraviesan las membranas celulares por dos procesos fundamentales: Difusión (movimientos libres al azar producidos por moción cinética) y transporte activo (movimiento de las sustancias combinadas químicamente en la membrana con productos transportadores). La mayoría de las sustancias extrañas liposolubles se trasladan por difusión simple a través de las membranas hacia la bicapa lipídica.

Otro mecanismo de transferencia del tóxico es atravesando la membrana mediante la filtración a través de los poros y la pinocitosis. Muchos iones disueltos en agua y ciertas sustancias hidrosolubles de pequeño peso molecular se expanden a través de los poros acuosos de la membrana celular. La velocidad de difusión de una sustancia a través de una membrana viene determinada por el tamaño o peso molecular, a mayor peso molecular, mayor dificultad de penetrar. Por su forma, cuando el tóxico está dividido en partículas muy pequeñas, tiene mayor facilidad de absorción; por su grado de ionización, donde las formas no ionizadas son las más liposolubles. Finalmente, por su liposolubilidad, que es una característica propia de cada sustancia y entre más liposoluble, más fácilmente penetrará.

Distribución

El tóxico se traslada principalmente por la sangre y posteriormente a los diferentes tejidos donde ejercerá su acción o bien se acumulará. En las sustancias transportadas por los alimentos, el tracto digestivo es el lugar principal de absorción y el de las sustancias muy liposolubles es habitualmente la boca. En el intestino delgado es donde se adsorben la mayor parte de los nutrientes y de otras sustancias, donde la carga iónica de las sustancias juega un papel importante en su velocidad de absorción. Debido a que el pH del intestino delgado está próximo a la neutralidad, los ácidos y las bases fuertes presentan carga, por lo tanto, se absorben menos que las sustancias neutras. La absorción del intestino delgado comparada con la del grueso, es relativamente pobre; sin embargo, el intestino delgado sirve de sitio de absorción de algunas sustancias, especialmente las producidas por la fermentación bacteriana en este órgano o las que son muy liposolubles.





Distribución

Son las biotransformaciones que tiene un tóxico en el organismo, por lo cual su finalidad es la formación de un compuesto hidrosoluble, poco tóxico y fácilmente eliminable por algún órgano de excreción. Esto a veces no se consigue y lo que ocurre es un proceso de bioactivación o biotoxificación, en donde se dan reacciones metabólicas de oxidación, principalmente de reducción e hidrólisis, por lo que aumenta la toxicidad de los tóxicos.

El movimiento interorgánico de sustancias en propiedades de diversas membranas y por las uniones con los líquidos. Además, el grado de perfusión sanguínea tiene un importante papel en el desempeño de las sustancias.

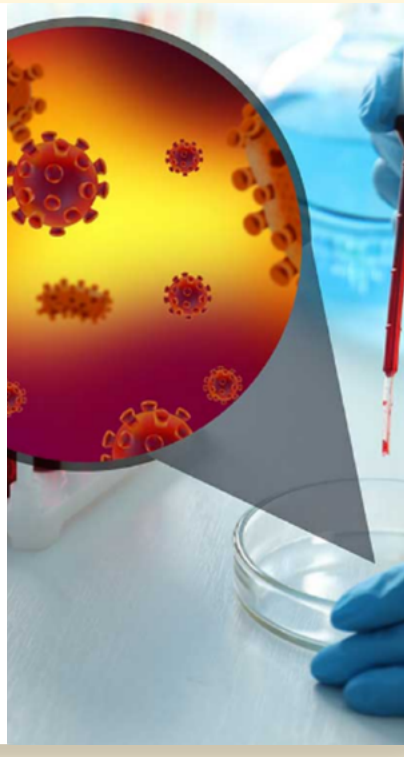
El flujo sanguíneo total es mucho mayor en el hígado, riñón, músculo, cerebro y piel que en la grasa y en el hueso. Por tanto, los órganos con mayor flujo sanguíneo, es de esperar que contengan la mayor cantidad de sustancias en movimiento.

Las sustancias orgánicas más polares tienden a unirse a las proteínas sanguíneas y a los tejidos blandos, mientras que las orgánicas cuyas propiedades químicas son parecidas a las del calcio, suelen almacenarse en tejido óseo. Los tejidos sirven como acumuladores en la absorción de los materiales más liposolubles. El colágeno, la principal proteína del organismo, liga muchos iones, como calcio, bario, magnesio, estroncio, berilio, plomo, arsénico y mercurio. El hueso es el almacén de ciertos elementos inorgánicos, tales como el plomo y el estroncio. El hígado tiene gran afinidad para ligar ácidos orgánicos, colorantes y ciertos esteroides.

Eliminación

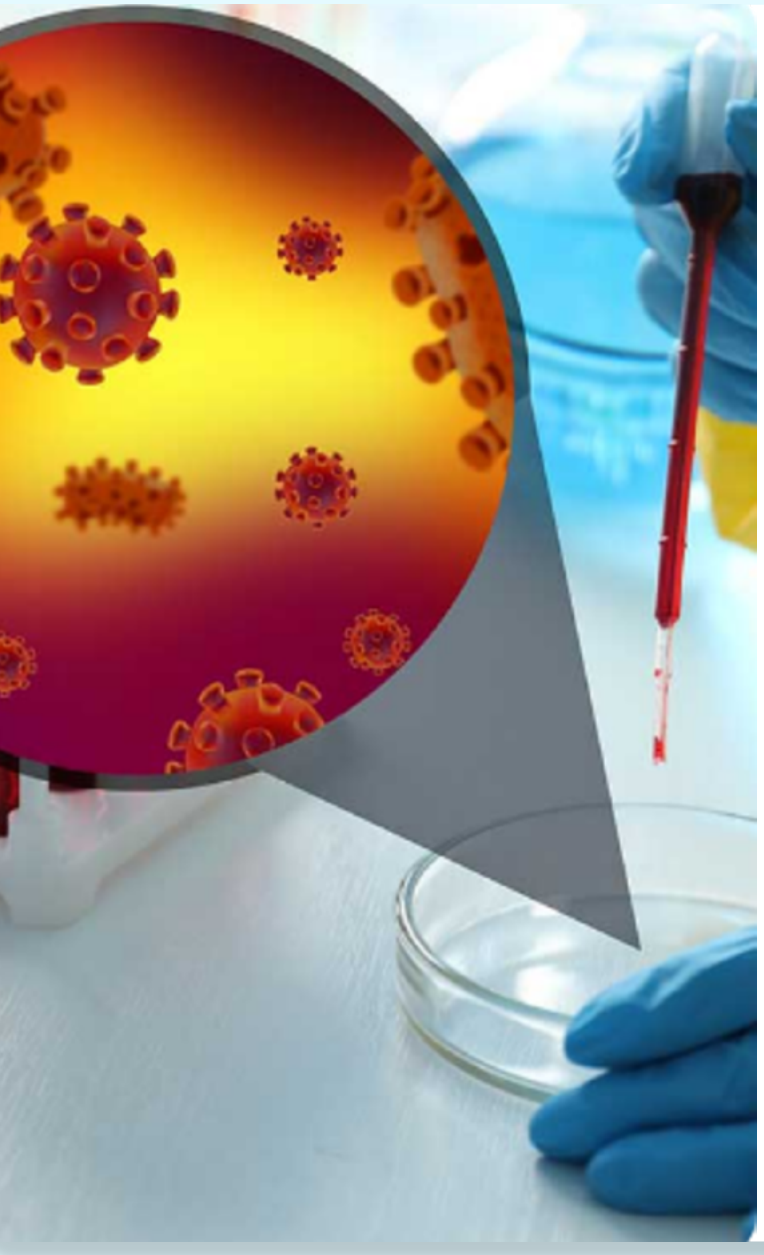
Se realiza a través de la excreción de las sustancias tóxicas o de los residuos de la biotransformación mediante la orina, bilis, heces, los líquidos orgánicos, está gobernada por la respiración (aire expirado) y otras como sudor, saliva, leche materna, entre otras.

La excreción urinaria es la más importante de las distintas rutas por las que pueden eliminarse del organismo las sustancias tóxicas consumidas en la dieta. Esto se aplica tanto al número, como a las cantidades de sustancias excretadas. La excreción fecal es importante para los compuestos que no se han absorbido en el tracto gastroentérico o que son secretados por la bilis. En las mujeres lactantes la excreción de sustancias con la leche desempeña cierto papel en la eliminación de productos tóxicos; algunos fármacos, ciertos plaguicidas y los agentes tóxicos de los alimentos enmohecidos se excretan en parte por la leche, sin embargo, hay que considerar en estos casos el impacto de las sustancias excretadas sobre el infante alimentado.





Fase toxicodinámica



Esta fase hace referencia a la interacción de tóxicos electrofílicos a nivel molecular con los receptores específicos o biomoléculas nucleófilas (proteínas, ácidos nucleicos, entre otros), mediante enlace covalente, que se da por variaciones bioquímicas, fisiológicas y / o estructurales que finalmente se manifiestan como un conjunto de síntomas que conforman el cuadro clínico de la intoxicación. Por tal razón, en los diferentes mecanismos de los tóxicos se incluyen alteraciones de diversos tipos como son nivel de metabolismos esenciales, de actividades enzimáticas, a nivel del material genético y generación de intermediarios.



TÓXICOS ENDÓGENOS Y EXÓGENOS DE LOS ALIMENTOS

Se pueden distinguir un grupo de sustancias extrañas al organismo vivo y que tras su interacción pueden originar un efecto nocivo, las cuales son los tóxicos endógenos o propios del alimento y los tóxicos exógenos o ajenos al alimento como se muestran en la Tabla 1.



Tóxicos endógenos

Son sustancias que se encuentran presentes de modo natural en los alimentos o se generan en la evolución natural de los mismos. En este grupo se encuentran los antinutrientes y las sustancias tóxicas de origen vegetal y animal.

Tóxicos exógenos

Son sustancias extrañas a los alimentos que pueden ser de diversas clases: adicionadas al alimento, generadas por el procesamiento tecnológico-industrial de estos o procedentes de la contaminación ambiental. A este grupo pertenecen los aditivos, las sustancias tóxicas de origen bacteriano y fúngico, las que surgen de la contaminación ambiental, los residuos de medicamentos en alimentos y los tóxicos generados durante la preparación, proceso y almacenamiento de los alimentos.



En tiempos pasados, los ancestros se alimentaban con una serie de productos que desencadenaban muchos casos de intoxicación y muertes por desconocimiento que estos alimentos causaban cierta enfermedad. Gracias a la experiencia, el hombre aprendió a distinguir cuáles sustancias podría utilizar como alimento, sin producirle enfermedades ni causarle la muerte, y cuáles no; también sobre cuáles debería procesar previamente antes de consumirlas. Así se desarrollaron hábitos alimenticios que permitieron la supervivencia y el desarrollo de la especie.

Tabla 1

Clasificación de los tóxicos en los alimentos

Clasificación	Tipos de sustancias	Ejemplos
Endógenos	**Sustancias antinutricionales.**	▶ Inhibidores enzimáticos. Antivitaminas. ▶ Sustancias que impiden la asimilación y metabolismo de minerales. ▶ Sustancias de actividad polivalente (taninos, fibras).
Endógenos	**Tóxicos de origen vegetal.** **Tóxicos de origen animal.**	▶ Glucósidos tóxicos, lectinas, saponinas, aminoácidos tóxicos, hemaglutininas, favismo, alcaloides. ▶ Saxitoxina, tetramina, tetrodotoxina, ciguatoxina, escombrotoxina.
Exógenos	**Aditivos.**	▶ Edulcorantes sintéticos, colorantes, conservantes, antioxidantes, aromatizantes.
Exógenos	**Sustancias tóxicas de origen bacteriano y fúngico.**	▶ Bacterias, hongos, virus, micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxinas, entre otras).
Exógenos	**Tóxicos generados durante la preparación, procesado y almacenamiento de los alimentos.**	▶ Tóxicos pirogénicos: hidrocarburos aromáticos policíclicos y aminas heterocíclicas. ▶ Tóxicos derivados de la oxidación de grasas y aceites. ▶ Tóxicos derivados de la reacción de Maillard. ▶ Toxicidad derivada de la conservación de alimentos. ▶ Toxicidad de los materiales en contacto con los alimentos.
Exógenos	**Sustancias tóxicas procedentes de la contaminación ambiental.**	▶ Metales pesados (plomo, mercurio, cadmio, arsénico, selenio, cobre). ▶ Hidrocarburos policlorados (bifenilos policlorados), dioxinas y furanos. ▶ Radionúclidos (Rutenio, yodo, cesio). ▶ Residuos de producción agrícola y ganadera: plaguicidas (organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretrinas y piretroides). ▶ Residuos de productos farmacológicos (antibióticos, betaagonistas, coccidiostatos, anabolizantes y antiparasitarios).



Las mayores intoxicaciones de interés en salud pública en los últimos años están relacionadas con la contaminación alimentaria por agentes tóxicos procedentes de la contaminación ambiental, donde se incluyen los plaguicidas, metales, hidrocarburos clorados, residuos de medicamentos, entre otros. Los primeros tres vehiculizados por la atmósfera, el suelo o las aguas, que contaminan los cultivos y directamente a los organismos vivos. Por otra parte, el último, es vehiculizado en la carne de los animales que son consumidos posteriormente.

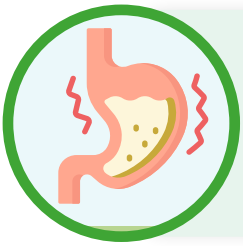
SUSTANCIAS ANTINUTRICIONALES

Las sustancias antinutritivas son constituyentes que se encuentran de forma natural en algunos alimentos y afectan la biodisponibilidad de nutrientes o el aprovechamiento digestivo de los mismos, impidiendo el uso de proteínas, vitaminas y minerales, provocando una pérdida de nutrientes esenciales. La presencia de estas sustancias en los alimentos no crea un problema de toxicidad agudo serio, además no es riesgo grave para la salud de los consumidores, pero sí es esencial que estos compuestos sean clasificados y cuantificados para que se evalúe el riesgo real que genera para la salud humana y así puedan tomarse las medidas preventivas y correctivas adecuadas. Aunque son compuestos que se pueden encontrar en alimentos de origen vegetal y de origen animal, es en los primeros donde se han identificado en mayor proporción.



Inhibidores enzimáticos





Son sustancias que obstruyen con la actividad enzimática del sistema digestivo, inhibiendo concretamente las enzimas necesarias para la asimilación de nutrientes. Esto se traduce en un déficit de la digestión de proteínas y de carbohidratos.

Por su estructura pueden ser:

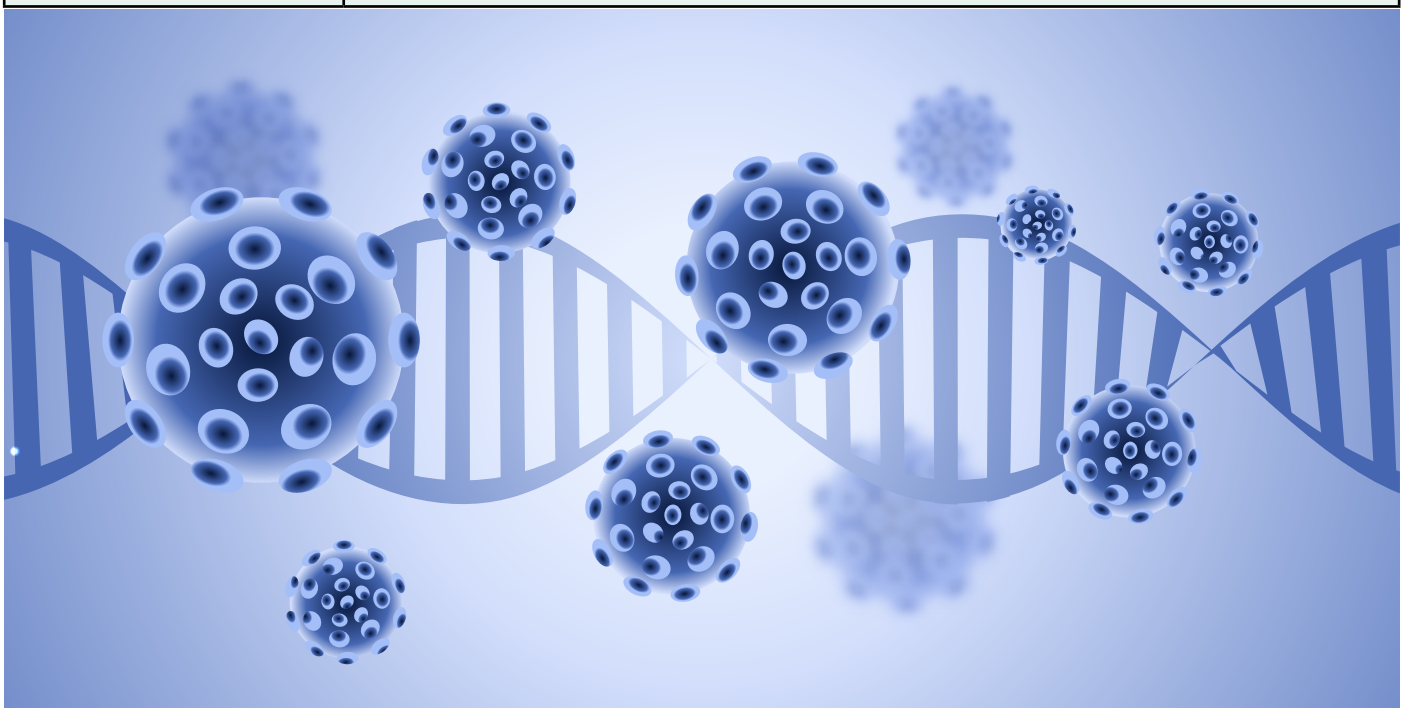
- Sustancias de naturaleza proteica muy específicas como inhibidores de proteasas y amilasas.
- Compuestos de procedencia polifenólica presentes taninos que desnaturalizan enzimas digestivas.

Las proteasas son enzimas que hidrolizan los enlaces peptídicos de las proteínas y péptidos, permitiendo así su asimilación. Los inhibidores de proteasa se encuentran tanto en productos vegetales como en los de origen animal. Se localizan en numerosas variedades de leguminosas, en cacahuetes, patata, batata, y también en los huevos (ovomucoide y ocoinhibidor), en el calostro y la leche.

Uno de los inhibidores de más importancia es la tripsina, que se encuentra en la soja. Los procesos térmicos normales de trasformación desnaturalizan las proteínas de los vegetales y por lo tanto, su efecto inhibidor. Por esta razón no suele producir ningún efecto, pero suele quedar un valor residual inhibidor del 5 al 20 % cuya significación toxicológica se desconoce en la actualidad, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2
Inhibidores de proteasas presentes en alimentos

Alimento	Enzima inhibida
Soja	Tripsina, quimotripsina.
Judía	Tripsina, quimotripsina, elastasa, subtilisina.
Guisante	Tripsina.
Cacahuete	Tripsina, quimotripsina, plasmina, calicreína.
Avena	Tripsina.
Arroz	Tripsina.
Maíz	Tripsina.
Trigo	Tripsina.
Patata	Papaína, tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa, elastasa, calicreína.



Inhibidores de carbohidrasas

Son sustancias que afectan a enzimas presentes en las secreciones digestivas. Se encuentran en leguminosas, en donde son inhibidores de la amilasa (enzima que cataliza la hidrólisis de polisacáridos como el almidón y el glucógeno). En la papa y en el maíz se han identificado inhibidores de la invertasa, que metaboliza la sacarosa. Las leguminosas y el trigo poseen antiamilasas con importante actividad sobre las enzimas digestivas. En los productos agrícolas como el plátano verde y el mango, que se consumen crudos, las antiamilasas presentes son más difíciles de destruir.

Antivitaminas

Son compuestos mayormente de naturaleza proteica que actúan sobre algunas vitaminas disminuyendo o destruyendo su función biológica, induciendo el aumento de las exigencias de las vitaminas. Entre las más importantes se encuentran la avidina, la tiaminasa, la niacitina y el ácido ascórbico oxidasa.



Avidina

Se encuentra en la clara de huevo y es capaz de bloquear la absorción de la biotina (vitamina H o vitamina B8), por formación de un precipitado insoluble, afectando a su biodisponibilidad. La avidina es una glicoproteína que se combina con dos moléculas de biotina inhibiendo su absorción. Se inactiva por ebullición en agua en pocos minutos. El consumo excesivo de huevo de gallina crudo produce síntomas de falta de biotina con dermatitis exfoliativa y conjuntivitis.



Tiaminasa

Está presente en animales como peces, moluscos, crustáceos y en vegetales como coles de bruselas, espinacas, remolacha, semillas de mostaza, fresas, café, té, entre otros. El efecto de la tiaminasa ha sido atribuido a la presencia de una serie de sustancias con estructura química variada, pero derivada de los hidroxifenoles.

Entre estos compuestos hay que señalar el ácido clorogénico presente en los granos verdes de café o el metilsinapato en las semillas de mostaza. El mecanismo de inactivación de la tiamina (vitamina B1) por parte de estos compuestos requiere oxígeno y es dependiente de la temperatura y del pH, siendo una reacción de óxido-reducción. La tiaminasa es termolábil, por ello se inactiva por cocción. Esta sustancia es la causante de muchos casos de parálisis y perturbaciones neurológicas.



Niacitina

Se trata de una sustancia que se encuentra en el maíz. Es un precursor del ácido nicotínico o niacina (vitamina B3). En este compuesto el ácido se encuentra fuertemente acomplejado unido a un polipétido. Este complejo es resistente a las enzimas digestivas, con lo que se impide la asimilación de la niacina.

Solo se libera tras la acción alcalina, de ahí que en países con dietas basadas casi exclusivamente en maíz, como el caso de México, el cual utiliza una gran cantidad de maíz para hacer las "tortillas" típicas, tengan que tratar este producto con cal durante un tiempo para que se libere la niacina. La deficiencia de niacina produce pelagra que está asociada a alteraciones del sistema nervioso, trastornos digestivos, fatiga y problemas de piel. Esta antivitamina es inactivada por el calor.



Ácido ascórbico oxidasa

Esta enzima oxida el ácido ascórbico (vitamina c) por la presencia de oxígeno que es el que cataliza la oxidación. Se encuentra presente en muchos alimentos de origen vegetal, siendo activa en pH entre 4-6 y temperatura entre 15-30 °C. Su actividad se inhibe cuando el alimento es sometido a temperaturas más altas, por ejemplo, cuando se escaldan los vegetales. Se encuentra en el pepino, calabaza, melón, col, tomate, lechuga, coliflor, espinaca, zanahoria, patata, guisantes, entre otras. También se puede evitar la acción de la antivitamina por el consumo rápido (tiempo transcurrido desde su preparación o después de abrir el envase) de los zumos de fruta.



Sustancias que impiden la asimilación y metabolismo de minerales

Estos componentes no causan ninguna toxicidad en circunstancias de consumo normal, pero sí pueden interferir en la absorción de minerales y metabólicamente esto puede ser de gravedad si se presentan problemas de malnutrición. Entre las sustancias más importantes dentro de este género se encuentran el ácido oxálico y el ácido fático.





Acido oxálico

Los oxalatos pueden fijar minerales como el hierro, magnesio, calcio y zinc, pero cuando forman sales con sodio y potasio e insolubles con metales divalentes como el calcio interfieren en su asimilación. Se encuentran en algunos alimentos de origen vegetal como en las espinacas, la remolacha, el cacao, las patatas, el té, el café, el ruibarbo y las acelgas.

Sin duda el principal problema nutricional del oxalato deriva de su efecto negativo sobre la asimilación del calcio, principalmente en la fase en la cual el aporte de calcio es primordial como en el crecimiento y gestación, por lo cual se recomienda el consumo de alimentos ricos en calcio, como los productos lácteos, así como un aumento en la ingesta de vitamina D que ayuda a su asimilación.

La intoxicación por ácido oxálico causa dolor abdominal y gastroenteritis y en algunos casos graves puede causar diarrea, vómitos, convulsiones, alteraciones en la coagulación y en estados finales se puede llegar al coma. En el aparato digestivo de los seres humanos hay bacterias que pueden digerir el ácido oxálico, lo que facilita cierta adaptación a productos ricos en este compuesto.

Ácido fítico

Este ácido impide la absorción de calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc, además de afectar la utilización proteica por la formación de complejos insolubles. Se encuentra especialmente en cereales, leguminosas y semillas oleaginosas, trigo, maíz, arroz, avena, lenteja, soja, cacahuete y nuez. En los cereales se halla en la parte exterior, que es donde está su gran contenido en fitatos, por ejemplo, en productos como el salvado, harinas, pan y pastas.

Se han registrado casos de retrasos en el crecimiento y maduración sexual en niños cuya dieta se basa fundamentalmente en la ingesta de pan integral total. No obstante, la reducción en la biodisponibilidad mineral se puede contrarrestar en cierta medida, incrementando la ingesta de minerales esenciales y gracias al aporte suficiente de mineral existente en la mayor parte de semillas.

En muchos alimentos, los niveles de fitatos pueden ser reducidos por la enzima fosfatasa, que se encuentra presente en los alimentos ricos en ácido fítico con mayor o menor actividad. Gracias a la actividad de esta enzima, el ácido se hidroliza liberándose inositol y fosfato orgánico. Esta enzima presenta una actividad máxima a pH 5,5 y 60 °C, con lo cual el tratamiento del alimento con ácido y/o calor favorece su hidrólisis, y gracias a ello el contenido de este ácido se reduce drásticamente durante el proceso de cocción. Las fitasas son inhibidas por cocción a más de 60 °C por fermentación del pan con levadura química (bicarbonato) que provoca aumento de pH y por la germinación.

Por otra parte, el ácido fítico tiene algunos efectos beneficiosos para el organismo, tales como:

- **Efecto antioxidante:**
inhibe la oxidación de lípidos y la acumulación de peróxidos en los alimentos.

- **Disminuye la glucemia:**
se une a las amilasas intestinales disminuyendo la liberación de azúcares simples.





Sustancias bociógenas

Estas sustancias impiden la absorción de yodo por parte de la glándula tiroides. Según su modo de acción las sustancias bociógenas se pueden clasificar en:



Sustancias que inhiben la síntesis de tiroxina:

Un ejemplo de este mecanismo de acción, son las tioxazolidinas como la Goitrina resultante de la hidrólisis del tioglucósido progoitrina presente en vegetales del género Brassica como coliflor, col, nabo. Para mejorar la acción bicióg ena se requiere la administración de la hormona tiroxina.

Sustancias que inhiben la síntesis de tiroxina:

Un ejemplo de este mecanismo de acción, son las tioxazolidinas como la Goitrina resultante de la hidrólisis del tioglucósido progoitrina presente en vegetales del género Brassica como coliflor, col, nabo. Para mejorar la acción bicióg ena se requiere la administración de la hormona tiroxina.

Sustancias de actividad polivalente

A estas sustancias se les asignan propiedades antinutritivas sobre nutrientes de distinta naturaleza: proteínas, minerales y vitaminas. Existen dos grandes grupos: las fibras y los taninos.



Fibras

La acción antinutritiva de las fibras se manifiesta a dos categorías. Por una parte, contribuyen a una endógena de proteínas, grasas e hidratos de carbono porque aumentan el volumen de la fracción no digerible (por acción trófica del epitelio digestivo) y además aumentan indirectamente las necesidades nitrogenadas del organismo. En segundo lugar, reduce la disponibilidad digestiva de minerales ya que disminuyen la absorción de Hierro, calcio, zinc y cobre.

Las fibras se dividen en solubles (gomas, mucílagos y pectinas) e insolubles (lignina, celulosa, hemicelulosa). A pesar de algunos efectos indeseables, la función nutricional de la fibra es notable, ya que limita la transformación de algunos ácidos biliares en derivados cancerígenos por parte de las bacterias digestivas.



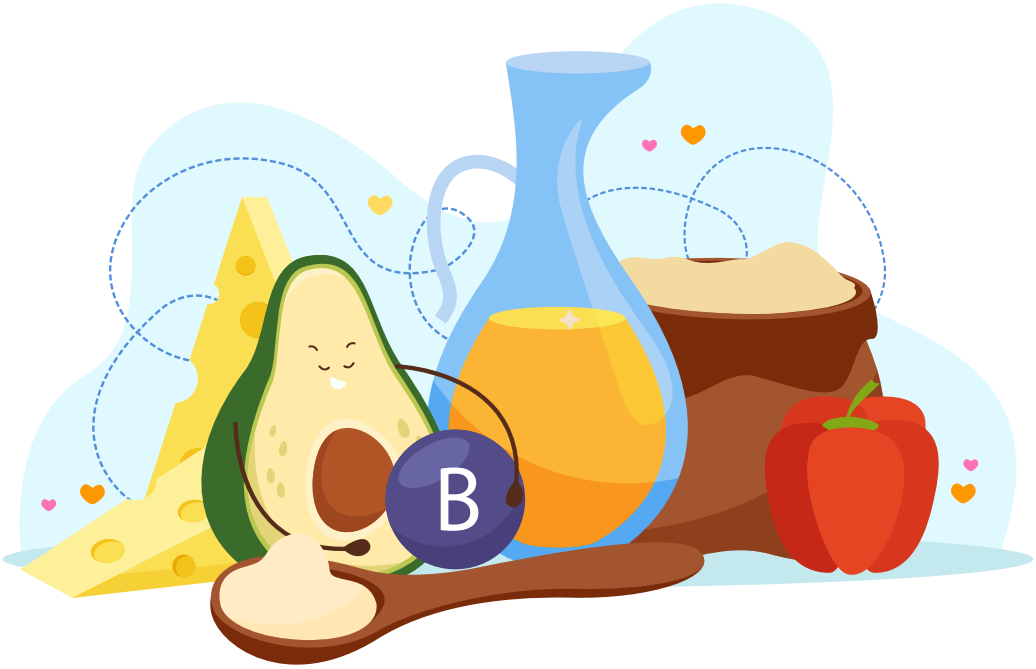
Taninos

Son sustancias fenólicas que se pueden diluir en agua y tienen la capacidad de precipitar alcaloides y proteínas, que dan las reacciones características de los fenoles. Están presentes en leguminosas como habas, alubias, guisantes y en muchas frutas como el banano, fundamentalmente cuando aún no están maduras; también se han identificado en el café, té, cacao y sorgo. Los efectos antinutritivos de estos compuestos se manifiestan en varios niveles:

- Por su carácter polivalente se relacionan con la capacidad de formar complejos con las proteínas, disminuyendo su digestión y aumentando el nivel de nitrógeno fecal.
- Tiene capacidad de unirse a iones di y trivalentes como hierro, cobre y calcio, disminuyendo su disponibilidad.
- Se pueden designar como antivitaminas porque reducen las reservas de vitamina B12 al agruparse con ella.
- Pueden disminuir las reservas hepáticas de vitamina A.



Actividad 1



Lee con atención cada frase y completa los espacios en blanco con las palabras correctas. Tú puedes fortalecer tu aprendizaje paso a paso.

1. **eliminación – organismo**
2. **vitaminas – minerales – nutrientes**
3. organismos – dosis – toxicidad

1. Los antinutrientes pueden disminuir o impedir la absorción de _____, _____ y _____ esenciales.

2. La toxicología estudia los efectos adversos de sustancias extrañas en los _____ y analiza la relación entre _____ y _____.

3. La fase toxicocinética comprende procesos como absorción, distribución y _____ del tóxico en el _____.

Cada nuevo conocimiento te ayuda a proteger la salud y tomar mejores decisiones alimentarias.
¡Sigue aprendiendo con entusiasmo!

Respuestas:
1. vitaminas – minerales – nutrientes
2. organismos – dosis – toxicidad
3. eliminación – organismo

1.2 TOXICIDAD ALIMENTARIA POR BACTERIAS, VIRUS Y HONGOS

Las enfermedades producidas por la ingestión de alimentos, y/o agua contaminados por agentes infecciones tales como bacterias, virus, hongos, parásitos, que en la luz intestinal pueden multiplicarse y producir toxinas invadiendo la pared intestinal y desde allí alcanzar otros sistemas, son conocidas como enfermedades alimentarias.

Aquellas conocidas como intoxicaciones alimentarias son las producidas por la ingestión de toxinas formadas en tejidos de plantas o animales, o de productos metabólicos de microorganismos en los alimentos, o por sustancias químicas que se incorporan a ellos de modo accidental, incidental o intencional en cualquier momento desde su producción hasta su consumo. En estos últimos se encuentran implicados patógenos como *Salmonella spp, Escherichia coli,* entre otros, considerados como agentes clásicos y bacterias. (López, 2008)

Dado que en Colombia es incipiente el seguimiento a los brotes de este tipo de enfermedades, este curso responde a la necesidad de conocer las características fundamentales de las enfermedades para identificarlas y atenderlas.



LA IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS

Los microorganismos, son organismos muy pequeños que solo se pueden observar con equipos especiales como el microscopio. Estos organismos son unicelulares, lo que quiere decir que están formados por una sola célula.

Se pueden clasificar en bacterias, hongos y virus, que abundan en la tierra haciendo parte de todos los ambientes. Por ejemplo, las bacterias son microorganismos que juegan un papel muy importante en la flora intestinal; estos necesitan de un medio idóneo para poder proliferar como son los nutrientes y una temperatura adecuada, si esto es apropiado se reproducen con facilidad produciendo toxinas que convierten un alimento inocuo en peligroso.





En la actualidad, se les presta gran importancia porque son los causantes de muchas enfermedades de tipo intestinal, algunas de las cuales pueden causar la muerte. La mayoría son transmitidas mediante los alimentos por incorrectas prácticas de manipulación de las personas encargadas de transformarlos; esto ha creado un problema de seguridad alimentaria en el mundo, ya que muchos de estos microorganismos con el tiempo se han vuelto más resistentes a los métodos convencionales utilizados para su control, generando nuevas cepas que resultan letales para el ser humano y que ponen en riesgo la salud de toda la población.



Multiplicación bacteriana

Las bacterias se multiplican por división simple, proceso que dura de 15 a 20 minutos. Para que las bacterias puedan crecer necesitan humedad, nutrientes, una temperatura específica y un espacio de tiempo.

Clasificación de las bacterias:

Las bacterias se clasifican dependiendo de las temperaturas óptimas para su desarrollo:

- Las que se desarrollan entre 5 y 10 °C se llaman psicrófilas.
- Las bacterias que crecen entre 20 y 45 °C se llaman mesófilas.
- Las bacterias que crecen en temperaturas superiores a 45 °C se llaman termófilas.

Alimentos y microorganismos

Los microorganismos tienen una compleja relación con los alimentos:

- Microorganismos que forman parte de la elaboración del alimento.
- Microorganismos que alteran el alimento.
- Microorganismos infecciosos transmitidos por los alimentos.

Principales vías de transmisión de microorganismos hallados en los alimentos:

- Suelo y agua.
- Plantas / productos.
- Utensilios.
- Tracto gastrointestinal.
- Manipuladores.
- Piensos (alimento concentrado para animales).

Problemas de salud asociados a los alimentos

- **Infecciones:** los alimentos sirven de vehículo de patógenos en el proceso de colonización de la infección en el hombre.

Ejemplo: infecciones causadas por bacterias *Campylobacter sp.*

- **Intoxicaciones:** se producen tras el consumo de alimentos que contienen toxinas de origen químico o bacteriano.

Ejemplo: la bacteria *C. Botulinum* que produce toxinas.

Principales grupos microbianos de importancia en los alimentos

Tabla 3
Bacterias

	Bacterias	
Gramnegativas	*Campylobacter* *Pseudomonas* *Brucella* *Acetobacter*	Famenterobacteriaceae Aeromonas Vibrio Zymomonas
Grampositivas	*Micrococcus* *Staphylococcus* *Enterococcus* *Lactococcus* *Streptococcus* *Pediococcus*	Bacillus Clostridium Lactobacillus Listeria Propionibacterium Bifidobacterium

Fuente: SENA



Tabla 4
Hongos

	Hongos	
Mohos	Mucor Rhizopus Claviceps Fusarium Penicillium	Aspergillus Alternaria Geotrichum Botrytis Monascus
Levaduras	Saccharomyces Pichia Zygosaccharomyces	Rhodotorula Candida Kluyveromyces
Virus	Norovirus Hepatitis A y E Rotavirus	Astrovirus Bacteriófagas

Fuente: SENA



Tabla 5

Grupos fisiológicos de bacterias de importancia en los alimentos.

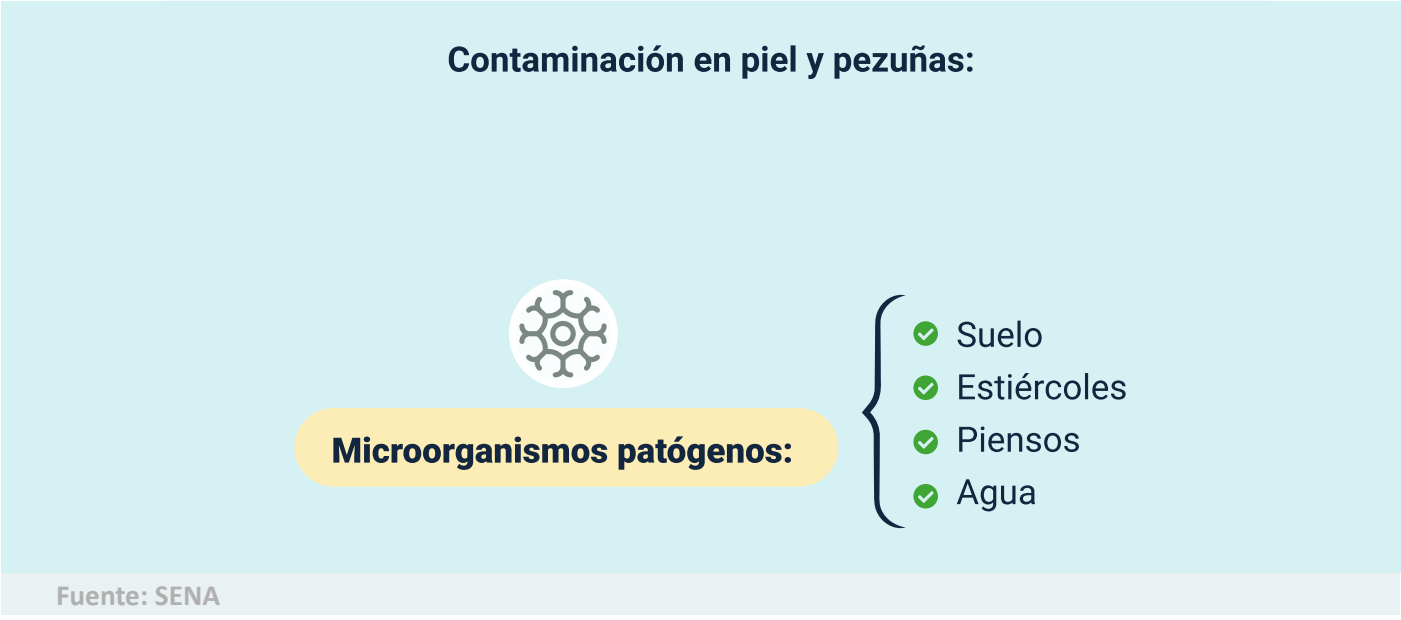
Grupo fisiológico	Géneros bacterianos	Ejemplos
1. Bacterias del ácido láctico	*Lactobacillus* *Pediococcus* *Leuconostoc*	Lactococcus Streptococcus Microbacterium
2. Bacterias del ácido acético	*Acetobacter*	Gluconobacter
3. Bacterias del ácido butírico	*Clostridium*	
4. Bacterias del ácido propiónico	*Propionibacterium*	
5. Bacterias proteolíticas	*Pseudomonas* *Bacillus* *Micrococcus*	Alcaligenes Clostridium Streptococcus
6. Bacterias lipolíticas	*Pseudomonas*	Alcaligenes
7. Bacterias sacarolíticas	*Serratia* *Bacillus*	Micrococcus Clostridium
8. Bacterias pectolíticas	*Erwinia* *Bacillus*	Clostridium
9. Bacterias formadoras de mucílago o viscosidad	*Alcaligenes* *Streptococcus*	Leuconostoc Lactobacillus
10. Bacterias productoras de gas	*Escherichia* *Proteus* *Bacillus* *Propionibacterium*	Enterobacter Clostridium Lactobacillus Leuconostoc

Fuente: SENA

La carne

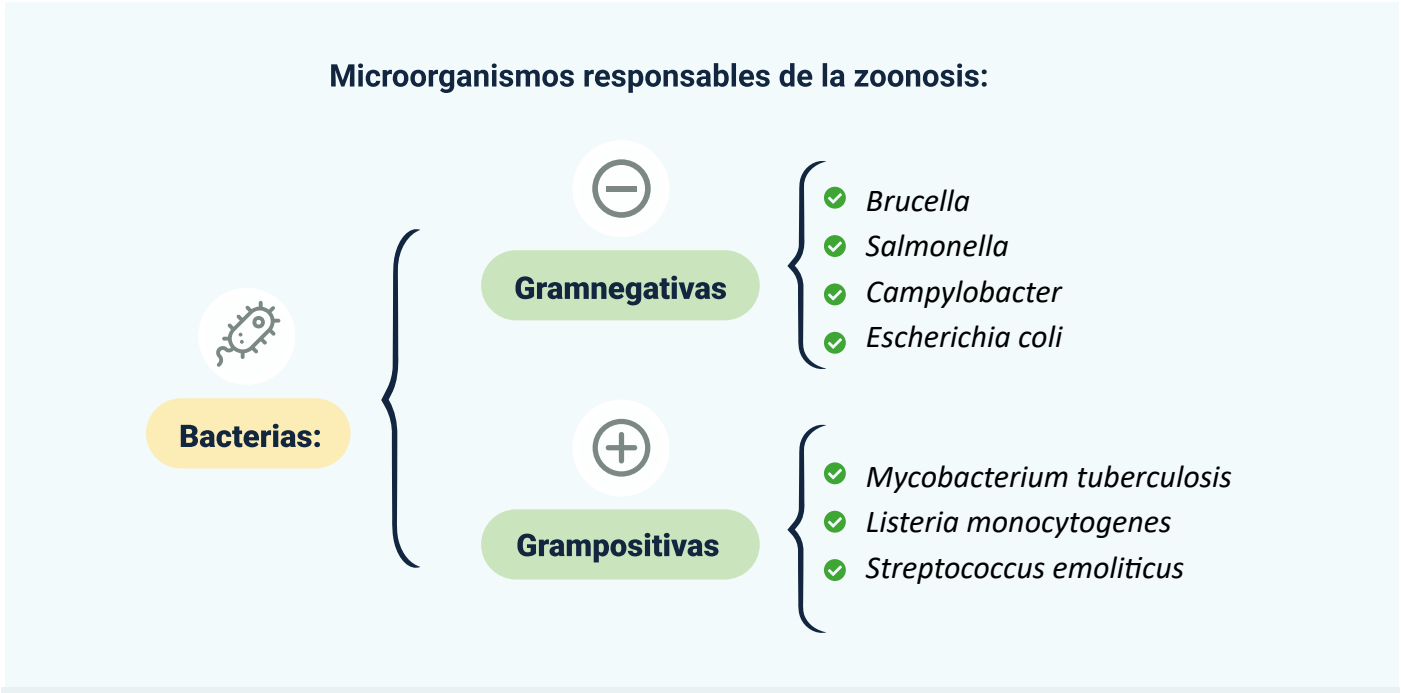
La contaminación por microorganismos de la superficie de los animales durante la manipulación en el sacrificio se puede presentar en:

Figura 2
Contaminación en piel y pezuñas



Fuente: SENA

Figura 3
Microorganismos responsables de la zoonosis



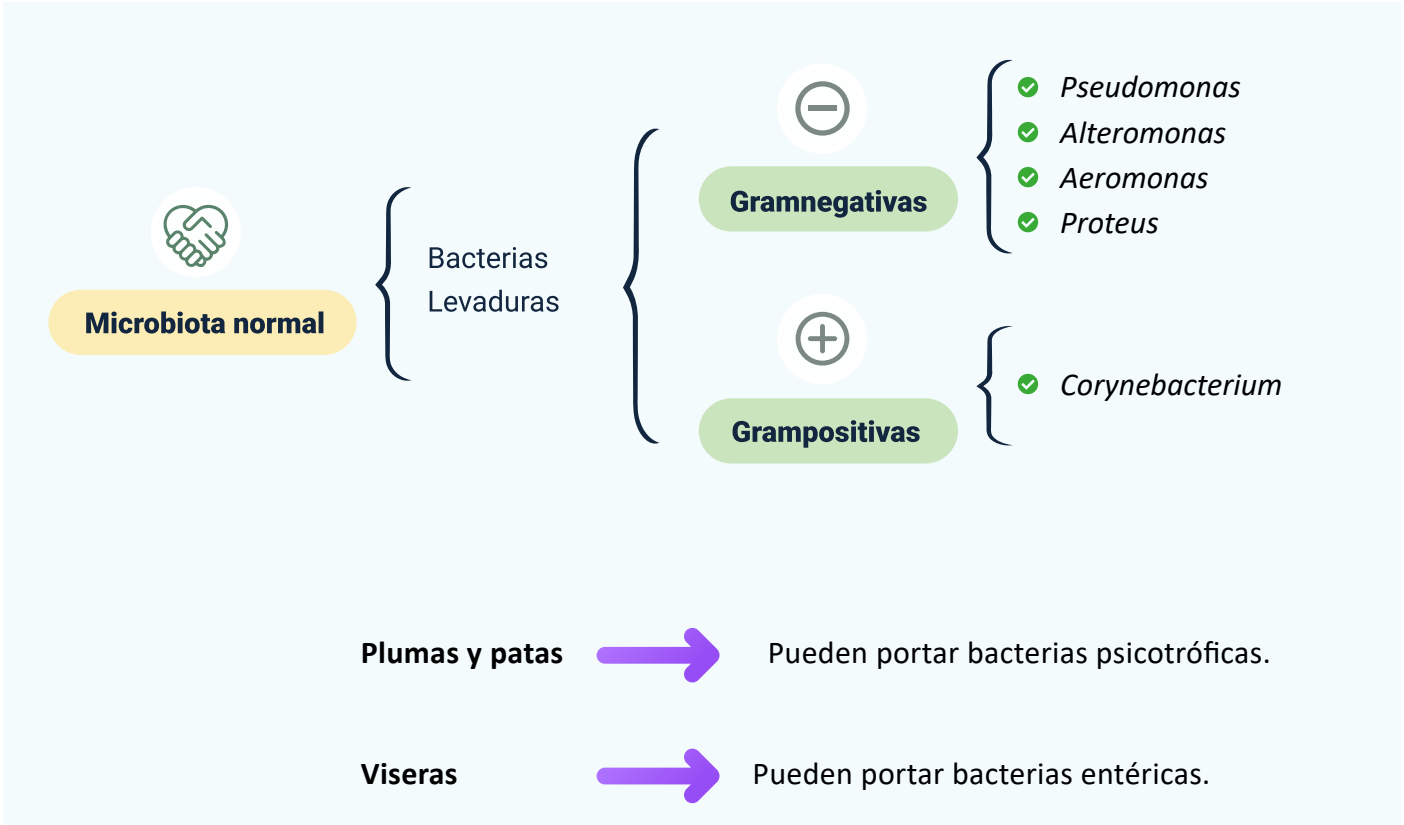
Fuente: SENA



Aves de corral

Se pueden presentar en el tejido muscular, la piel adherida, el tejido conectivo y los organismos comestibles de las aves domésticas y de corral:

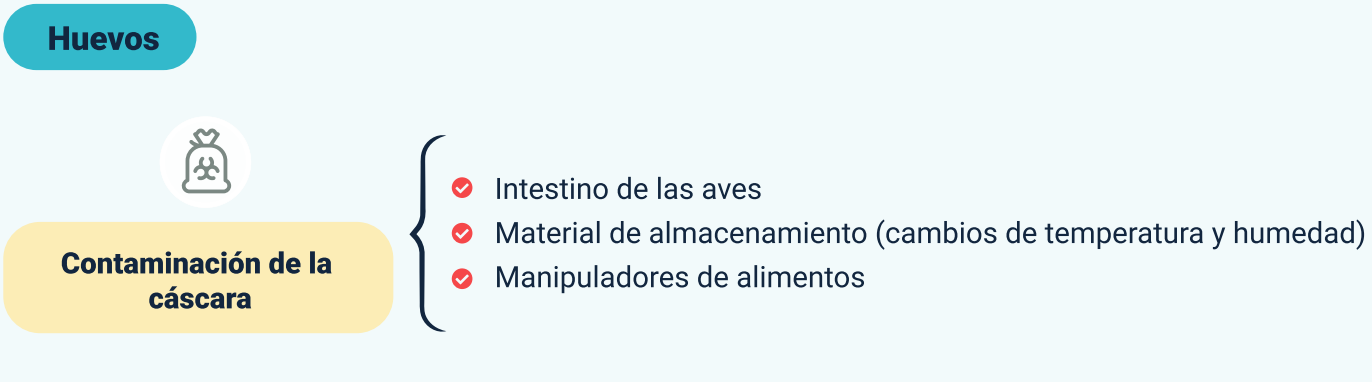
Figura 4
Microbiota normal



Fuente: SENA



Figura 6
Huevos - contaminación de la cascara



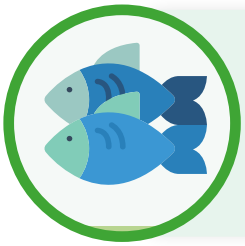
Fuente: SENA

Figura 5
Bacterias



Fuente: SENA

Los peces



Agallas → Portan bacterias entéricas (de vertebrados).

Superficie → Ambiente donde vive el pez y las condiciones de manipulación.

LAS ENTEROBACTERIAS Y LOS ALIMENTOS

Las enterobacterias forman parte de la biota intestinal de muchos animales y se encuentran ampliamente distribuidas en el ambiente: agua, tierra, plantas. Estas pueden usarse como indicadores de contaminación fecal, llamadas coliformes fecales.

- **Patógenos clásicos:** *salmonella entérica, Shigella sp., Escherichia coli.*
- **Patógenos emergentes:** *e.coli O157, enterobacter sakazaki.*



Salmonella enterica

Serovar Enteritidis, su trasmisión se realiza por comida o agua contaminada (huevos y carne), el período de incubación es de 6 a 48 horas y dura de 2 a 5 días. Es la causante de enfermedades por toxoinfección alimentaria muy importantes como:

- Gastroenteritis.
- Fiebre tifoidea, la salmonella entérica serovar typhi es el agente causal de dicha fiebre.

El reservorio es el hombre. La dosis infecciosa es bajo 100 células por colonia. La transmisión es principalmente a través del agua, de alimentos contaminados y a través de manipuladores portadores. El número de afectados disminuye a medida que se trate el agua. La trasmisión es oral - fecal.

Salmonella typhi

Es el agente etiológico de la fiebre tifoidea, esta enfermedad es sistemática, el período de incubación es de 7 a 10 días. Esta bacteria penetra la mucosa intestinal pasando por los nódulos linfáticos, puede ubicarse en el hígado y el bazo. Se extiende por la sangre y puede causar una septicemia, los síntomas que genera son fiebre, dolor, tos, estupor y en la segunda semana de ser contraída puede causar diarrea, dura de 3 a 4 semanas y en casos graves puede causar la muerte.

Escherichia coli

Es bacilo gramnegativo, durante muchos años no se consideró patógeno, pero actualmente sí. Puede llegar a los alimentos por vectores como cucarachas, moscas, contaminación cruzada y también puede trasmitirse de persona a persona. La intoxicación por Escherichia coli tiene un período de incubación de 8 a 24 horas y casi siempre es transmitida por aguas y alimentos contaminados. Algunas patogenias causadas son:

- Enteritis: diarrea de suave a severa.
- Cistitis: infección del tracto urinario.
- Septicemia.
- Meningitis.

Shigella spp

Es un bacilo gramnegativo inmóvil que pertenece a la familia de las enterobacteriáceas. Se clasifican en cuatro grupos A, B, C y D, cada uno de los cuales tiene serotipos distintos. La transmisión se realiza de persona a persona (los niños son los más afectados), a través del agua o de la mala manipulación de los alimentos. Las epidemias se relacionan con aguas contaminadas por aportes fecales, por ejemplo, en países en desarrollo con deficiencia en la red sanitaria.

Bacillus cereus

El bacillus cereus es una bacteria de bacilos grampositivos y formadora de esporas, puede presentar movilidad y flagelación peritrica. Su hábitat por lo general es el suelo, medios acuáticos o productos alimenticios como las especias en polvo y el arroz. Este b. cereus puede provocar dos tipos de gastroenteritis, la primera por una enteroxina termoestable y la segunda por una con movilidad; la termoestable es la responsable de la forma emética de la enfermedad, está causada por una toxina que es un péptido.

Los síntomas que frecuentemente ocasiona la forma emética son vómitos y náuseas, en general sin fiebre, y diarrea durante 24 horas. Tiene un período de incubación de 1 a 6 horas. Se desconoce el funcionamiento de la toxina, pero puede llegar a provocar fallos hepáticos. La segunda forma, que es la de movilidad, se presenta con diarreas, náuseas y dolores abdominales, se producen 1 o 2 días y el período de incubación de ambas es de 8 a 16 horas y son autolimitantes.



Tratamiento y prevención

Atenuar los síntomas para evitar la deshidratación con ingesta abundante de líquidos (suero) y dieta blanda, se debe refrigerar correctamente la comida antes de ingerirla para evitar la germinación de las esporas.

Botulismo

Se genera por la bacteria *clostridium botulinum*, que es un bacilo grampositivo neurotoxigénico formador de esporas y anaerobio, lo que quiere decir que no necesita oxígeno para crecer. Se desarrolla en medios fermentados de azúcares y aminoácidos, su hábitat más frecuente es el suelo. Algunos de estos microorganismos son muy importantes patógenos en el hombre, pero también algunos se usan en la industria. Su transmisión es por la ingesta de alimentos en mal estado donde se acumulan las toxinas; en los niños e botulismo se da por ingerir alimentos que contienen la bacteria que excretan toxinas, pero también se puede transmitir por enlatados, conservas y embutidos de productos cárnicos.





Patología

La intoxicación produce parálisis facial, dificultad de deglutir y hablar, debilidad progresiva con parálisis, náuseas, vómitos, cólicos abdominales, boca seca, diplopía (visión doble) y dificultad respiratoria que puede terminar en una insuficiencia respiratoria, usualmente no presenta fiebre, los síntomas aparecen de 8 a 28 horas después de consumidos los alimentos.

Tratamiento

Despejar las vías respiratorias, suministrar ayuda respiratoria y administrar la antitoxina botulínica, se recomienda la hospitalización de emergencia para facilitar la detección inmediata de la dificultad respiratoria.





Prevención

Esterilizar los alimentos envasados o enlatados, inhibir el crecimiento de la bacteria con pH bajos, mantener los alimentos a temperaturas bajas y almacenaje corto, cocinar la comida a 100 ºC durante 5 minutos, uso de autoclaves para conservas y no dar miel a los bebes.



Actividad 2

Hoy fortalecerás tus conocimientos sobre microorganismos y seguridad alimentaria.
¡Confía en lo que has aprendido!

Lee cada afirmación y escribe si es Falso o Verdadero según corresponda.

Enunciado 1

Los microorganismos necesitan humedad, nutrientes, temperatura adecuada y tiempo para multiplicarse.

☐ **Verdadero**
☐ **Falso**

Enunciado 2

Las intoxicaciones alimentarias solo ocurren por consumir alimentos en mal estado visualmente.

☐ **Verdadero**
☐ **Falso**

Enunciado 3

La Salmonella puede encontrarse en huevos, carnes y agua contaminada.

☐ **Verdadero**
☐ **Falso**

Enunciado 4

El *Clostridium botulinum* puede afectar el sistema nervioso y generar problemas respiratorios.

☐ **Verdadero**
☐ **Falso**

Enunciado 5

La contaminación cruzada no representa riesgo en la seguridad alimentaria.

☐ **Verdadero**
☐ **Falso**

¡Felicitaciones!
Has demostrado un excelente conocimiento sobre cómo funcionan los insecticidas en tus cultivos. Recuerda que comprender estos mecanismos te ayudará a proteger mejor tus siembras.

¡Sigue fortaleciendo estos saberes para mejorar tu producción!

Respuestas: 1. Verdadero / 2. Falso / 3. Verdadero / 4. Verdadero / 5. Falso

1.3 LA CONTAMINACIÓN VÍRICA EN ALIMENTOS Y AGUA

La importancia de la transmisión de virus a través de alimentos está siendo reconocida de forma creciente en los últimos años. También se sabe que el número de infecciones es fuertemente subestimado en los seguimientos rutinarios que se realizan.

El envejecimiento de la población y la globalización de las enfermedades, debido a la rapidez de los viajes internacionales y el comercio, indican que habrá probablemente un aumento del número de infecciones en el futuro. El costo de las infecciones virales asociadas a los alimentos o el agua no se conoce exactamente, pero se sabe que solo en el caso de los calicivirus que pueden ser tan frecuentes como la salmonella, se provoca un gasto de 1,2 a 1,5 miles de millones de dólares anuales en Estados Unidos.



Los virus entéricos pueden causar la muerte en personas de edad avanzada, muertes que son claramente evitables.



RESERVORIO DE LOS MICROORGANISMOS PATOGÉNICOS



- **Humanos**

Hepatitis A, enterovirus.

- **Animales**

Campylobacter, cryptosporidium, guardia.

- **Ambiente**

Legionella, vibrio, naegleria.

Principales virus entéricos humanos

Principales virus entéricos en humanos de transmisión fecal – oral:

- Rotavirus.
- Enterovirus.
- Edenovirus.
- Norovirus.
- Hepatitis A, Hepatitis E.
- Astrovirus.

Categorías

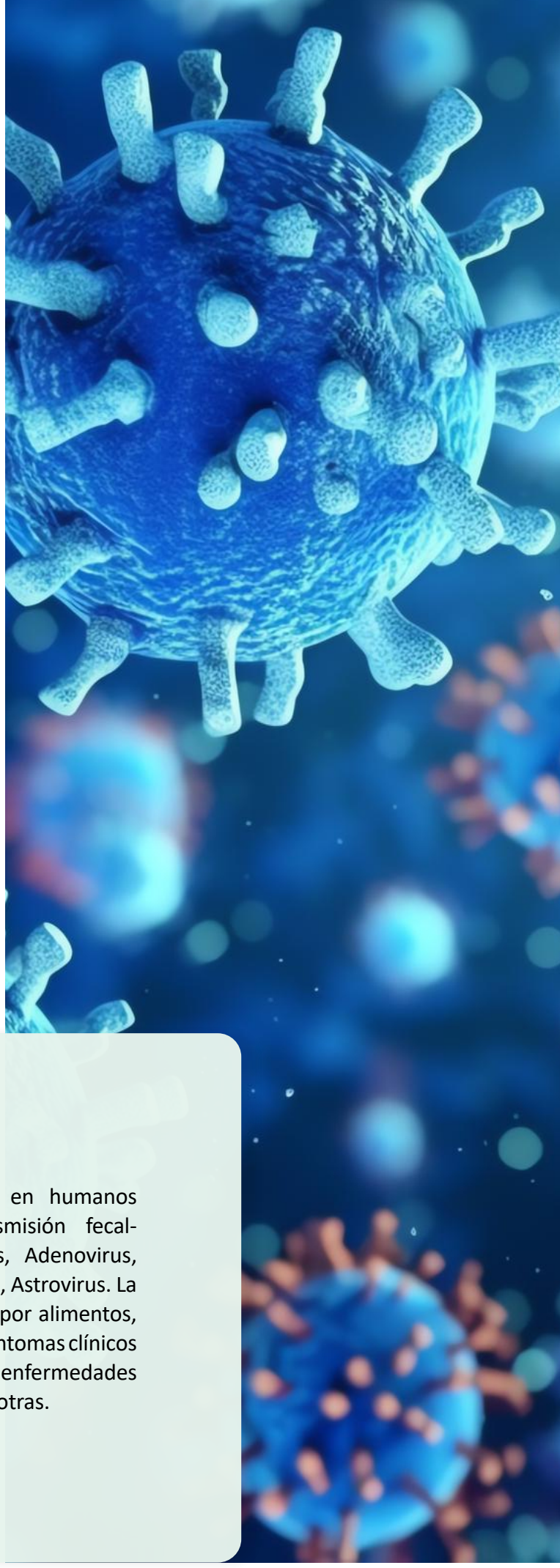
- Virus que causan gastroenteritis.
- Virus que causan hepatitis.
- Virus que causan otras enfermedades, (meningitis, afecciones neurológicas, miocarditis, entre otras).
- Otros virus no se transmiten de forma general a través del agua o alimentos, sino por vía respiratoria o contacto con secreciones; por ejemplo: Influenzavirus (orthomyxoviridae), SARS (coronavirus), Ebola virus (filoviridae).
- Otros virus se transmiten de forma general por transmisión sanguínea o transmisión sexual; por ejemplo: HIV (Retriviridae), Hepatisis B (Hepadnaviridae).

VIRUS

Son elementos genéticos que presentan dos estados, uno intracelular, donde el virus puede replicarse y uno extracelular que constituye la partícula vírica que sirve para la transmisión de los nuevos huéspedes. Se han caracterizado unos 40.000 virus de varias docenas de familias diferentes, sabiendo además que solo una pequeña fracción de los virus que existen en el planeta son los causantes de enfermedades.

Los virus, por lo tanto, son parásitos intracelulares obligados y no pueden replicar en agua o en alimentos. Los alimentos pueden presentar contaminación viral (por ejemplo, las bacterias presentes en los alimentos pueden contener virus) y tener un aspecto, color y sabor completamente normal. Los que están asociados a agua o alimentos son en su totalidad virus de estructura icosahédrica, desnudos (sin envuelta lipídica), relativamente resistentes al calor, desinfección y cambios de pH.

Así, la contaminación vírica de los alimentos no aumenta durante el procesamiento, únicamente puede mantenerse o disminuir por inactivación o dilución de los virus.



VIRUS ENTÉRICOS EN HUMANOS



Los principales virus entéricos en humanos que se transmiten por transmisión fecal-oral son: Rotavirus, Enterovirus, Adenovirus, Norovirus, Hepatitis A, Hepatitis E, Astrovirus. La transmisión por lo general se da por alimentos, agua y de persona a persona, los síntomas clínicos son gastroenteritis, hepatitis o enfermedades neurológicas y miocarditis, entre otras.

Virus de la hepatitis A

Es un virus de la familia Picornaviridae del género Hepatovirus, que puede ser transmitido por aguas, alimentos crudos, mariscos y de persona a persona, en instituciones como en colegios. Su período de incubación es de 2 a 6 semanas. Los síntomas que produce son malestar, anorexia, náuseas, letargia e ictericia. La infección generalmente es subclínica en niños. La severidad de los síntomas aumenta con la edad. Los síntomas normales son durante cuatro semanas, pero pueden ser más prolongados, no produce infecciones crónicas y existe un único serotipo.

Este virus es extraordinariamente resistente en agua, alimentos y en el ambiente en general:



- Desnaturalización térmica, sobrevive a 70 ºC hasta 10 minutos.
- Tratamientos ácidos con pH 1 durante 2 horas a temperatura ambiente.
- Inactivación por detergentes, sobrevive a 37 ºC durante 30 minutos SDS.
- Almacenamiento a – 20 ºC durante años.



Es inactivado con:

- Calentamiento a temperaturas de 80 ºC durante 1 minuto.
- Autoclave a 121 ºC durante 20 minutos.
- Radiación ultravioleta de 1.1 W a una profundidad de 0.9 durante 1 minuto.
- Cloro en concentraciones de cloro libre residual 2.0 a 2.5 mg/l durante 15 minutos.
- Componentes que contienen cloro de 3 a 4 mg/l hipoclorito sódico a 20 ºC de 5 a 15 min.



Hepatitis E

El VHE presenta una tasa de mortalidad aproximadamente del 1 % pero puede llegar al 20 % en mujeres embarazadas. La prevalencia de anticuerpos en áreas consideradas no endémicas es de 1 a 3 %. Su morfología es una partícula esférica sin envuelta, es icosaedrico con un tamaño de 32–34 nm. Los antígenos son dos inmodominates.



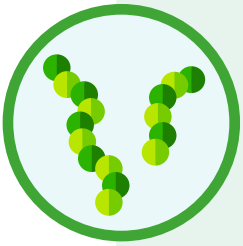


Potenciales reservorios del VHE en animales

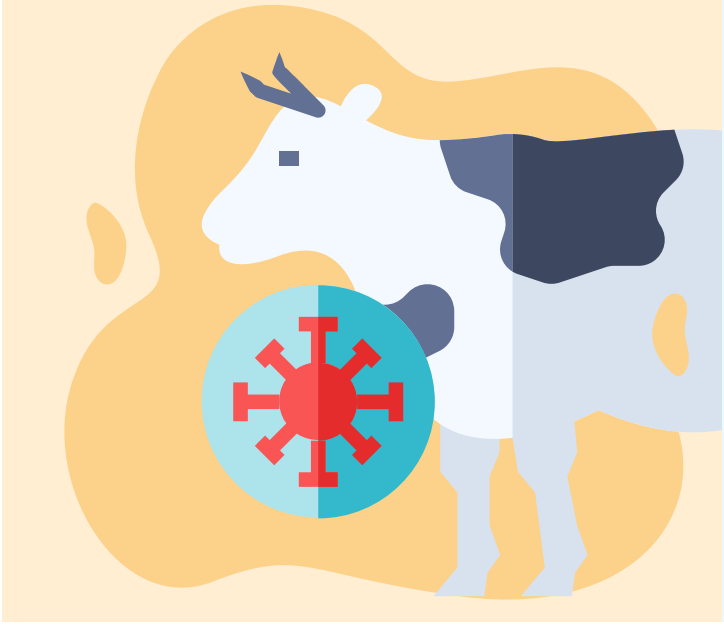
- Según estudios realizados sobre la infección por el virus de la Hepatitis E en porcinos, en Estados Unidos el 80 % de los cerdos mayores de 3 meses son seropositivos.
- Se ha descrito la infección por VHE en porcinos en Tailandia, Vietnam, Taiwán, Corea, China, Canadá y Australia.
- Se han detectado anticuerpos que reaccionan contra el VHE en ratas, ganado, aves (HEV aviar), vacuno, cabras, perros y gatos. Estos diversos animales podrían presentar virus muy diferentes a los humanos y por tanto no se ha comprobado que actúen como reservorio de la infección.



Rotavirus



Pertenece a la familia *Reoviridae*, es virus icosaédrico sin envuelta lipídica con la cápsula icosahédrica formada por dos capas concéntricas y un diámetro aproximado de 80 nm. El rotavirus tiene una apariencia característica parecida a la de una rueda. El virus es estable al medio ambiente, contiene 11 segmentos de ARN lineal de cadena doble. La longitud total del genoma es 16500 - 21000 nucleóticos. Codifica para seis proteínas estructurales y cinco no estructurales.



Estructura taxonómica - grupos antígenos derotavirus

- Rotavirus del grupo A se han identificado en la mayoría de especies de mamíferos y aves estudiadas.
- Rotavirus del grupo B infectan a humanos, cerdos, ganado vacuno, corderos y ratas.
- Rotavirus del grupo C se identifican en cerdos y raramente en humanos.
- Rotavirus del grupo D en aves de corral y grupo E en cerdos.

Características clínicas

El rotavirus es la causa más común de diarrea severa en niños, y causa aproximadamente 55.000 hospitalizaciones cada año en Estados Unidos, además de la muerte de más 600.000 niños a nivel mundial. El período de incubación de la enfermedad por rotavirus es de aproximadamente 2 días, su sintomatología vómitos, diarrea acuosa por 3 a 8 días, fiebre y dolor abdominal ocurrente con frecuencia. La inmunidad después de la infección es incompleta, pero infecciones posteriores tienden a ser menos severas que la infección original.





Características epidemiológicas

La forma primaria de transmisión es fecal-oral, aunque algunos casos se han reportado bajo títulos del virus en secreciones del conducto respiratorio y otros fluidos corporales. Dado que el virus es estable en el medio ambiente, la transmisión puede ocurrir a través de la ingestión de agua o comida contaminada, y mediante contacto con superficies contaminadas.

Diagnóstico

- El diagnóstico puede hacerse mediante la detección rápida de antígenos de rotavirus en especímenes de heces.





Tratamiento

"Para las personas con sistema inmune saludable, que sufren gastroenteritis por rotavirus el tratamiento es pasivo y consiste en terapia de rehabilitación oral para prevenir la deshidratación. Aproximadamente uno de cada 40 niños con gastroenteritis por rotavirus va a requerir hospitalización para la administración de fluidos intravenosos."

Centro Materno infantil (s.f).



Actividad 3

Cada concepto que relacionas fortalece tu capacidad para prevenir riesgos alimentarios.
¡Confía en tu aprendizaje!

Relaciona correctamente cada palabra de la columna A con la frase incompleta de la columna B.



COLUMNA A	COLUMNA B
1 Rotavirus	A puede permanecer en alimentos y agua contaminada durante semanas.
2 Hepatitis	B es una de las principales causas de diarrea severa infantil.
3 Vía fecal-oral	C es la principal forma de transmisión de los virus entéricos.

Tu conocimiento en seguridad alimentaria puede marcar la diferencia.
¡Sigue aprendiendo con responsabilidad y compromiso!

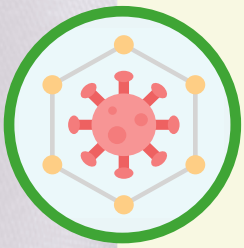
Respuestas: 1D / 2A / 3C

1.4 SUSTANCIAS TÓXICAS DE ORIGEN FÚNGICO (HONGOS)

Los alimentos por su alto contenido nutricional constituyen potencialmente un medio de cultivo para muchos microorganismos, los cuales en unos casos son útiles desde el punto de vista de la elaboración de algunos productos como leches fermentadas, procesos de maduración, obtención de bebidas alcohólicas, y en otros casos pueden tener efectos tóxicos, bien por su carácter patógeno o por las toxinas que generan.

La toxicidad fúngica de los alimentos se debe a la producción de micotoxinas, como productos derivados del metabolismo intermedio de determinados hongos. Entre los principales hongos productores de micotoxinas se encuentran: P*enicillium, Aspergillus* y *Claviceps*. Se generan de determinados cereales (maíz, trigo, cebada, sorgo) y legumbres. Entre los principales factores que favorecen el origen de las micotoxinas se encuentran la humedad, la temperatura (20 y 30 ºC), la presencia de oxígeno, presencia de insectos que poseen mohos en el tracto intestinal.

MICOTOXINAS



Desde el punto de vista tóxico, son una variedad de compuestos altamente tóxicos que provienen del metabolismo secundario de los hongos filamentosos, y son producidos en diferentes sustratos bajo ciertas condiciones climatológicas, en general son mutagénicas y carcinogénicas, provocando alteraciones en la permeabilidad celular e interfiriendo en el metabolismo (glucogénesis, lípidos).



Tabla 6
Micotoxicosis

Hongos	Toxina
Aspergillus	Aflatoxinas Sterigmatocistina Ocratoxina A
Fusarium	Tricotecenos (DON, NIV, toxina T2, DAS) Zearalenonas Fumonisinas Fusarina Moniliformina
Penicillium	Patulina Citrinina Ocratoxina
Alternaria	Alternariol
Claviceps	Alcaloides

Fuente: SENA (2012)

Se han descrito un número muy elevado de micotoxinas, entre las que destacan por su incidencia en los alimentos y sus efectos no deseables sobre los seres vivos:

- Aflotoxinas.
- Ocratoxina A.
- Zearalenonas.
- Alcaloides ergóticos.
- Patulina.





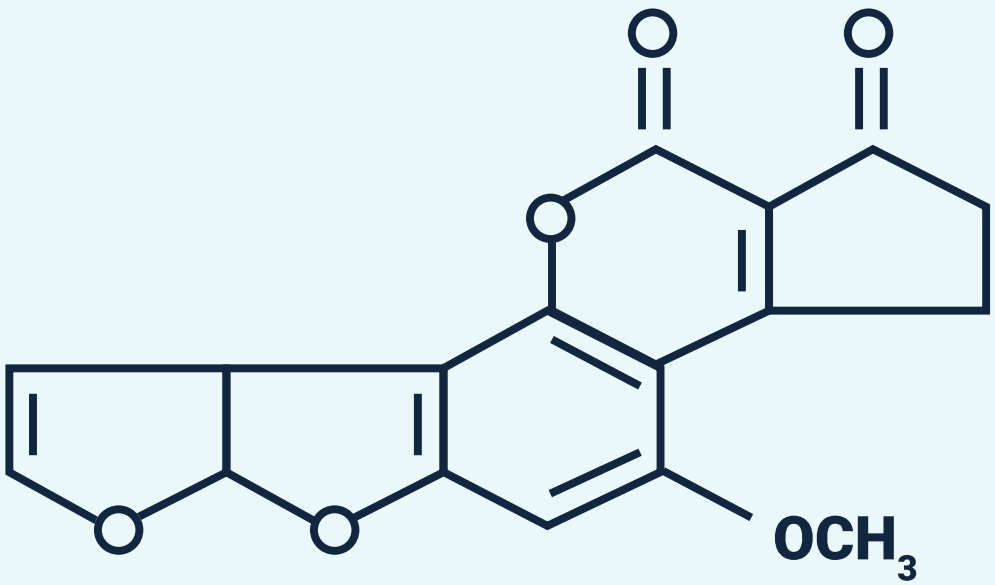
Factores de riesgo asociados a micotoxinas

- Tipo de micotoxina, biodisponibilidad, toxicidad y concentración de la misma en el alimento.
- Sinergismos entre las micotoxinas presentes.
- Cantidad del alimento consumido y continuidad o intermitencia en la ingestión.
- Peso del individuo, estado fisiológico y edad.

AFLATOXINAS

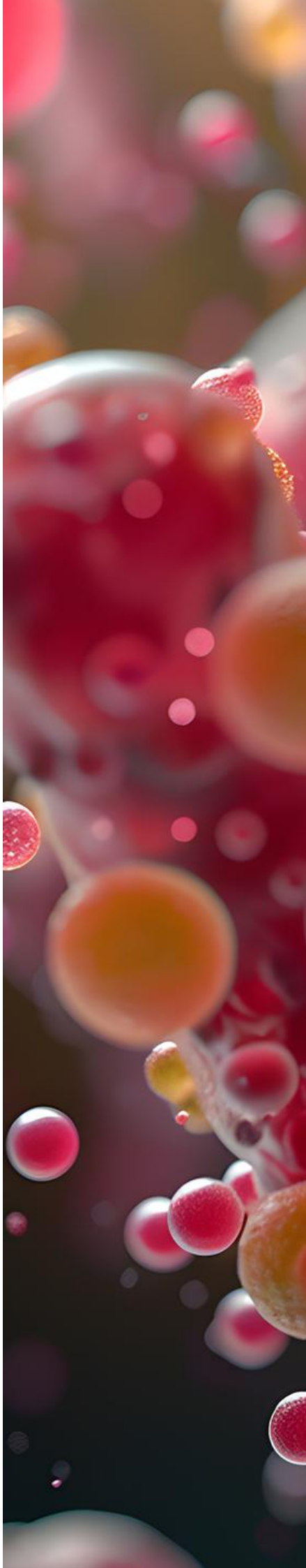
Las aflatoxinas son compuestos policíclicos. Gracias a un estudio realizado mediante luz UV, se detectaron sus características fluorescentes verde y azul, y las llamaron B1, B2, G1 y G2. De ellas, la más tóxica es la Aflotoxin B1. Este moho puede proliferar en los alimentos a una temperatura de 27 ºC y a un AW (actividad del agua) de 0,85 superior. El metabolismo de la aflatoxina B1 se ha estudiado en múltiples especies bajo diferentes condiciones. La aflatoxina B1 se transforma en menos de 7 metabolitos. Uno de los más habituales es el metabolito M1 que se encuentra en la leche de vaca. Se ha cuantificado en un 1 % la transformación de B1 en M1.

- Entre los efectos destacados, cabe citar lesiones hepáticas con edema, proliferación biliar y necrosis de células.
- Los efectos crónicos y agudos de las aflatoxinas varían de unas especies a otras. En las especies más sensibles, desarrollan tumores.
- En base a estos datos se ha legislado la cantidad de aflatoxina en alimentos y piensos (concentrado para animales).



Aflatoxin B_1

Fuente: SENA (2012)







OCRATOXINAS

Son metabolitos producidos principalmente por especies de *Aspergillus* y *Penicillium*. La micotoxina más importante es la OTA, llamada Ocratoxina A. La contaminación con OTA se ha observado en granos de cereales y granos de café verde, productos de carne fermentada y vinos.

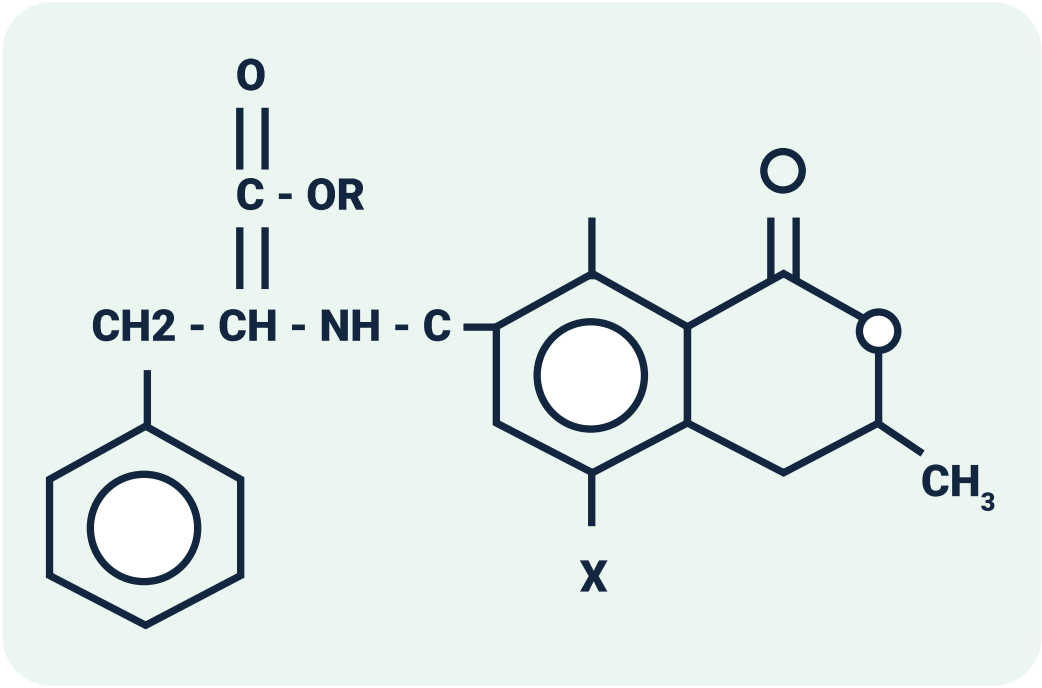


Tabla 7
Ocratoxinas

Climas cálidos tropicales	Climas templados
Aspergillus ochraceus	*Penicillium verucosum*
Aspergillus ostanius	*Aspergillus ostanius*

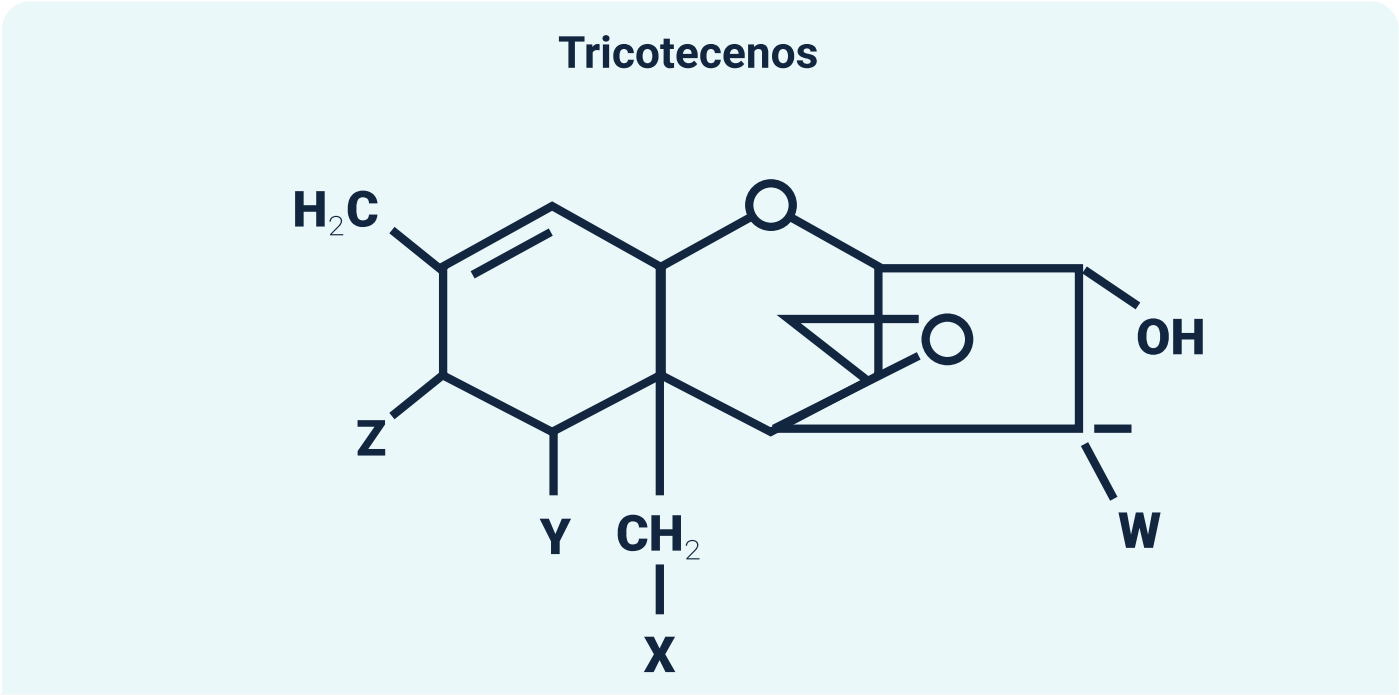
Fuente: SENA (2012)





Pueden ser responsables de la nefropatía endémica de los Balcanes, debido que en animales de experimentación (cerdos), producen alteraciones morfológicas y fisiológicas similares a las observadas en la población de los Balcanes. Los alimentos de esta zona están mucho más contaminados que los alimentos de zonas vecinas. Los individuos de los Balcanes afectados por la enfermedad tienen niveles en sangre de OTA más elevados que los individuos no afectados por la enfermedad. Esta enfermedad, puede ocasionar tumores en el tracto urinario. Aunque se tiene ya recabada la información, todavía faltan datos sobre el metabolismo del OTA.

Figura 7
Tricotecenos



Fuente: SENA (2012)

Tabla 8
Tricotecenos - composición

Tricoteceno	W	X	Y	Z
Toxina T-2	CH3COO-	CH3COO-	-H	(CH3)2CHCOO-
Diacetoxiscirpenol	CH3COO-	CH3COO-	-H	-H
Dioxinivalenol	-H2	-OH	-OH	=O
Nivalenol	-OH	-OH	-OH	=O

Fuente: SENA (2012)

Figura 8
Cearalenona

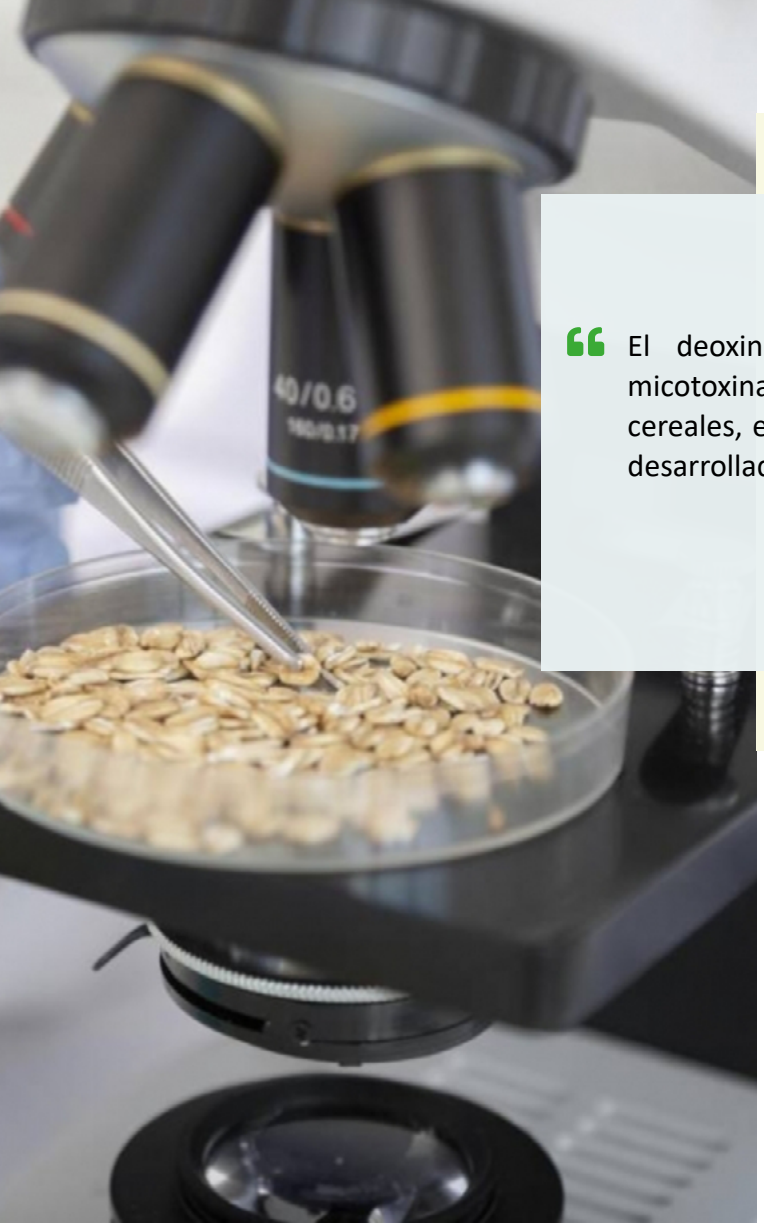


Fuente: SENA (2012)

Tabla 9
Cearalenona y sus derivados producidos por Fusarium

Cearalenona y derivados	R	R	R
Cearalenona	=O	H	H
8'-hidroxicearalenona	=O	OH	H
5'-formilcearalelona	=O	H	CHO
6',8'-dihidroxicearalenona	OH	OH	H
Cearalenol	OH	H	H
Cearalenona y derivados	R	R	R

Fuente: SENA (2012)



> El deoxinivalenol (DON), que es probablemente la micotoxina de Fusarium más corriente, contamina diversos cereales, especialmente el maíz y el trigo tanto en países desarrollados como en desarrollo.
>
> **(FAO 2003)**

Por su parte, la toxina T2 parece ser la responsable de Aleucia Tóxica Alimentaria (ATA), frecuente en Rusia (Siberia, 1913; Urales, 1944) debido a las bajas temperaturas que necesita para desarrollarse. Esta toxina causa atrofia de la médula ósea, angina necrótica y muerte. No se puede diferenciar la toxicidad de la toxina T - 2 de su metabolito, por tanto, en parte la toxicidad probablemente sea debida a este. Por ello, también se ha incluido en la ingesta tolerable provisional diaria establecida en 60 mg / kg peso corporal / día.



TOXINA DE CLAVICEPS CLAVICEPS PURPUREA (CORNEZUELOS DEL CENTENO - CUERNO DE CENTENO)

En condiciones adecuadas de temperatura y humedad, el hongo invade grandes superficies, creando un esclerocio que es una formación ligeramente curvada de color negro a púrpura, de unos 6 cm de longitud. Esta es la fase de reposo del Claviceps (es viable en sequedad y cuando tiene humedad germina). Los causantes de la patología son alcaloides que contienen ácido lisérgico como base de su estructura. Los más importantes son ergotamina (utilizada en aplicaciones médicas), ergonovina y ergotoxina.

Las intoxicaciones por cornezuelo de centeno, llamada también ergotismo, son debidas al consumo de pan de centeno infectado por Claviceps.



OTRAS MICOTOXINAS



La patulina se encuentra en frutas, verduras, cereales y piensos. Al parecer, podría provocar alteración de la barrera de las células del epitelio intestinal, induciendo daños y degeneración, hemorragias e inflamación. Se ha demostrado carcinogénesis en ratas y teratogenia en pollos.

Un indicador de la mala práctica de fabricación sería el uso de materias primas florecidas (germinadas). Las temperaturas moderadas, elevada humedad y pH bajo son factores que favorecen el crecimiento de estos hongos implicados en la formación de la patulina.



Actividad 4

Tu conocimiento fortalece la prevención de riesgos alimentarios.
¡Descubre cada palabra y sigue aprendiendo!

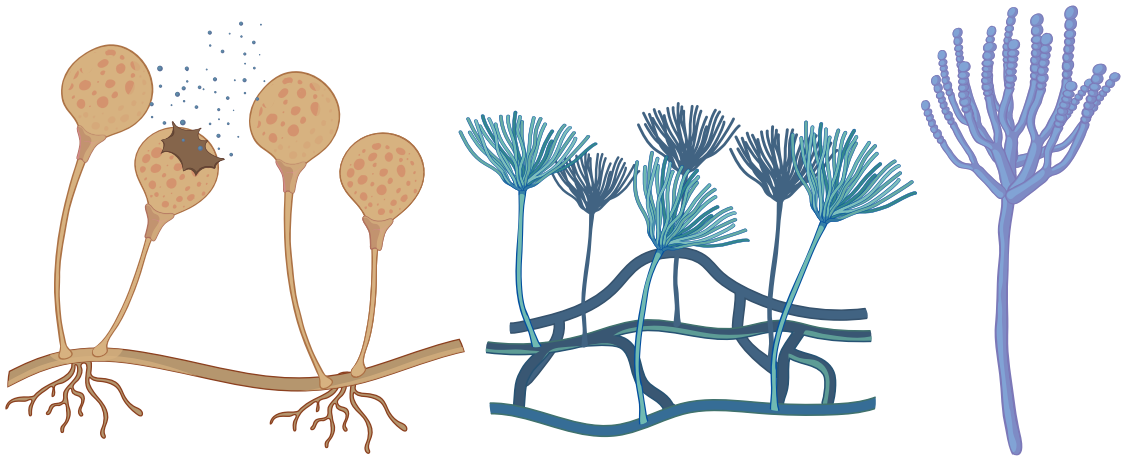
Instrucciones

Lee cada pregunta y encuentra la respuesta correcta en la sopa de letras. Todas las respuestas están formadas por una sola palabra.

1. ¿Nombre de las sustancias tóxicas producidas por algunos hongos?
2. ¿Hongo relacionado con la producción de aflatoxinas?
3. ¿Micotoxina asociada con daño renal?
4. ¿Cereal afectado por el hongo Claviceps purpurea?
5. ¿Proceso fundamental para evitar la aparición de hongos en los alimentos?

SOPA DE LETRAS

A	L	M	A	C	E	N	A	M	I	E	N	T	O	T
N	G	S	A	N	I	X	O	T	O	C	I	M	R	O
I	F	R	T	C	O	L	O	M	B	E	A	N	C	S
X	F	A	O	H	F	G	H	H	H	N	N	R	J	R
O	O	I	S	R	E	P	S	I	D	T	A	R	Y	I
T	O	I	C	A	Z	I	R	E	T	E	A	R	A	C
A	B	E	N	O	I	C	A	C	I	N	I	R	E	V
R	N	C	L	U	S	I	O	N	F	O	D	D	E	T
C	T	O	S	U	L	L	I	G	R	E	P	S	A	O
O	R	T	W	Q	D	A	C	I	M	A	N	I	D	E



Respuestas: Micotoxinas / Aspergillus / Ocratoxina / Centeno / Almacenamiento

2 SUSTANCIAS TÓXICAS

En este componente se aborda el tema de sustancias toxicas teniendo en cuenta los procesos de preparación, aditivos alimentarios para la conservación, almacenamiento, entre otros.

Adicionalmente, se estudian los efectos de la contaminación ambiental sobre los alimentos y los diferentes elementos y compuestos que son consumidos por el hombre y pueden llegar a afectar su salud.

Adicionalmente, se estudian los efectos de la contaminación ambiental sobre los alimentos y los diferentes elementos y compuestos que son consumidos por el hombre y pueden llegar a afectar su salud.

En el siguiente video se puede apreciar la introducción al componente, donde el aprendiz puede conocer los temas principales:

Escanea el QR para ver el video

Sustancias tóxicas

Bienvenidos. En este componente realizaremos un acercamiento a las sustancias tóxicas que pueden estar presentes en los alimentos o en la contaminación ambiental. Algunas sustancias consideradas como cancerígenas provienen de aditivos alimentarios y productos químicos usados para mejorar el sabor o prolongar la vida del producto en las estanterías. La clave para evitar los alimentos que pueden causar algún tipo de toxicidad y probablemente cáncer es conocer los ingredientes cancerígenos y leer las etiquetas para evitar su consumo. Además de los compuestos de origen natural, contaminantes y principalmente aditivos, no se consideraba la generación de tóxicos en el proceso de transformación de alimentos.

Hoy en día, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconocen que cualquier sustancia consumida en exceso, incluyendo el agua, puede ser dañina para el ser humano hasta el punto de causar la muerte. Por otro lado, la contaminación ambiental supone un riesgo para la seguridad de los alimentos, influye en la selección de estos y condiciona los hábitos alimentarios, afectando su composición nutricional. Algunos metales pesados que contaminan los alimentos forman parte de la corteza terrestre del planeta, por lo que su presencia es inevitable, y sus efectos dependen de la concentración. Estos contaminantes están ampliamente distribuidos por todas las regiones del planeta, lo cual hace muy compleja su erradicación. Arsénico, mercurio, plomo, cadmio y aluminio son los principales responsables de la contaminación ambiental en los alimentos de manera natural.

Adicionalmente, el desarrollo de la calidad y cantidad de producción animal mediante la inserción de sustancias para aumentarla representa una fuente de contaminación que afectará la calidad final de los alimentos. Por otra parte, los plaguicidas suponen un factor muy importante en la contaminación ambiental; aunque su aplicación no es directa a los alimentos, su uso en los cultivos fomenta su acción contaminante. A través de la lectura y revisión del material de apoyo, el aprendiz podrá entender, apropiarse y dominar los procesos y características principales de las sustancias tóxicas que pueden estar presentes en los alimentos que consumimos. Comencemos.



2.1 SUSTANCIAS TÓXICAS DERIVADAS DEL PROCESO DE PREPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LOS ALIMENTOS

Tanto en las operaciones tecnológicas de elaboración como en los procesos culinarios y la conservación, los alimentos reciben tratamientos térmicos que hacen que se produzcan reacciones entre sus componentes, dando lugar a la formación de nuevas estructuras químicas, muchas de ellas con cierta toxicidad.

En general, cocinar los alimentos se hace desde hace mucho tiempo, esto se realiza por varias razones:



Aumenta la palatabilidad.



Facilita la digestibilidad.



Destruye los microorganismos tóxicos.

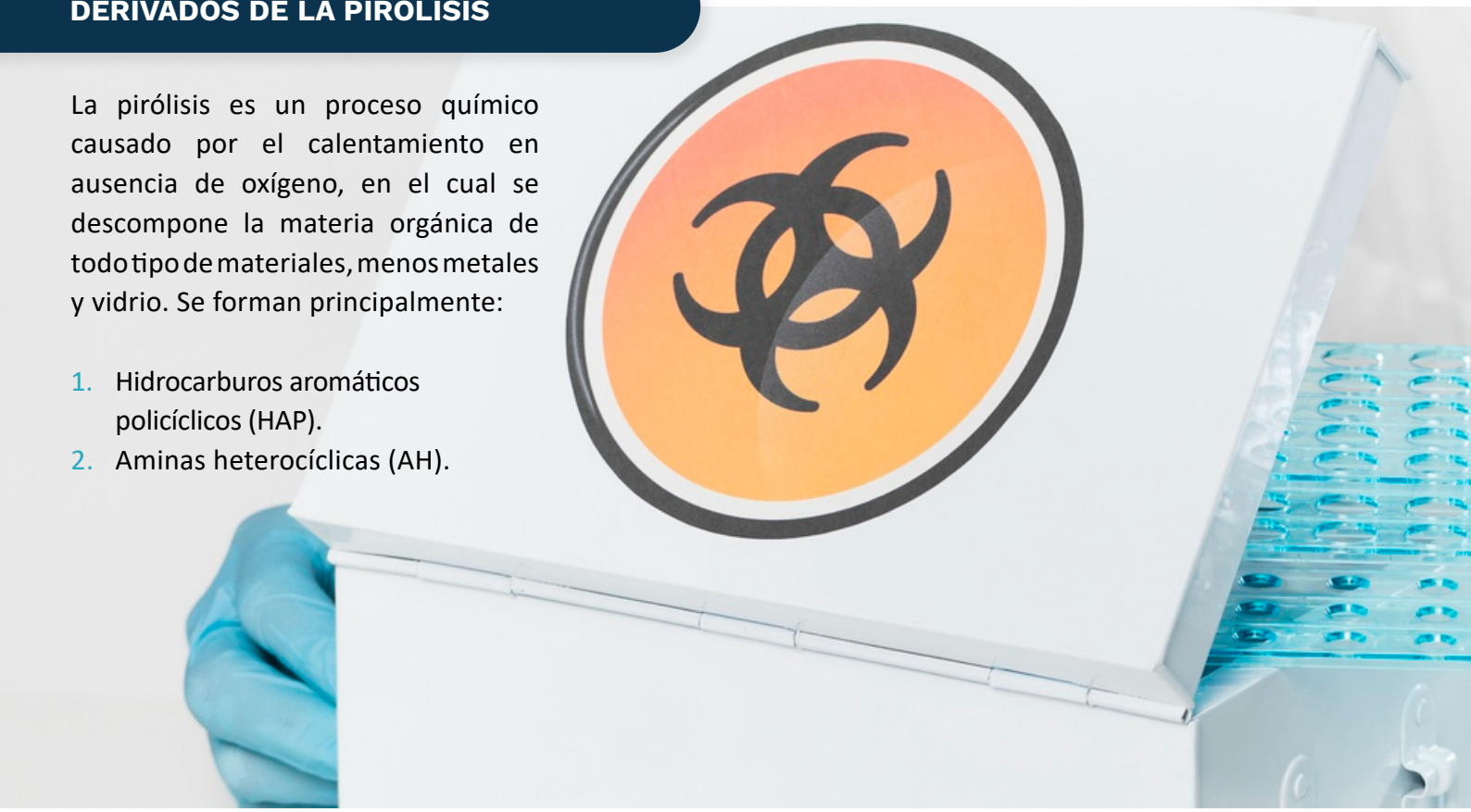


Desactiva los inhibidores enzimáticos.

DERIVADOS DE LA PIRÓLISIS

La pirólisis es un proceso químico causado por el calentamiento en ausencia de oxígeno, en el cual se descompone la materia orgánica de todo tipo de materiales, menos metales y vidrio. Se forman principalmente:

1. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).
2. Aminas heterocíclicas (AH).



HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)

Son sustancias con estructuras orgánicas de dos o más anillos benzoico-fusionados, organizados de diferentes formas, y eventualmente con sustitutos metilo o cadenas más largas de tipo alquilo.

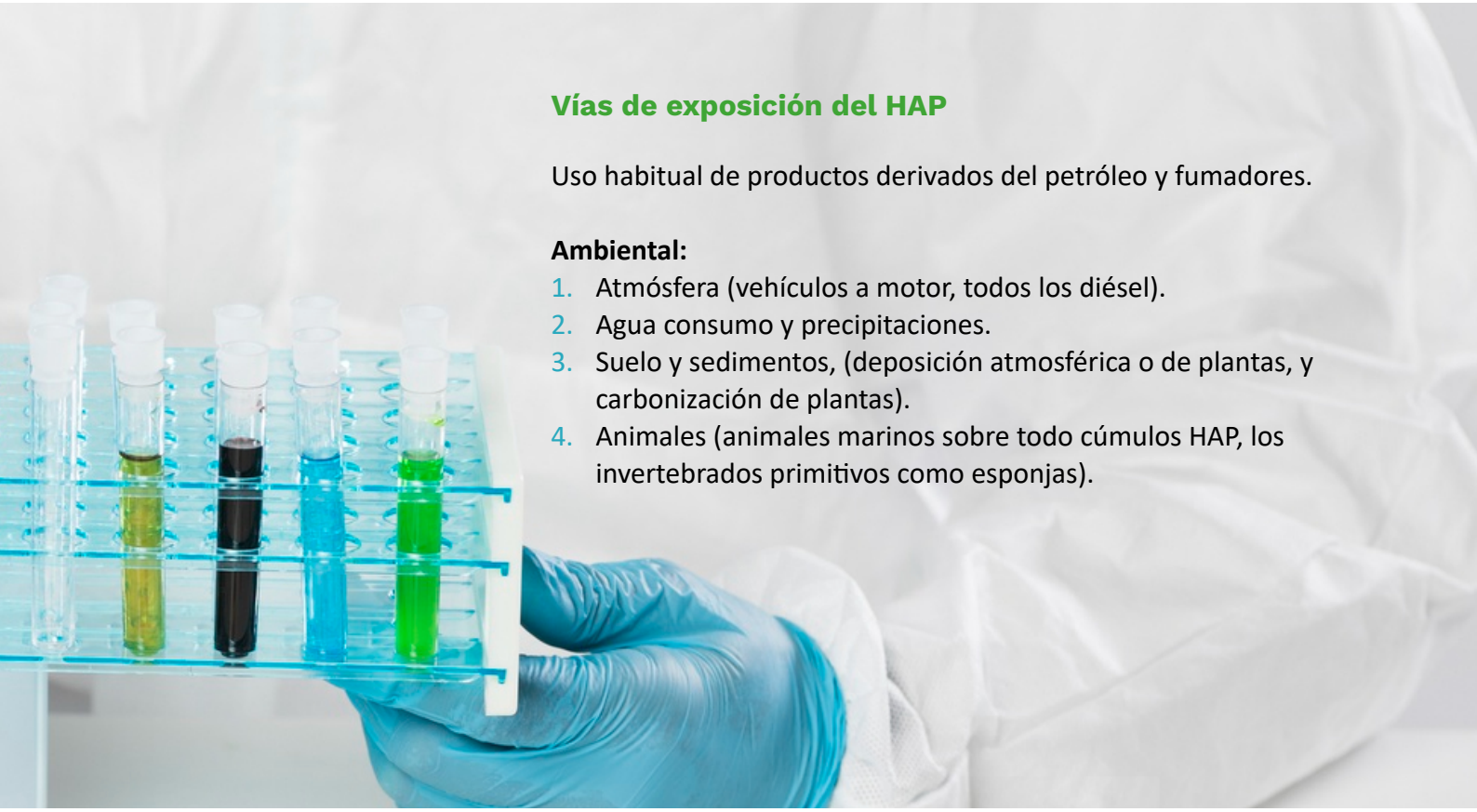


Benzo (g,h,i) perilé C22H12

Los HAP son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, el petróleo y la gasolina, la basura y otras sustancias orgánicas como el tabaco o la carne preparada a la brasa.

Los HAP se encuentran generalmente como una mezcla de dos o más de estos compuestos. Los alimentos crudos contienen pocos HAP, los cuales se ven incrementados cuando el alimento es cocinado, es tostado o se lleva a plancha. La formación de ellos en preparaciones con brasas de carbón aumenta por el contenido de grasa de la carne, el tiempo de cocción y la temperatura.

El cancerígeno más conocido de todos es el benzopireno, ampliamente difundido en los alimentos. Se forma a partir de almidón a 370 - 390 ºC y también a partir de aminoácidos y ácidos grasos a temperaturas altas.



Vías de exposición del HAP

Uso habitual de productos derivados del petróleo y fumadores.

Ambiental:

1. Atmósfera (vehículos a motor, todos los diésel).
2. Agua consumo y precipitaciones.
3. Suelo y sedimentos, (deposición atmosférica o de plantas, y carbonización de plantas).
4. Animales (animales marinos sobre todo cúmulos HAP, los invertebrados primitivos como esponjas).

Alimentaria

Dieta (deposición de partículas de agua, suelo y aire contaminado), mariscos.

Tecnológica

Tratamientos térmicos: secado, ahumado, adición de aditivos como aromas de humo, métodos de cocción (brasa, frito).
Los HAP son compuestos de carácter lipofílico que se concentran en grasas y aceites.

Efectos tóxicos

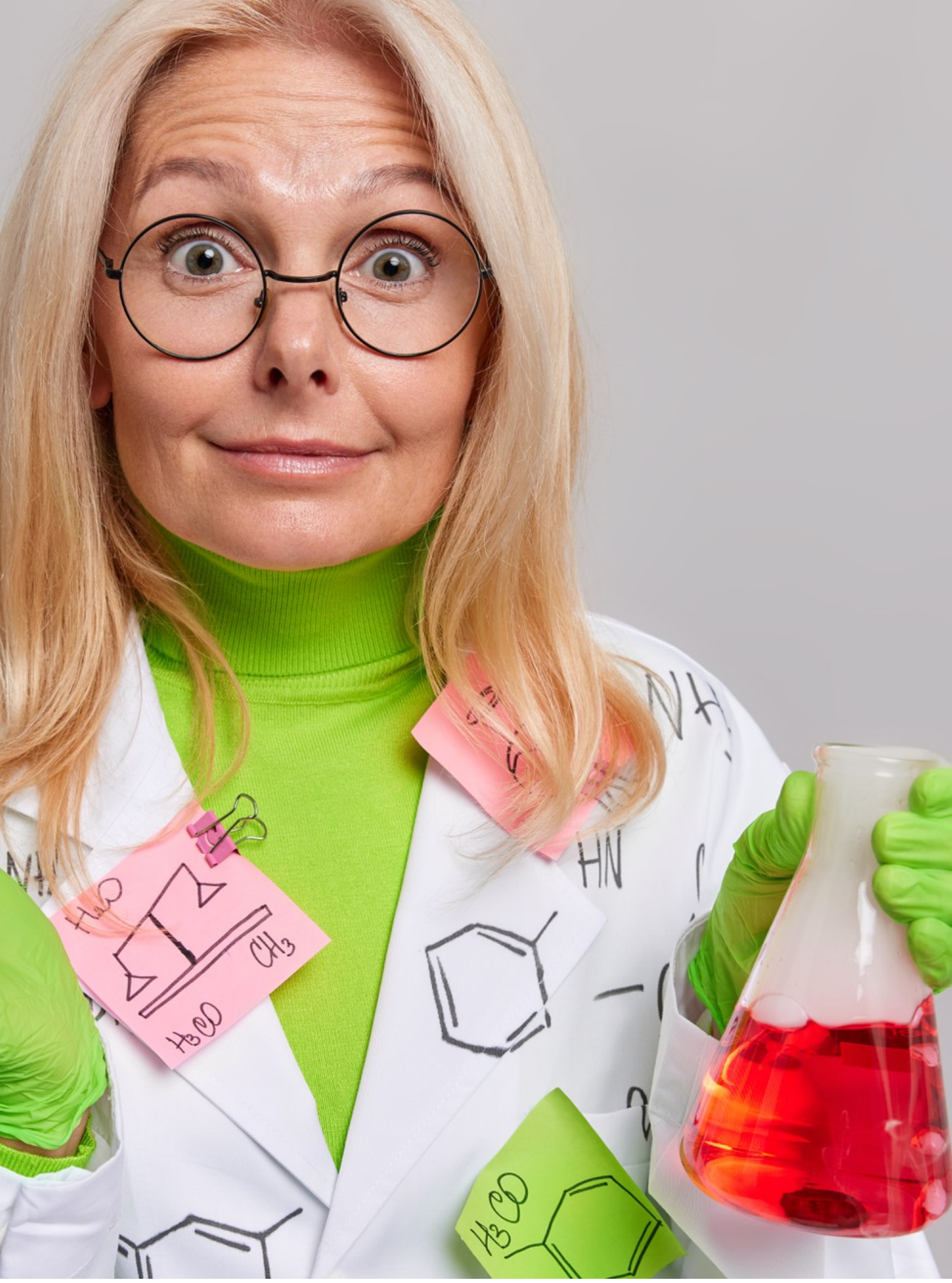
En general no se han detectado efectos agudos de los HAP en humanos.

Efectos crónicos (no cancerígenos)

En general no se han detectado efectos agudos de los HAP en humanos.

- Desórdenes en la piel en humanos y animales.
- Efectos respiratorios.
- Efectos en la sangre y en el hígado.
- Toxicidad reproductiva en animales, incluyendo una disminución de la fertilidad (no hay información para humanos), efectos cancerígenos.
- Aumento del cáncer de pulmón en humanos expuestos a emisiones de hornos de carbón de coque, material de construcción, derivados del alquitrán y humo de tabaco.
- En general los compuestos con mayor peso molecular (3 - 5 anillos benzoicos) son los más cancerígenos para el organismo.





AMINAS HETEROCÍCLICAS (AH)



Vías de exposición del HAP

Producidas por la pirólisis de aminoácidos, cuando los alimentos de alto contenido en proteínas como las carnes y el pescado se llevan a tratamientos térmico intensos. Se han identificado hasta 20 estructuras diferentes que se pueden agrupar en 2 familias:

- Amino piridinas (carbolinos).
- Amino-N-metilimidazol.

La formación de AH depende de:

1. Tiempo de cocinado.
2. Temperatura (aumento exponencial > 150 ºC).
3. Tipo de alimento.
4. Contenido en grasa.
5. Humedad.
6. Presencia de aditivos.
7. Tipo de cocinado (microondas, hervido, frito, sartén eléctrica).
8. Generalmente la cantidad de carnes: pescado y carne pura, mezclas, salchichas o albóndigas.

No es fácil evitar la formación de estos compuestos en productos ricos en proteínas, por ello se han realizado diferentes estrategias como:

Hervir el pescado y estofar la ternera utilizando más el microondas, asar o freír sólo a baja temperatura (< 180 º C).

Eliminar la costra y partes quemadas de carne, aves y pescado.

La precocción en microondas ha demostrado que disminuye hasta un 90 % la formación de AH.

Las AH se absorben por el tracto gastrointestinal y un 40 % se elimina por la orina. Estas han demostrado ser mutagénicas y cancerígenas en animales de laboratorio.


0
200ml
APPROX
50
150
100
100
150
50



Actividad 5

Cada aprendizaje fortalece tu capacidad para prevenir riesgos alimentarios. ¡Tú puedes lograrlo!

Instrucciones

Relaciona cada definición de la columna A con la respuesta correcta de la columna B escribiendo el número correspondiente.



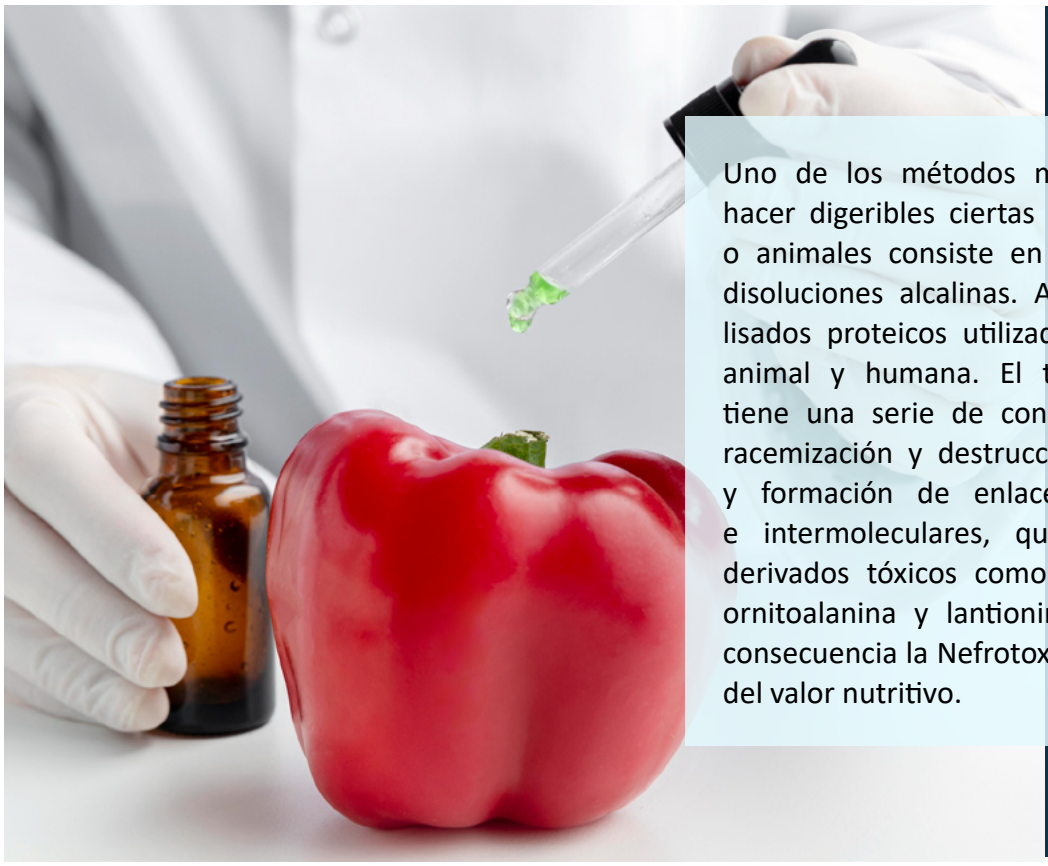
COLUMNA A – DEFINICIONES	COLUMNA B – RESPUESTAS
1 Proceso químico causado por altas temperaturas.	**A** Benzopireno
2 Sustancia asociada con efectos cancerígenos.	**B** Pirólisis
3 Compuestos formados en carnes sometidas a calor intenso.	**C** Aminas heterocíclicas

Cada decisión segura en la preparación de alimentos protege tu salud y la de los demás.
¡Sigue aprendiendo!

Respuestas:
1 → Pirólisis
2 → Benzopireno
3 → Aminas heterocíclicas

2.2 DERIVADOS DE LA FRACCIÓN NITROGENADA PROTEICO

INTERACCIÓN PROTEÍNA-PROTEÍNA EN ALIMENTOS DE ALTO CONTENIDO PROTEICO



Uno de los métodos más habituales para hacer digeribles ciertas fracciones vegetales o animales consiste en el tratamiento con disoluciones alcalinas. Así se consiguen los lisados proteicos utilizados en alimentación animal y humana. El tratamiento alcalino tiene una serie de consecuencias como la racemización y destrucción de aminoácidos y formación de enlaces covalentes intra e intermoleculares, que también forman derivados tóxicos como lisinoalanina (LAL), ornitoalanina y lantionina. Esto trae como consecuencia la Nefrotoxicidad y disminución del valor nutritivo.



INTERACCIONES DE LAS PROTEÍNAS Y LOS HIDRATOS DE CARBONO (REACCIÓN DE MAILLARD)

Entre los procesos de elaboración de algunos alimentos, se produce lo que se llama oscurecimiento no enzimático o reacción de Maillard, es el resultado de productos reductores, primariamente azúcares, que reaccionan con proteínas o con grupos amino libres. Esta reacción cambia tanto las propiedades químicas como fisiológicas de las proteínas. En general la acumulación de pigmentos de color marrón indica que la reacción se ha producido en alimentos que contienen hidratos de carbono y proteínas. En la industria láctea se emplea como indicador de un procesado térmico excesivo. (Aqualab, lab-Ferrer) Esta reacción compleja descubierta por Maillard, puede ser deseable en algunos casos y absolutamente no deseable en otros. El pH, temperatura, humedad, presencia de iones metálicos y la propia estructura del azúcar son condicionantes de la velocidad de reacción. El control de la reacción de Maillard es muy importante, no sólo por posibles consecuencias adversas de color y aroma, sino por la posible toxicidad de los productos de degradación de las nitrosaminas.





Consecuencias

Nutricionales

- Pérdidas de vitaminas.
- Disminución digestibilidad de proteínas.

Toxicológicas

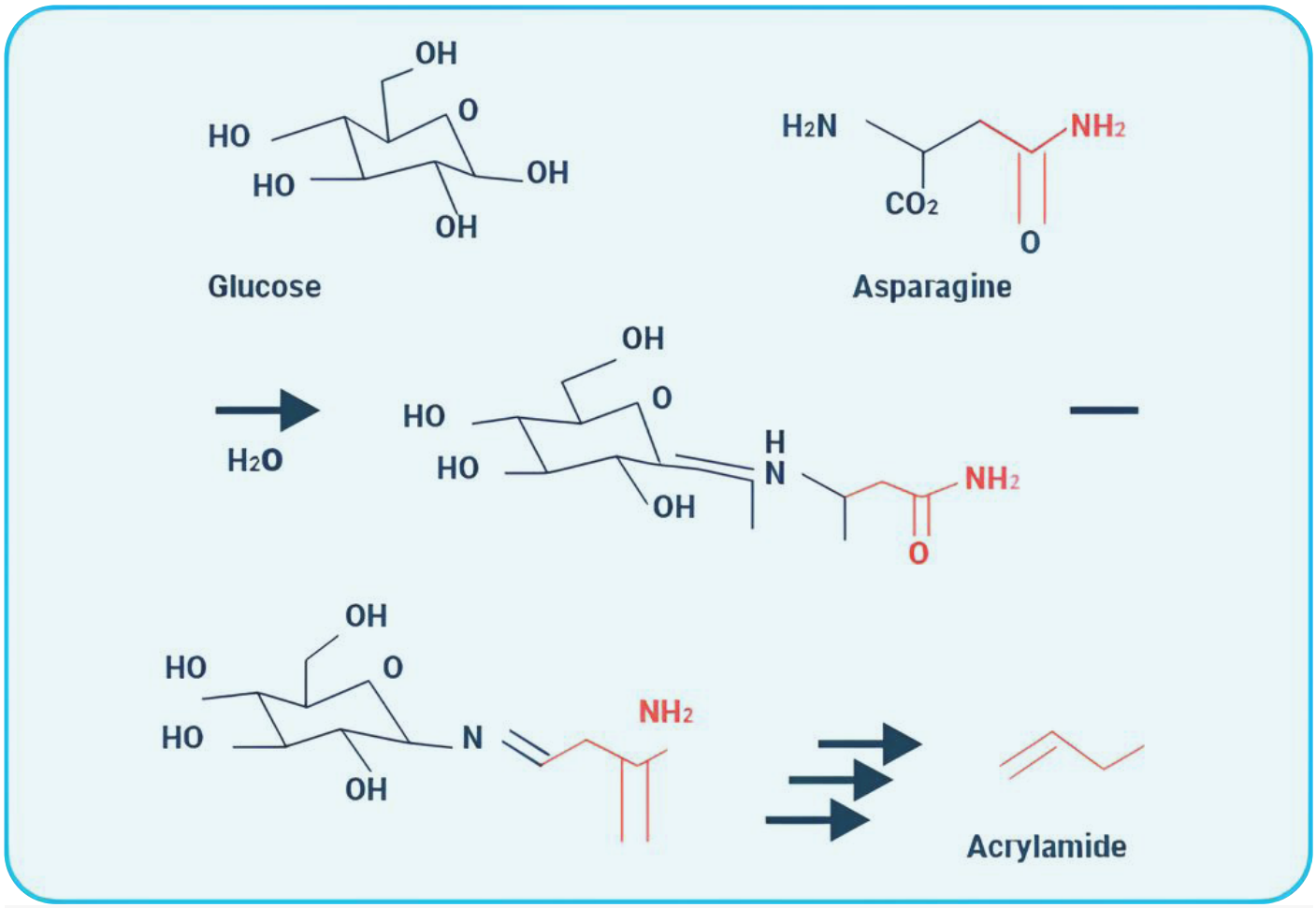
- Inhibición de las disacaridasas.
- Actividad mutagénica.

Sensoriales

- Oscurecimiento.
- Aromas y sabores (pirazinas y aldehídos
- Viscosidad.



Figura 1
Reacción de Maillard.



Fuente: SENA (2012)

La figura describe La reacción de Maillard implica efectos en diferentes áreas: nutricionales, como la pérdida de vitaminas y la reducción de la digestibilidad de las proteínas; toxicológicas, incluyendo la inhibición de disacaridasas y potencial actividad mutagénica; y sensoriales, con cambios en el color (oscurecimiento), generación de aromas y sabores, y aumento de la viscosidad.



Aspectos favorables de la reacción Maillard

- Mejora las propiedades organolépticas.
- Formación de productos con actividad antioxidante y antimicrobiana.

Acrilamida

Subproducto que se forma en alimentos ricos en carbohidratos (almidón), baja humedad y tratados a altas temperaturas (más de 120 º C). Es una sustancia potencialmente cancerígena.

Se forma en el transcurso de la reacción de Maillard por interacción de la asparagina (ASN) y azúcares reductores libres. Este compuesto se forma en mayores cantidades en aquellos alimentos en los que abundan los aminoácidos: representa el 40 % de los aminoácidos totales en las patatas chips, 14 % en la harina de trigo y el 18 % en los productos a base de centeno y café instantáneo.

Su formación depende de muchos factores como son la temperatura y tiempo de cocción, humedad, pH y la presencia de hidratos de carbono como fuente de carbonilos necesarios para la reacción de Maillard.

¿Cómo reducir las acrilamidas en alimentos a preparar?

1. ''Al freír papas se debe utilizar variedades que sean bajas en carbohidratos.
2. Se deben freír los alimentos entre 145 y 170 ° C.
3. Al freír papas a la francesa deben quedar de color amarillo dorado, nunca café dorado.
4. Al tostar pan debe quedar de color dorado tenue aceptable.
5. Las papas en rebanadas se deben dejar de 15 a 30 minutos en agua antes de freírlas o asarlas.
6. Las papas crudas no se deben almacenar en el congelador.'' (Revista Scielo 2010).

La formación de acrilamida comienza los 100 º C, acelerándose a partir de los 140 º C y siendo la temperatura óptima de 180 ºC (en cualquier horno o sistema de fritura industrial). En alimentos en ebullición no aparece la acrilamida, probablemente porque los alimentos se cuecen en la temperatura de ebullición del agua aproximadamente a 100 º C. La agencia internacional para el Cáncer (IARC) clasifica la acrilamida como un probable carcinógeno en humanos (Grupo 2A).





Neurotóxico

A altas exposiciones ocupacionales y accidentales (en animales y hombre).



Genotóxico

Afecta a células germinales (conduce a cambios hereditarios).

Métodos para minimizar el contenido en acrilamida en los alimentos:

No sobrecalentar los alimentos ricos en carbohidratos.

Evitar los alimentos ricos en asparagina y azúcares.





Carcinógeno

En animales de experimentación (ratas).



Clínica

Somnolencia, descoordinación, alucinaciones, confusión, sensaciones anormales, debilidad muscular y descoordinación. Estudios en humanos (sobre 8.000 trabajadores en China) que daban positivo en neurotoxicidad presentaban relación con la aparición de cáncer.

Disminuir los niveles de asparagina mediante modificaciones genéticas.

Hidrolizar la asparagina.



Actividad 6

Tu creatividad también fortalece el aprendizaje. ¡Transforma el conocimiento en una imagen!

Instrucciones

Realiza un dibujo relacionado con las sustancias tóxicas derivadas del calentamiento de los alimentos. Puedes representar la reacción de Maillard, alimentos quemados, acrilamida, procesos de fritura o prácticas seguras de cocción.

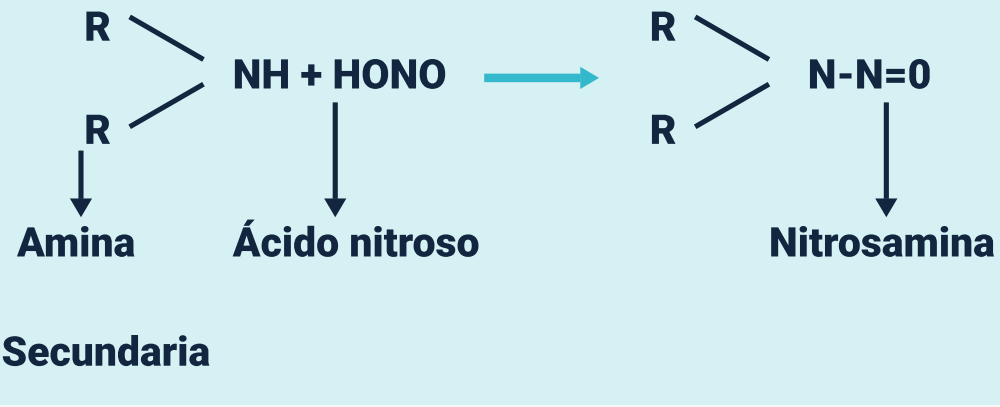
Espacio para el dibujo

Cada idea que representas fortalece tu comprensión sobre la seguridad alimentaria.
¡Sigue creando y aprendiendo!

2.3 NITROSAMINAS

Son compuestos cancerígenos que se forman por reacción del óxido nitroso con aminas secundarias y terciarias durante el curado de productos crudos.

Figura 2
Formación química de la nitrosamina.



Fuente: SENA (2012)

La figura presenta la estructura molecular de la nitrosamina, donde un átomo de nitrógeno está enlazado a un grupo nitroso (- NO) y un grupo amino, ilustrando su configuración química básica.

Riesgos:
Metahemoglobinemica en manipuladores y niños.

Beneficios:
1. Inhibición al *Clostridium Botulinum*.
2. Estabilización del color en la carne (Nitrosomioglobina).

Se conocen casos fatales por ingestión de embutidos con cantidades de nítridos, producidos localmente por una mala mezcla del aditivo con el resto de ingredientes durante la fabricación. Para evitar esto, se puede utilizar el ácido nítrico ya previamente mezclado con sal. En muchos países esto se tiene que hacer obligatoriamente y en la normativa CEE incluyen obligatoriedad.

PRINCIPALES FUENTES TÓXICAS

La exposición a las Nitrosaminas de los fumadores es el doble que las demás personas que llevan una dieta normal y no fuman.



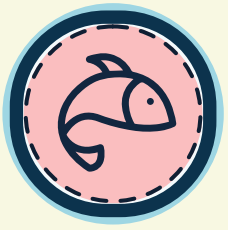
Productos

Crudos - curados.



Productos fermentados

Quesos y bebidas alcohólicas.



Productos fermentados

Debido a la presencia de dimetilamina procedente del óxido de trimetilamina.

Se conocen una serie de técnicas para disminuir el riesgo de formación de nitrosaminas. En primer lugar, reducir la concentración de nitritos y nitratos siempre que esto sea posible.

En segundo lugar, se pueden utilizar otros aditivos que bloqueen el mecanismo químico de formación de nitrosaminas: ácido ascórbico (E - 330) y los derivados, los tocoferoles (E - 603 y siguientes), especialmente eficaces en medios acuosos o grasos respectivamente.

AMINAS BIÓGENAS

Formadas por la descarboxilación enzimática de los aminoácidos.

Entre las más importantes está la histamina (el aminoácido precursor es la histidina).

También se pueden encontrar:

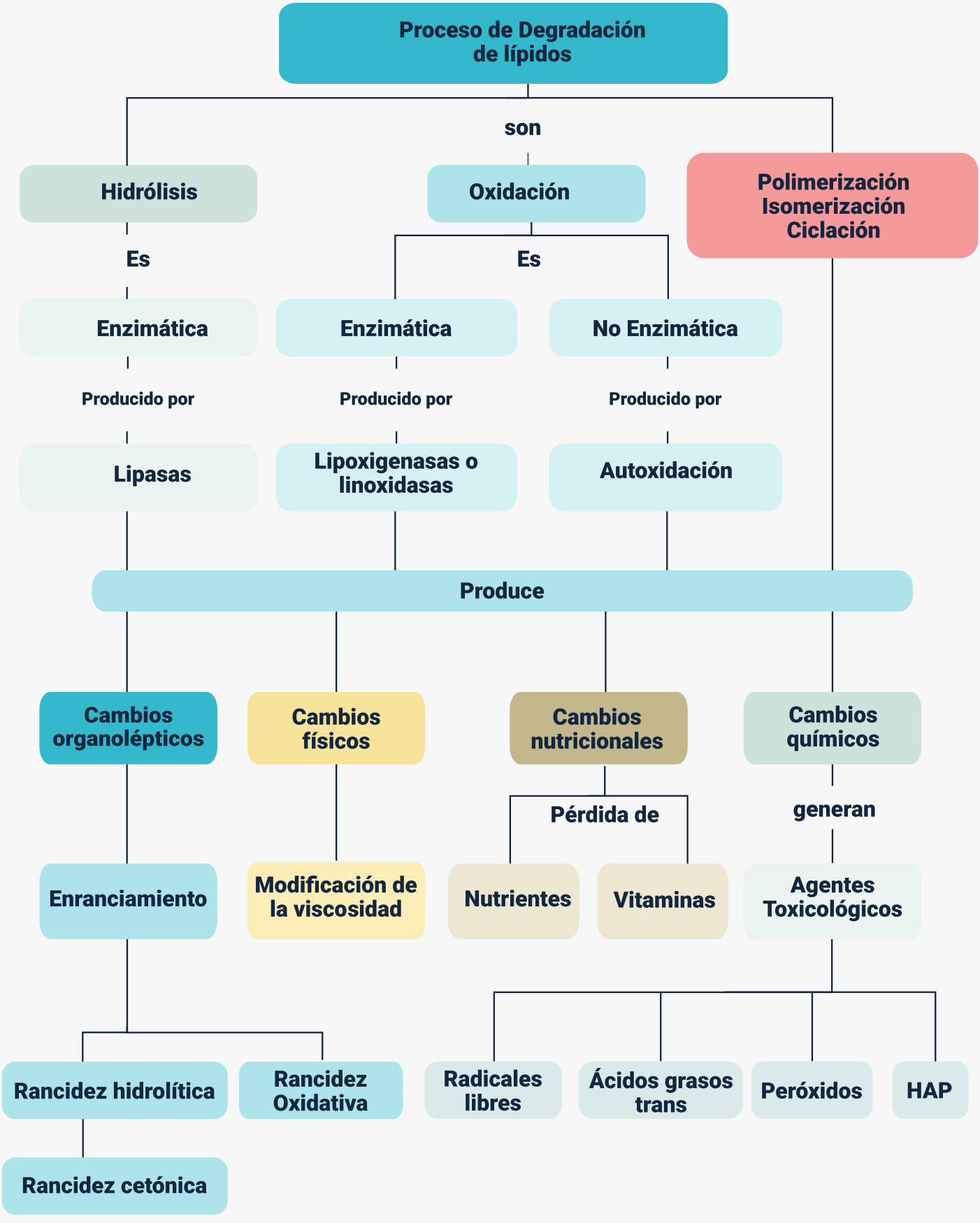
1. Tiramina.
2. Putrescina.
3. Cadaverina.

La histamina se detecta en vinos, quesos, embutidos y pescados, la sintomatología que esta causa es similar a una alergia digestiva y cutánea. La presencia de cantidades elevadas de histamina y otras aminas, puede indicar una mala práctica de elaboración, ya sea porque se han utilizado materias primas de baja calidad higiénica o porque se han dado contaminaciones microbianas a lo largo del proceso de elaboración o de distribución.



> “El tratamiento térmico no altera la estructura de las aminas biógenas, ni el horneado ni la cocción a vapor tienen efectos apreciables en el nivel de histamina existente. La intoxicación por aminas biógenas se origina por la ingesta de alimentos que contienen altos niveles de estas aminas. Estos compuestos son muy importantes desde el punto de vista toxicológico, ya que pueden inferir toxicidad en el alimento incluso antes de ser considerados organolépticamente inaceptables, esta intoxicación puede presentar en el hombre una gran cantidad de síntomas: cutáneos, gastrointestinales, hemonidamicoa. La sensibilidad a la histamina varía de persona a persona”.
>
> **- (Escriche 2006).**

Productos derivados del calentamiento, oxidación de la fracción lipídica



Isomerización ⟶ No enzimática

Fuente: SENA (2012)

La imagen describe los productos derivados del calentamiento y la oxidación de la fracción lipídica a través de un diagrama de flujo del proceso de degradación de lípidos. Este proceso se divide en tres rutas principales: hidrólisis, oxidación y polimerización / isomerización / ciclación. En la hidrólisis, que puede ser enzimática, las lipasas actúan sobre los lípidos, lo que produce cambios organolépticos como el enranciamiento, generando rancidez hidrolítica y cetónica. En la oxidación, que puede ser enzimática (mediada por lipoxigenasas o lioxidasas) o no enzimática (autoxidación), se generan cambios físicos como la modificación de la viscosidad, cambios nutricionales debido a la pérdida de nutrientes y vitaminas, y cambios químicos que introducen agentes toxicológicos. Estos agentes incluyen radicales libres, ácidos grasos trans, peróxidos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). La vía de polimerización, isomerización y ciclación también forma compuestos tóxicos. Este proceso global implica una transformación compleja que afecta la calidad y seguridad de los alimentos mediante cambios en sus características físicas, químicas y nutricionales.

Los tratamientos de hidrogenación consisten en la incorporación de hidrógeno al doble enlace de los ácidos grasos insaturados. Esto permite convertir los aceites en grasa plástica para elaborar margarinas y bollería industrial cuando se hace de forma parcial. Son grasas estables y tienen mejor color.

Además de saturar los dobles enlaces se isomerizan, es decir, se reorganiza la estructura de la membrana para dar lugar a ácidos grasos trans. Los trans se forman espontáneamente en las grasas y carnes de animales rumiantes (entre un 3 - 10 % de los AG son trans) y por tratamientos de hidrogenación y transesterificación. También se forman aplicando temperaturas elevadas (fritos, asados).

TOXICIDAD DERIVADA DE LA CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS



En ocasiones es necesario efectuar una conservación de los alimentos con la finalidad de realizar una esterilización completa o retraso de la fecha de caducidad. No obstante, hay que tener en cuenta que estos procedimientos pueden tener implicaciones directas sobre la calidad organoléptica o incluso sobre el valor nutricional final del alimento. Con relación a los tratamientos térmicos, ya se ha comentado que probablemente el inconveniente principal sea la generación de productos derivados de las reacciones de Maillard.

La conservación con productos químicos incluye, además de los pesticidas que serán tratados con posterioridad, los fumigantes, entre los que se encuentran el ácido cianhídrico, el bromuro de metilo, los óxidos de etileno y propileno, y el fósforo hidrogeno, presentando todos ellos una toxicidad importante.

Materiales que generan toxicidad en los alimentos

- Normalmente la madera puede presentar problemas de toxicidad en los procesos de elaboración de vino.
- El vidrio no tiene relación con los alimentos. Pero se debe controlar el contenido de plomo en vidrios porque las soluciones con los ácidos pueden solubilizarlos.
- En las cerámicas, se debe evitar la presencia de metales pesados como el plomo y cadmio, ya que estos pueden dejar una trazabilidad en los alimentos.
- Los metales como el acero inoxidable son muy usados en la industria alimentaria porque no dejan residuos al poseer una buena resistencia química.
- No es recomendable el calentamiento en exceso de materiales plásticos (monómeros o polímeros), ya que pueden formar monómeros que son tóxicos.



Actividad 7

Tú puedes descubrir los riesgos invisibles presentes en los alimentos.
¡Aprende y fortalece tu conocimiento!

Instrucciones:

Lee cada frase y completa los espacios en blanco con las dos palabras correctas según el contenido estudiado.

1. Las _____ son sustancias de carácter _____ que pueden formarse durante el procesamiento de alimentos.

2. Las _____ biógenas pueden originarse por la degradación de _____ en los alimentos.

3. Los alimentos ricos en _____ pueden generar compuestos tóxicos cuando son expuestos a altas _____.

Cada concepto que comprendes te acerca a una alimentación más segura y consciente.
¡Sigue avanzando!



Respuestas:
1. Nitrosaminas – cancerígeno
2. Aminas – aminoácidos
3. Lípidos – temperaturas

2.4 HIDROCARBUROS POLICLORADOS, DIOXINAS Y FURANOS POLICLOROBIFENILOS (PCBS)

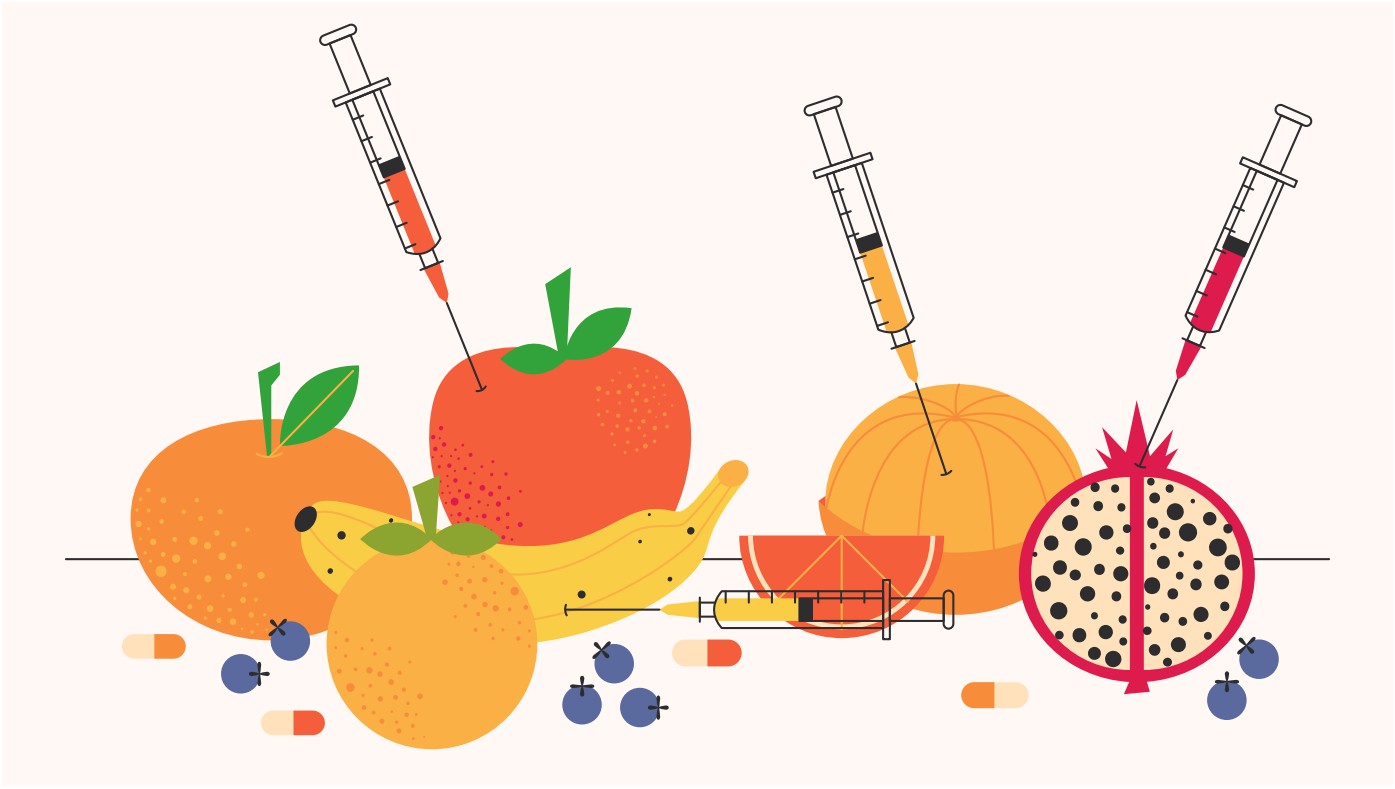
Los bifenilos policlorados (PCBs) se caracterizan por poseer una gran estabilidad y liposolubilidad, lo que determina que puedan acumularse principalmente en el tejido adiposo. Son compuestos químicos y térmicamente estables a temperaturas inferiores a 850 °C y con excelentes propiedades dieléctricas.



Estos compuestos han sido utilizados como aceites de transformadores, aceites hidráulicos, lubricantes, pinturas y ceras, entre otros. Las vías de contaminación del ambiente son diversas, tales como la destrucción de aparatos de refrigeración, condensadores, transformadores eléctricos, que van acumulándose mayoritariamente en sedimentos de alcantarillado y en las fuentes de aguas estancadas.

Se han detectado niveles importantes en animales que viven junto a industrias donde se vierten estos contaminantes, entre ellos se encuentran las truchas, salmones, garzas, entre otras especies.

Los PCBs están clasificados como probables carcinógenos humanos, y producen una amplia gama de efectos adversos en los animales, como la toxicidad reproductiva, inmunotoxicidad y carcinogenicidad.



DIOXINAS Y FURANOS

El origen antropogénico de las dioxinas y furanos se debe esencialmente a procesos donde hay combustión donde se genera reacción entre hidrocarburos aromáticos y clorados en presencia de oxígeno, y también en procesos químicos e industriales como en la fabricación de PVC y blanqueo de papel. También pueden proceder de productos de desecho como lodos de depuradora o lixiviados de vertederos. A diferencia de los PCBs, no se conoce aplicación alguna de las dioxinas ni de furanos, apareciendo siempre como subproductos o impurezas en distintos procesos, entre ellos la obtención de plaguicidas organohalogenados. Los policlorodibenzodioxinas (PCDD) y policlorodibenzofuranos (PCDF) forman dos grupos de compuestos químicos que son, al igual que los PCBs, altamente persistentes en el medioambiente.

De dichos compuestos el más tóxico es el 2,3,7,7 - TCDD considerado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) como sustancia carcinogénica clase 1, es decir de toxicidad demostrada para el hombre. Está identificada como el compuesto más tóxico de los generados por el hombre, siendo la dosis letal DL50 en ratas de tan solo 0,25 mg/kg. Varios estudios han demostrado la capacidad de estos compuestos para producir además de cáncer, mutaciones y malformaciones en fetos de distintas especies animales. A pesar de ser conocida como cancerígeno humano no se considera que el cáncer sea el efecto crítico que se deba tener en cuenta para la fijación de la ingesta tolerable. Los efectos críticos son: cambios en el comportamiento neurológico, endometriosis e inmunosupresión.



El accidente que tuvo lugar en Severo (Italia) en 1976 en una fábrica de pesticidas dejó constancia de los efectos producidos por las dioxinas sobre la salud. Entre otras, cloracné (alteración dermatológica persistente similar al acné juvenil que aparece en cara, espalda, axilas, brazos y genitales), alteraciones hepáticas, alteraciones en el comportamiento y aprendizaje, disfunciones en el sistema inmunitario y hormonal. Hoy en día, casi medio siglo después, se siguen investigando y descubriendo nuevas afecciones sobre la población que estuvo expuesta.

Las personas se ven expuestas, principalmente a través de los alimentos (> 90 %) siendo los alimentos de origen animal los que contribuyen mayoritariamente: los animales están expuestos a las dioxinas a través de la contaminación ambiental. Una vez en el organismo del animal, las dioxinas son acumuladas preferentemente en el hígado y el tejido adiposo, siendo la metabolización y la excreción muy lenta, lo cual permite su bioacumulación.



Actividad 8

Tú puedes descubrir cómo los contaminantes invisibles afectan la seguridad alimentaria.
¡Aprende y fortalece tu análisis crítico!

Instrucciones:

Lee cuidadosamente cada frase y completa los espacios en blanco con las palabras correctas. Las respuestas deben escribirse en el orden adecuado.

1. Los _____ son compuestos químicos _____ y _____ que se acumulan fácilmente en el tejido graso.

2. Las _____ y los _____ se generan en procesos de combustión y actividades _____.

3. Los contaminantes tóxicos pueden producir alteraciones _____, efectos _____ y problemas en el sistema _____.

Cada conocimiento que adquieres te ayuda a comprender mejor los riesgos invisibles presentes en los alimentos.
¡Sigue aprendiendo con propósito!



Respuestas:
1. *PCBs – liposolubles – bioacumulables*
2. *dioxinas – furanos – industriales*
3. *reproductivas – cancinogénicos – inmunológico*

2.5 METALES PESADOS

Una gran cantidad de metales pesados procedentes de emisiones industriales, normalmente a bajas concentraciones, pueden originar efectos tóxicos a gran escala. Es frecuente la acumulación de metal en el organismo, por lo que aun cuando se trata de ingestas muy bajas, se pueden originar efectos tóxicos a largo plazo. La biodisponibilidad del metal depende de diversos factores, entre ellos las interacciones con otros componentes de la dieta, incluidos los propios metales, condiciones fisicoquímicas del medio intestinal, situación fisiológica o patológica del individuo, entre otras.

Existen algunos metales que aun cuando su concentración pueda ser relativamente baja, la probabilidad de que generen problemas desde el punto de vista toxicológico es considerable, entre ellos se destacan: El plomo (Pb), el arsénico (As), el mercurio (Hg) y el cadmio (Cd).



Generalmente, los metales pesados se acumulan en el suelo, logrando ser ingeridos por determinados animales. Sin embargo, algunos de estos elementos son constituyentes esenciales tanto en humanos como en animales, y sus posibles deficiencias pueden causar problemas, por lo cual en ciertas ocasiones es necesario recurrir a suplementos dietéticos. Pero, por otra parte, algunos pueden causar problemas cuando se encuentran en exceso.

Los niveles de toxicidad de los metales pesados, dependen no sólo de la especie animal sino de la presencia de otros constituyentes. La acción tóxica se lleva a cabo a través de la combinación de los metales con los grupos sulfhídrilos o tiólicos de las proteínas y, más concretamente, de las enzimas. La toxicidad potencial de un metal aumenta con el grado de oxidación; depende del tipo de combinación química que se establece entre el metal y el componente del alimento que lo vehiculiza o bien del organismo una vez absorbido.



Plomo (Pb)

Tuberías de agua

Trasmiten plomo al agua de bebida. Actualmente está prohibido su uso, y todas las de este material deben ser cambiadas por PVC.



Contaminación ambiental

Procedente del uso de vehículos a motor los cuales emplean el tetraetilato de plomo como antidetonante en la gasolina.





Envases alimentarios

Elaborados con material que contiene plomo como piezas cerámicas vidriada con sales de plomo o latas de hojalata donde se emplea soldadura blanca con una aleación de plomo y antimonio.

Vino

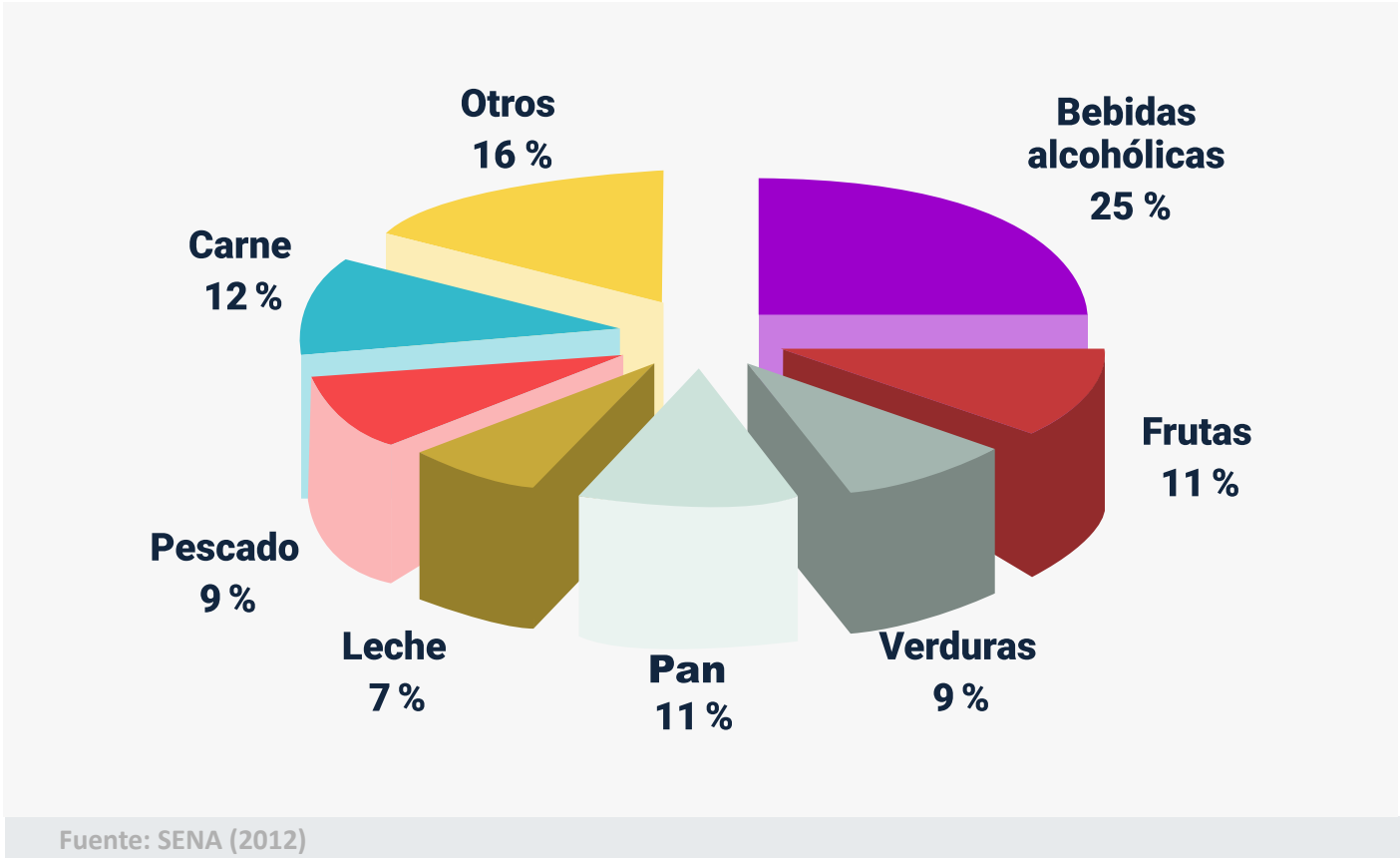
Puede contener plomo por estar los viñedos en zonas muy cercanas a carreteras de gran densidad de tráfico o tratados con insecticidas que contienen arseniato de plomo o bien, proceder de las láminas que cubren en ocasiones los tapones de las botellas, a donde puede llegar el vino a través del corcho cuando este se seca y se retrae, sobre todo en botellas que han sido almacenadas horizontalmente. Por ello se están usando cada vez más tapones de plástico.





Existen muchos alimentos que pueden aportar plomo en la dieta como se presenta en la figura 4. La media de plomo en los alimentos se estima entre 0,05 - 0,2 µg / g y en agua de 10 - 20 µg / L. El comité de expertos de la FAO / OMS recomendó que la ingesta semanal por persona no excediera de 25 µg / Kg de peso, y para el agua de bebida se ha establecido como valor de referencia 0,05 µg / L.

Figura 4
Aporte de plomo en alimentos.



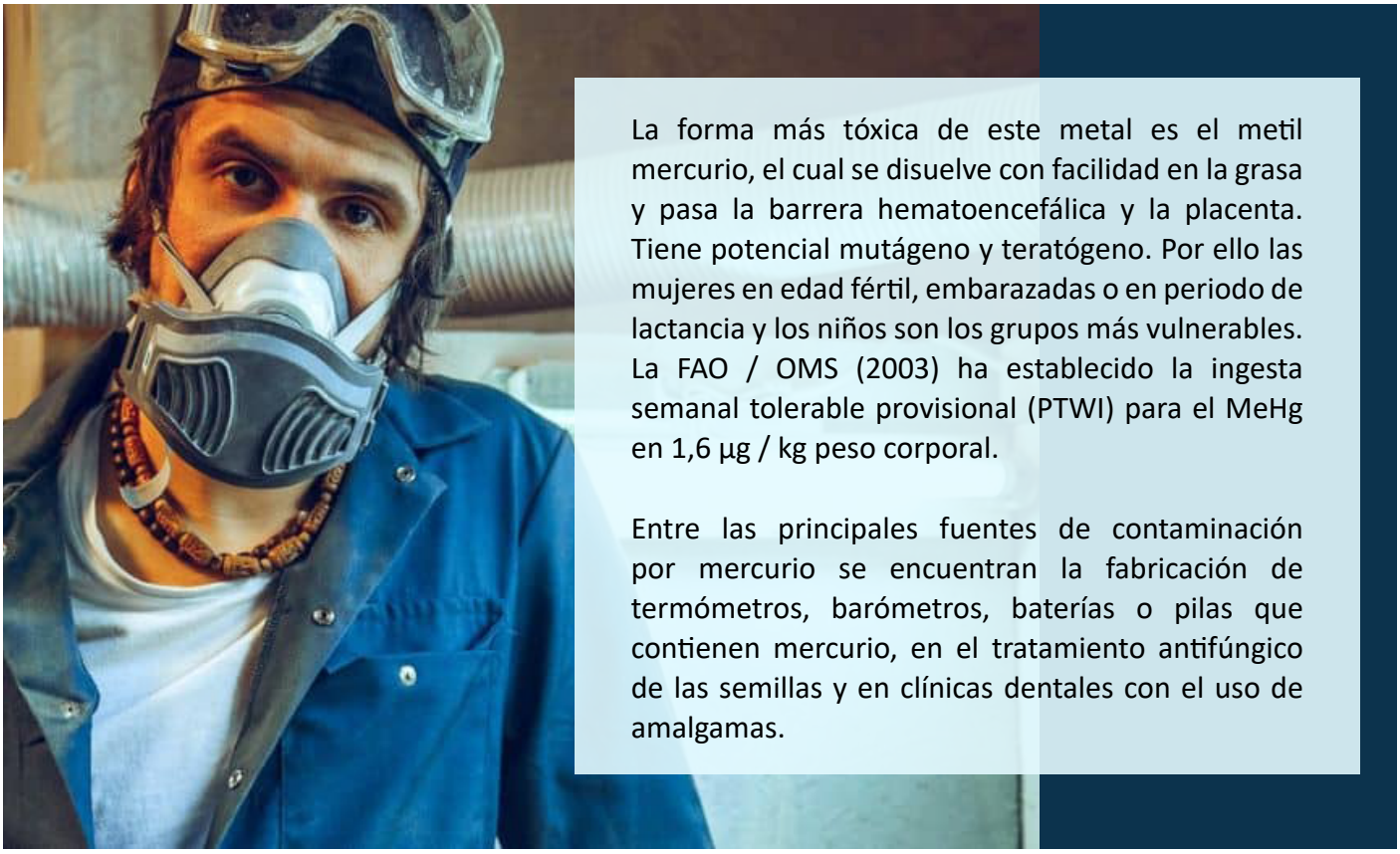
Fuente: SENA (2012)

Los efectos tóxicos del plomo son posibles no sólo por su amplia presencia ambiental, sino también en gran parte por su fácil solubilidad ya que se disuelven en ácidos débiles como el ácido carbónico y en otros ácidos orgánicos muy presentes en los alimentos como el ácido cítrico, málico, tartárico, ácidos grasos, entre otros.

Mercurio (Hg)

El mercurio en estado natural no es tóxico, pero sí lo son las diversas formas que puede adoptar naturalmente o como consecuencia de procesos industriales o de transformación.

Es uno de los metales que mayor número de intoxicaciones, de origen alimentario, ha ocasionado a lo largo de los años. El mercurio se absorbe casi completamente por vía pulmonar. Las sales de mercurio causan problemas de tipo cutáneo y en las mucosas.



La forma más tóxica de este metal es el metil mercurio, el cual se disuelve con facilidad en la grasa y pasa la barrera hematoencefálica y la placenta. Tiene potencial mutágeno y teratógeno. Por ello las mujeres en edad fértil, embarazadas o en periodo de lactancia y los niños son los grupos más vulnerables. La FAO / OMS (2003) ha establecido la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) para el MeHg en 1,6 µg / kg peso corporal.

Entre las principales fuentes de contaminación por mercurio se encuentran la fabricación de termómetros, barómetros, baterías o pilas que contienen mercurio, en el tratamiento antifúngico de las semillas y en clínicas dentales con el uso de amalgamas.

El mercurio como consecuencia de los vertidos industriales llega a las aguas continentales y marinas. Allí sufre un proceso de metilación biológica, dando productos como monometil y dimetil mercurio, que son captados por el plancton que sirve de alimento a los peces. Por esta razón, la primordial fuente de contaminación de mercurio en la alimentación son el pescado y los mariscos; los mayores contenidos se encuentran en los peces predadores. La principal fuente de contaminación de los alimentos, más del 90 %, corresponde al mercurio orgánico.

Una de las mayores preocupaciones de la toxicología alimentaria es el posible efecto derivado de la exposición a bajo nivel del mercurio. Por esta razón en diferentes países se establecen valores límites del contenido de mercurio en los alimentos, y más a los productos de pesca. De acuerdo con el comité de expertos de la FAO/OMS se establece un nivel de ingestión semanal tolerable provisional de 0,3 mg de mercurio total por persona, de los cuales, como máximo no debe superar los 0,2 mg en forma de metil mercurio.

Las características químicas del metilo mercurio, y en especial su liposolubilidad, permiten un movimiento fácil a través de las membranas biológicas, esencialmente de la digestiva, hematoencefálica y placentaria, siendo sus principales órganos diana, el hígado, el sistema nervioso y el riñón.

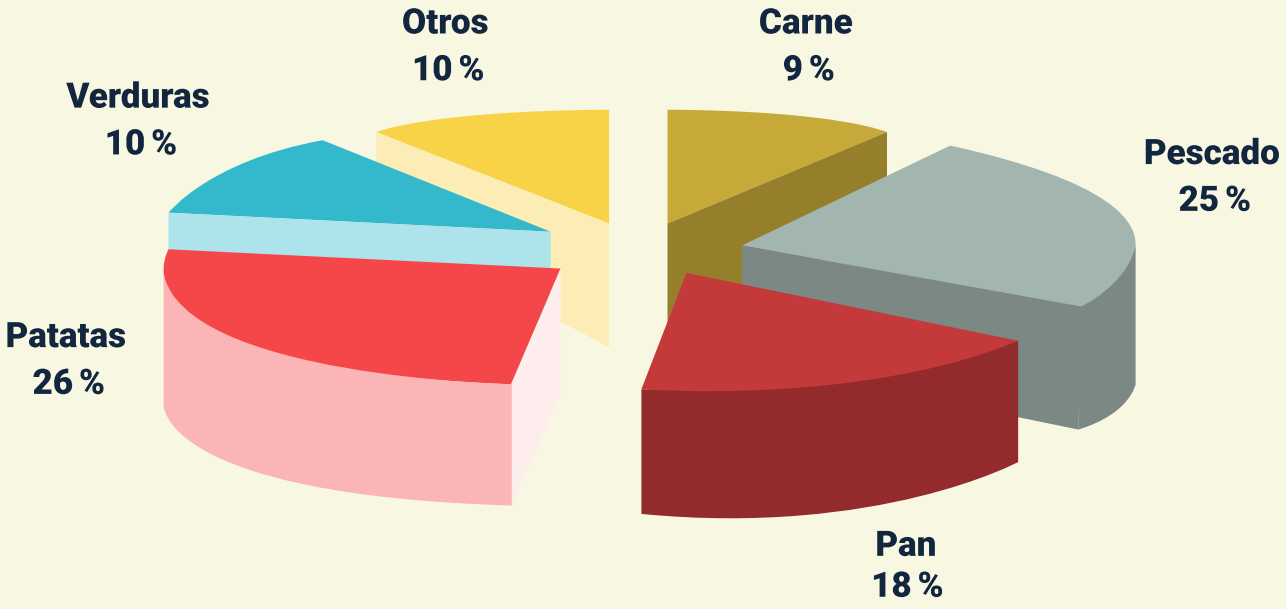
Cadmio (Cd)

Este elemento es utilizado principalmente como pigmento en la elaboración de pinturas, así como en el proceso de electrólisis para el recubrimiento de metales con cadmio. El cadmio se transfiere fácilmente del suelo a los vegetales y por ello es frecuente encontrarlo como impureza en vegetales cultivados en suelos fertilizados con importantes cantidades de fosfato.

El cadmio es acumulable, por lo cual es importante la ingesta crónica aun cuando sean cantidades mínimas, particularmente en el riñón, el cual es el órgano diana por excelencia, además de acumularse también en el hígado, páncreas y pulmón. La reserva más significativa de este contaminante reside en el barro del fondo de los ríos y los mares. El comité mixto de expertos de la FAO / OMS estableció como ingesta semanal tolerable provisional entre 400 - 500 µg / persona. La carne, pescado, frutas, verduras y cereales lo contienen como se presenta en la siguiente figura:



Figura 5
Aporte de cadmio a partir de los alimentos.



Fuente: SENA (2012)



Arsénico (As)

El arsénico está considerablemente distribuido en la naturaleza y está presente en el medio ambiente y en los seres vivos. Se puede encontrar en distintas formas químicas y estados de oxidación, lo que determina su toxicidad. Las principales fuentes de exposición al arsénico son la laboral, la alimentaria y la medicamentosa.

El arsénico no es un elemento esencial para el ser humano, claro que en animales de experimentación se ha comprobado que su carencia produce retraso del crecimiento, destrucción de eritrocitos, alteración del bazo con acumulación de hierro, pérdida de pelo, entre otras. Además, es un tóxico importante debido a su capacidad de acumularse en la cadena trófica, lo que implica un modelo potencial para la salud y los animales. La exposición aguda a altas dosis tiene efectos letales sobre los organismos y la exposición crónica a bajas dosis está asociada con problemas mutagénicos y carcinogénicos.

El nivel existente de arsénico en los alimentos es normalmente reducido, siendo el pescado que se halla en contacto con aguas donde se vierten residuos, el que más contribuye al aporte alimentario del metal. En ciertos animales marinos, especialmente en mariscos, el arsénico tiende a concentrarse en forma de arsenobetaína.

Otro alimento donde puede encontrarse es en las carnes. El comité de expertos de la FAO / OMS estimó como ingesta máxima diaria provisional para arsénico inorgánico el valor de 0,002 mg / kg de peso corporal.

Los compuestos del arsénico presentes en las fuentes marinas son formas inorgánicas metiladas que son menos tóxicas que las de tipo inorgánico. La absorción por vía oral representa un 95 %.

Selenio (Se)



De entre los diversos elementos nutricionales y esenciales, el selenio es el que provoca mayores efectos tóxicos. Se distribuye, al igual que ocurre con el arsénico, de una manera muy amplia, aunque hay zonas geográficas donde los suelos contienen mayor cantidad, y por tanto las plantas y los animales que lo captan están expuestos a un mayor riesgo toxicológico. Los cereales son capaces de captar el metal con mucha más avidez que los vegetales, lo que puede tener una gran importancia desde el punto de vista alimentario dado el consumo que se realiza de los mismos. En humanos, los efectos varían desde lesiones de tipo dérmico y gastrointestinal, a hepáticas y neurológicas.



Cobre (Cu)

Las sales de cobre, en particular el sulfato de cobre, son utilizadas como pesticidas (en los viñedos). A nivel industrial, el cobre también forma parte de una gran variedad de aleaciones con otros metales y es muy empleado en la industria eléctrica. Los peces son la especie más sensible y los mariscos son especialmente sensibles a la captación y acumulación de cobre, en especial las ostras.

Tabla 1
Toxicidad de los metales pesados.

Contaminante / tóxico	Nivel de seguridad toxicológico de referencia FAO / OMS	Posibles alimentos contaminados
As (inorgánico)	15 µg / kg peso corporal / semana.	Pan y cereales. Pescados y mariscos.
Cd	2,5 µg / kg peso corporal/semana.	Pan y cereales. Legumbres. Carne y derivados.
Hg	5 µg / kg peso corporal/semana.	Peces y mariscos.
Metil mercurio	1,6 µg / kg peso corporal/semana.	Peces y mariscos.
Pb	25 µg / kg peso corporal/semana.	Carne y derivados. Pan y cereales. Peces y mariscos. Leche. Frutas.
Cu	3,5 mg / kg peso corporal / semana.	Mariscos (ostras).

Referencia Tabla - Norma APA
Fuente: SENA

RADIONÚCLIDOS

Los radionúclidos son elementos radiactivos que se pueden derivar de dos formas:

A partir de los residuos radioactivos o radioemisores que proceden de las centrales nucleares por fugas radioactivas y contaminan los alimentos.

Por las fuentes de radioactividad de técnicas de conservación de alimentos. En este caso, se utilizan radiaciones electromagnéticas producidas por Co 60 y Cs 137, por lo que el producto resultante no tiene radioactividad. La mención de radiactividad es obligatoria en el etiquetado del alimento. (No hay que confundir este proceso con la irradiación).



Entre los radioelementos de interés se encuentran el rutenio, el yodo y el cesio.

Los radionúclidos se incorporan a los vegetales directamente por deposición y riego o indirectamente a través del sol; a los animales mediante la dieta y el agua. Aunque estos se encuentran en los alimentos a niveles muy bajos se deben considerar por sus efectos toxicológicos. Son cancerígenos, mutagénicos y teratógenos, tienen afinidad especial por órganos o tejidos y son acumulables, no tienen mecanismos de detoxificación, algunos tienen tiempos de vida media larga y esto hace que los efectos persistan a lo largo de la vida de las personas.

Cuando un ser vivo recibe una dosis de radiación, sus efectos biológicos dependerán de la dosis radioactiva, la naturaleza y tiempo de la radiación, y el mismo estado del organismo. Accidentes como el de Chernóbil, el recientemente de la central nuclear en Japón y el uso de armas atómicas (aunque únicamente sea como ensayo) contribuyen poderosamente a aumentar la presencia de radionúclidos en el medio ambiente.





Actividad 9

Hoy fortalecerás tus conocimientos sobre contaminantes tóxicos y seguridad alimentaria.
¡Confía en lo que has aprendido!

Instrucciones

Lee cada afirmación y escribe si es falsa o verdadera según la información estudiada.

Enunciado 1

Los metales pesados pueden acumularse en el organismo y generar efectos tóxicos a largo plazo.

☐ Verdadero
☐ Falso

Enunciado 2

El mercurio no representa riesgos para el sistema nervioso humano.

☐ Verdadero
☐ Falso

Enunciado 3

Los radionúclidos pueden ingresar a la cadena alimentaria a través del agua, el suelo y los cultivos.

☐ Verdadero
☐ Falso

Enunciado 4

El cadmio se elimina rápidamente del organismo y no se acumula en órganos internos.

☐ Verdadero
☐ Falso

Enunciado 5

Los radionúclidos pueden producir efectos cancerígenos, mutagénicos y teratógenos.

☐ Verdadero
☐ Falso

Cada tema que aprendes te ayuda a proteger tu salud y comprender mejor los riesgos invisibles de los alimentos.
¡Sigue avanzando con disciplina!

Respuestas: 1. Verdadero / 2. Falso / 3. Verdadero / 4. Verdadero / 5. Falso

2.6 RESIDUOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y GANADERA

Los plaguicidas son sustancias muy utilizadas en el mundo entero para el control de diferentes agentes, entre los que se encuentran: insectos, artrópodos, animales transmisores de enfermedades y hongos. En especies vegetales se usan para el control de insectos y malezas, y en la ganadería para controlar los parásitos; también se utilizan para eliminar roedores y mosquitos.

Estas sustancias en la actualidad son utilizadas tanto de forma industrial como en los hogares.



Los plaguicidas se pueden clasificar por el uso que se les da, su estructura química o su toxicidad. Están elaborados para cumplir diferentes funciones, las cuales varían según el grupo químico sobre el cual se desarrolla su estructura. Dentro de los principales tipos se destacan los inorgánicos, plaguicidas vegetales, organosintéticos y sintéticos, y organismos vivos. Entre los orgánicos de síntesis, a la cual pertenece la mayoría de los plaguicidas usados en la actualidad, se encuentran los organofosforados, los organoclorados, los carbamatos y las piretrinas y peritroides.

Los organoclorados son muy persistentes en el ambiente (agua y suelo) y tienen alta liposolubilidad, lo cual condiciona su almacenamiento en el tejido graso de los animales. Estos compuestos en la actualidad se usan muy poco, pero de estos, los más utilizados son los organofosforados, carbamatos y piretrinas sintéticas, ya que, debido a su menor persistencia en el medio ambiente, son potencialmente menos peligrosas para el consumidor, quedando ya atribuido su efecto tóxico a la manipulación por el fabricante, distribuidor y agricultor.







Tabla 2

Clasificación de los plaguicidas según su funcionalidad y estructura química

Funcionalidad	Estructura química
Insecticidas	Organoclorados
Fungicidas	Organofosforados
Herbicidas	Carbamatos
Acaricidas	Piretroides
Moluscosidas	Bromatos
Rodenticidas	Fenoxiacéticos
Algicidas	Bipiridilos
Biocidas	Triazinicos
Nematocidas	Fosfaminas
Ovocidas	Fenoles halogenados

Fuente: SENA (2012)



> “Al considerar el término plaguicida también se incluyen otros compuestos con finalidades diferentes a la liquidación de organismos como sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de la fruta, agentes para evitar la caída prematura de la fruta y sustancias aplicadas a los cultivos antes y después de la cosecha, para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte.”
>
> **- (FAO 1990).**



Desde el año 1945, los plaguicidas se han multiplicado por 45, pero debido a los nuevos controles de los últimos 15 años se ha tenido un mayor control para reducir su uso. El Codex Alimentarius, establecido por la FAO y la OMS en 2005, define los Límites Máximos de Residuos (LMR) para los principales plaguicidas permitidos en distintos cultivos. Estos límites establecen el nivel de seguridad toxicológica de cada plaguicida, garantizando que su uso en la agricultura no represente un riesgo para la salud humana. Según la OMS cada año hay 250.000 muertos debido a los plaguicidas. La mayoría de los países han establecido un LMR, pero el desconocimiento de efectos sinérgicos y antagónicos entre los diferentes plaguicidas y la exposición real a través de la dieta los convierte en muy peligrosos.



Dependiendo de su grado de peligrosidad los plaguicidas se pueden clasificar en: extremadamente, altamente, medianamente y ligeramente tóxicos si son de baja o alta peligrosidad. De acuerdo con su dosis letal 50 (DL50) se pueden clasificar en diferentes categorías toxicológicas como se aprecia a continuación:

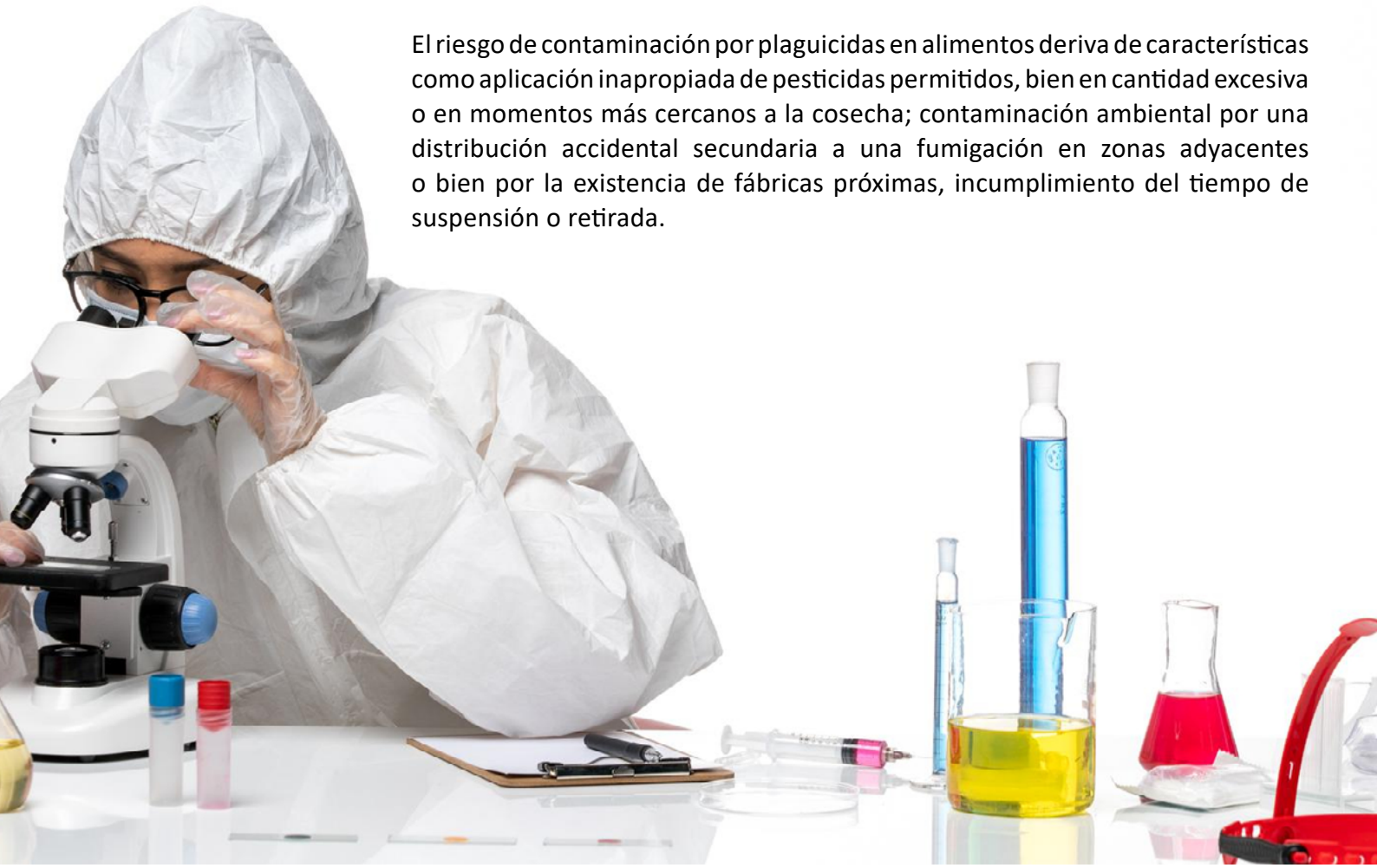
Tabla 3

Categoría toxicológica de los plaguicidas

Color etiqueta	Categoría toxicológica	Equivalencia clasificación OMS	Dl50 Oral en mg/ kg	Característica
Rojo	I	IA	< 50	Extremadamente tóxico.
Amarillo	II	IB	50 a 500	Altamente tóxico.
Azul	III	II	500 a 5000	Medianamente tóxico.
Azul	IV	III	< 5000	Ligeramente tóxico.

Referencia Tabla - Norma APA

Los plaguicidas son agentes tóxicos para los organismos vivos, incluyendo la especie humana. Son capaces de producir una respuesta tóxica aguda, normalmente secundaria a una intoxicación de tipo accidental (manipulación inadecuada, confusión de envases, entre otras) o suicida. No obstante, en toxicología alimentaria este tipo de respuesta suele ser relativamente excepcional ya que suelen ser residuos que permanecen en el alimento y que potencialmente pueden originar una intoxicación crónica.



El riesgo de contaminación por plaguicidas en alimentos deriva de características como aplicación inapropiada de pesticidas permitidos, bien en cantidad excesiva o en momentos más cercanos a la cosecha; contaminación ambiental por una distribución accidental secundaria a una fumigación en zonas adyacentes o bien por la existencia de fábricas próximas, incumplimiento del tiempo de suspensión o retirada.

ORGANOFOSFORADOS

Estos compuestos son ésteres del ácido fosfórico y de sus derivados, los cuales son potentes inhibidores de la acetilcolinesterasa y producen un bloqueo irreversible de esta enzima. Al inhibir esta enzima la cual es la encargada de degradar la acetilcolina, se produce un cúmulo de acetilcolina originándose grandes perturbaciones en la neutransmisión.



Son muy utilizados como insumos agrícolas, como plaguicidas en los hogares y para el control de agentes transmisores de enfermedades epidémicas. Son fácilmente hidrolizados, tienen escasa permanencia en el medio ambiente y escaso potencial de acumulación. Tienen efectos sobre los insectos, pero ninguna actividad sobre plantas. Muchos de ellos son altamente tóxicos para los humanos y especies no objetivas.

Los compuestos más conocidos son el malatión, diclorvós, metamidofós, clorpirifós, diazinón, escradán, fentión, demetón. De los nombres comerciales se encuentran: FOLIDOL® (metilparathion), ABATE® (tenefos), PARATHION 50® (parathion), NUVAN® (diclorvos), BAYGON® (propoxur).





ORGANOFOSFORADOS

Son compuestos que se caracterizan por tener moléculas orgánicas de cloro en su estructura química. Son los más persistentes dentro de los plaguicidas, muy estables en los diferentes ecosistemas, son bioacumulables y no son biodegradables.

Actúan inhibiendo la fosforilación oxidativa y, especialmente, las ATPasas de membrana, lo que origina una alteración en el transporte iónico a través de esta. En general son hepatonefrotóxicos (hepatitis y lesiones en el túbulo proximal) y algunos de ellos son cancerígenos, como por ejemplo el clordane, capaz de inducir una anemia aplásica.

Entra al organismo por todas las vías (oral, dérmica e inhalatoria), debido a su gran liposolubilidad se absorben con facilidad por la piel. Cuando son absorbidos se desplazan en todos los tejidos, almacenándose la mayor parte en el tejido graso, por lo cual se eliminan lentamente por orina después de que sufren varios procesos metabólicos a nivel hepático. Producen graves efectos neurotóxicos en el ser humano.

Los compuestos más representativos del grupo es el DDT el cual fue muy importante para controlar la malaria. Otros son: aldrín, dieldrín, lindano, heptacloro, clordano, toxafeno, endosulfán.

Actualmente, se restringe el uso de los organoclorados por su efecto nocivo sobre el medio ambiente, por su elevada persistencia y alto potencial de bioacumulación en la cadena alimentaria.

ORGANOFOSFORADOS

Son compuestos derivados del ácido carbámico. En general son plaguicidas no bioacumulables, poco persistentes en el ambiente y de mediana toxicidad para los humanos, que desaparecen rápidamente por hidrólisis y fotodegradación.



Actividad 10

Cada concepto que relacionas fortalece tu comprensión sobre seguridad alimentaria.
¡Tú puedes lograrlo!

Instrucciones

Une cada palabra de la columna A con la frase correcta de la columna B escribiendo el número correspondiente.



COLUMNA A		COLUMNA B	
1	Organoclorados	A	Sustancias que inhiben la acetilcolinesterasa y alteran la transmisión nerviosa.
2	Organofosforados	B	Compuestos que permanecen por largo tiempo en el ambiente y se bioacumulan.
3	LMR	C	Cantidad máxima permitida de residuos de plaguicidas en alimentos.

Comprender los riesgos químicos en los alimentos te permite actuar con mayor responsabilidad y prevención.
¡Sigue aprendiendo!

Respuestas: 1D / 2A / 3C

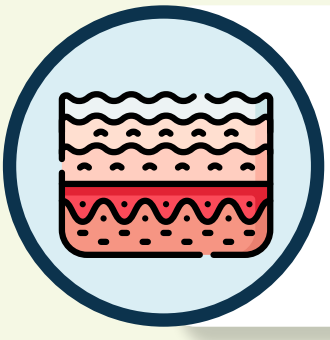
2.7 RESIDUOS DE PRODUCTOS FARMACOLÓGICOS

Se define como sustancias que permanecen en productos alimenticios a partir de animales tratados farmacológicamente.



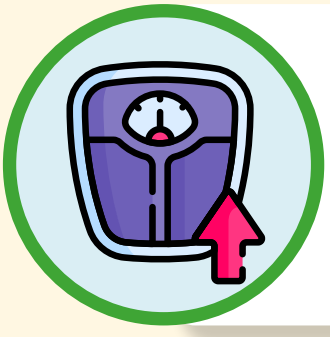
1. Terapéuticos:

especialmente cuando el animal es tratado antes del sacrificio.



2. Profiláctico o preventivo:

con lo cual no debe haber residuos en el animal, ya que se trata de dosis subterapéuticas.



3. Promoción del crecimiento:

con el fin de aumentar la ganancia de peso/ día.

En general las concentraciones que suelen encontrarse en las diversas muestras (orina, heces, leche, huevos, despojos), serán muy bajas o incluso nulas siempre que se hayan empleado las dosis terapéuticas, igualmente dependerá del tipo de medicamentos veterinarios a emplear, si su utilización es limitada el riesgo disminuye de forma notable, mientras que cuando se hace un uso notable a gran escala, el riesgo aumenta. Sin embargo, el problema esencial radica en la estimación del riesgo, ya que la sintomatología en la especie humana a altas dosis no es de ninguna forma extrapolable a las que pueden aparecer derivadas de pequeñas dosis existentes en los alimentos.





En los datos que apuntan hacia un peligro limitado en el caso de residuos en medicamentos se tiene:

ANTIBIÓTICOS

Son sustancias ampliamente utilizadas en medicina veterinaria para la profilaxis y tratamiento de enfermedades infecciosas. Entre los grupos más importantes se encuentran los aminoglucósidos, beta-lactámicos, macrólidospéptidos, sulfonamidas, tetraciclinas, cloranfenicol, entre otras. Se pueden usar o como antibacterianos o bien como promotores del crecimiento.

Los peligros derivados del uso como antibacterianos son poco probables debido a que se emplean normalmente a dosis bajas. Pero se pueden derivar efectos alergénicos, sobre todo por el uso de penicilinas y tetraciclinas en aquellos casos en que exista una sensibilización previa. Sin duda alguna, en el caso de las penicilinas el riesgo mayor deriva de la posibilidad que se desencadenen reacciones anafilácticas agudas que, aunque su incidencia es extremadamente baja, conllevan una extraordinaria gravedad.

El mecanismo de acción de los antibióticos que actúan como promotores del crecimiento lo hacen en dos vías: por una parte, son modificadores de la digestión del rumen, originando una disminución de la producción de ácido butírico, acético y de metano. Además, de un aumento de la producción de ácido propiónico, lo que determina una mayor disponibilidad energética y un aumento en la síntesis de glucosa por el hígado. Por otra parte, son ionóforos, es decir que condicionan un aumento en la presión osmótica con la posterior entrada de agua en la célula bacteriana, lo que determina una alteración en la estructura celular, destruyendo la pared intestinal y limitando la absorción de nutrientes.

Es posible que bajas dosis de antibióticos procedentes de residuos de alimentos, puedan alterar la bioresistencia en la flora natural humana como consecuencia de mutaciones espontáneas. Por otra parte, el antibiótico selecciona los organismos portadores de plásmidos que aportan la resistencia frente a él siendo susceptibles de transferir su antibiorresistencia a gérmenes patógenos para el hombre.

BETAANTAGONISTAS

También llamados anabolizantes no esteroideos. Son sustancias con estructura química y propiedades biológicas similares a las catecolaminas. Poseen un uso terapéutico como broncodilatadores en afecciones broncopulmonares y el broncoespasmo asociado a alergia e infección. Sin embargo, se han utilizado clandestinamente como promotores del crecimiento debido a su actividad repartidora, que aumenta la masa muscular (~ 15 %) disminuyendo el tejido graso (~ 18 %).



Tal parece que actúan reduciendo la descomposición de proteínas y estimulando la lipólisis. Así es posible obtener carnes magras con alto rendimiento, y con mayor eficiencia entre la relación crecimiento/dosis de pienso, pero el inconveniente es que son carnes más duras. Las dosis empleadas para conseguir estos efectos son bastante pequeñas, por lo que el riesgo derivado de residuos disminuye normalmente de forma notable. El más conocido de los betaantagonistas es el clembuterol. Otros son el cimaterol, salbutamol, ractopamina y mabuterol.

Entre las contraindicaciones encontradas del uso del clembuterol están cardiopatías e historias de arritmias, insuficiencia coronaria, hipertensión arterial, glaucoma, hipertiroidismo y diabetes.



ANTITIROIDEOS O TIREOSTÁTICOS

Son sustancias que rebajan el metabolismo basal por alteraciones de la síntesis, secreción o acción periférica de la hormona tiroides. Su uso se recomienda en los casos de hiperfunción tiroides, sin embargo, también se emplean de forma clandestina para aumentar la ganancia de peso en la deposición de grasa. Las consecuencias de su uso pueden derivarse en dos:



Problemas sanitarios como el bocio, lo cual es prácticamente nulo ya que estas sustancias son fácilmente metabolizables y se degradan con el cocinado.



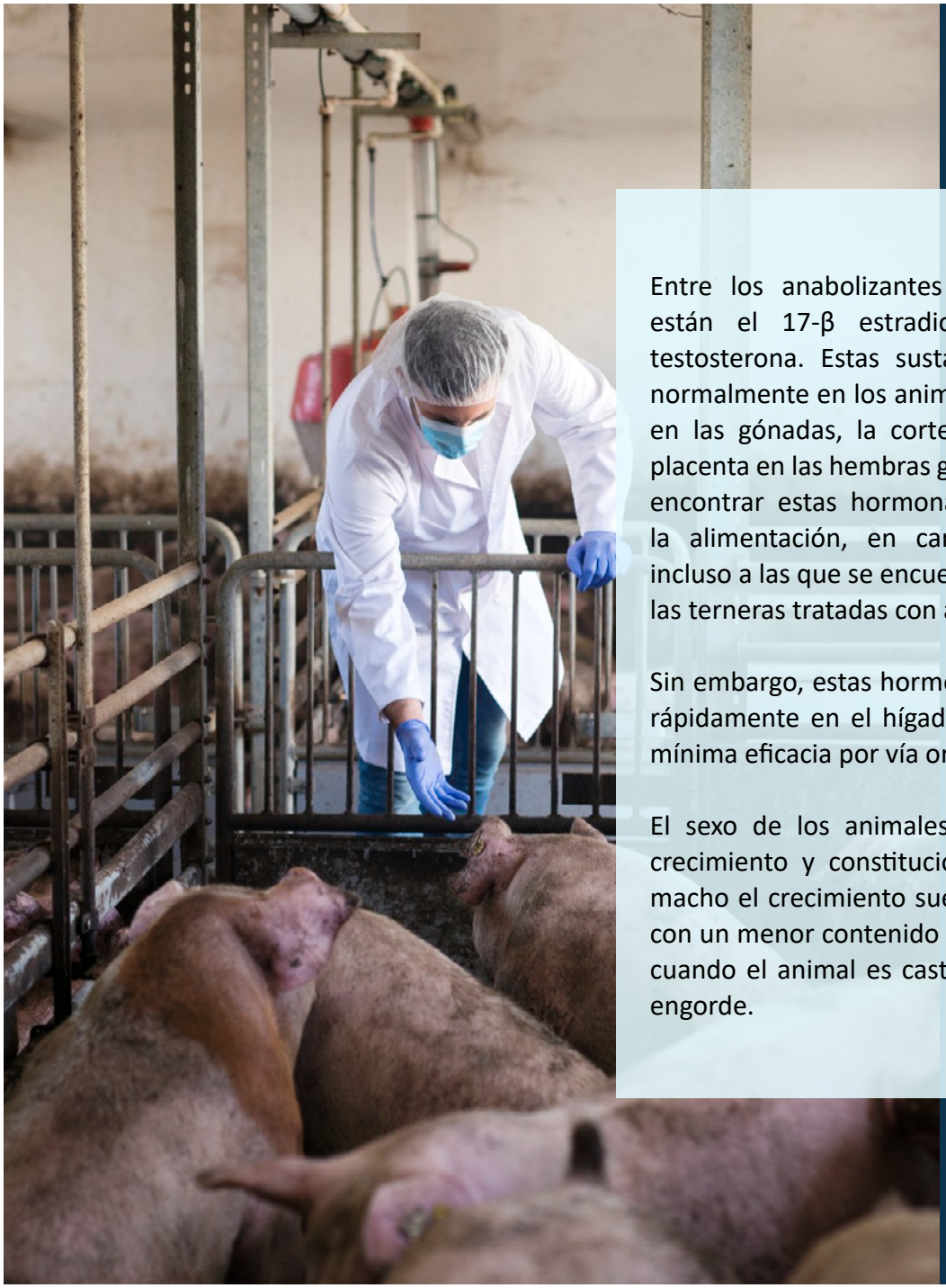
Representan un fraude económico debido a la gran exudación de agua, lo que hace que la carne se encoja mucho al cocinarla y el sabor y textura son alterados. En general, estos compuestos pueden originar potencialmente efectos tóxicos a largo plazo.

TRANQUILIZADORES

Estas sustancias que se utilizan para evitar que el animal se estrese al ser transportado y disminuye la calidad de la carne antes de ser sacrificado. Se emplean así fenotiaacinas, butirofenonas, benzodiacepinas, dibenzoxazepinas, entre otras, que suelen eliminarse de forma completa en un período que oscila entre uno y siete días.

ANABOLIZANTES O PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

Son sustancias que favorecen la síntesis proteica en la producción de carne. Tienen una eficacia a nivel zootécnico, las cuales aumentan la tasa de crecimiento entre 5 - 20 %. Se clasifican en anabolizantes naturales y de síntesis.



Entre los anabolizantes de origen natural están el 17-β estradiol, progesterona y testosterona. Estas sustancias se sintetizan normalmente en los animales y en el hombre en las gónadas, la corteza suprarrenal y la placenta en las hembras gestantes. Se pueden encontrar estas hormonas regularmente en la alimentación, en cantidades superiores incluso a las que se encuentran en la carne de las terneras tratadas con anabolizantes.

Sin embargo, estas hormonas se metabolizan rápidamente en el hígado, lo que explica su mínima eficacia por vía oral.

El sexo de los animales afecta su tasa de crecimiento y constitución física. Así, en el macho el crecimiento suele ser más rápido y con un menor contenido de grasa; de ahí que cuando el animal es castrado se produce un engorde.



Entre los anabolizantes de síntesis o exógenos se encuentran los estilbenos tipo DES, acetato de trenbolona (TBA) y zeranol. Son muy activos por vía oral y tienen la mayor actividad anabolizante. La acción cancerígena de acuerdo a los antecedentes históricos del DES y estilbenos en general (desarrollo de adenocarcinoma vaginal en chicas procedentes de madres tratadas) ha determinado su prohibición como promotores del crecimiento. Parece ser que actúan como moléculas epigenéticas o promotoras, no obstante, la acción se manifiesta a dosis muy distantes de las existentes en los residuos.

Las dificultades de utilización derivan esencialmente de problemas de seguridad y de la eventual toxicidad de sus residuos en las carnes de los animales tratados. Los cuales pueden ser de dos tipos: efectos hormonales secundarios y efectos cancerígenos.



De todo lo anterior se puede decir que los riesgos derivados de la presencia de residuos de medicamentos en alimentos no representan un problema de toxicidad aguda, sino más bien efectos acumulativos a largo plazo, destacando los posibles efectos teratógenicos, mutágenos y cancerígenos. Sin embargo, otro aspecto a tener en cuenta serán las posibles consecuencias que se ejerzan sobre niños, ancianos o bien personas con deficiente estado de salud.



Actividad 11

Relaciona cada definición con la respuesta correcta y fortalece tus conocimientos sobre seguridad alimentaria.

Instrucciones

Escribe el número de la columna B que corresponde a cada definición de la columna A.



COLUMNA A – DEFINICIONES	COLUMNA B – RESPUESTAS
1 Sustancias utilizadas para tratar o prevenir enfermedades infecciosas en animales.	**A** Benzopireno
2 Consecuencia que puede producir el uso continuo de residuos de antibióticos en los alimentos.	**B** Pirólisis
3 Sustancias utilizadas para aumentar la producción de carne.	**C** Aminas heterocíclicas

¡Excelente trabajo!

Cada concepto que comprendes te acerca a una producción alimentaria más segura y responsable.

Sigue avanzando con confianza.

Respuestas:

1 → Antibióticos

2 → Resistencia bacteriana

3 → Anabolizantes

G GLOSARIO

TOXICOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

- **Absorción:** proceso mediante el cual una sustancia química ingresa al organismo a través de membranas biológicas como piel, tracto digestivo o vías respiratorias.

- **Acrilamida:** compuesto químico potencialmente cancerígeno que se forma en alimentos ricos en carbohidratos sometidos a altas temperaturas.

- **Aflatoxinas:** micotoxinas producidas por hongos del género Aspergillus, asociadas a efectos carcinogénicos y hepatotóxicos.

- **Antibióticos:** sustancias utilizadas para eliminar o inhibir microorganismos, cuyos residuos en alimentos pueden generar efectos adversos y resistencia bacteriana.

- **Antinutrientes:** compuestos presentes en los alimentos que interfieren en la absorción o aprovechamiento de nutrientes.

- **Bioacumulación:** proceso por el cual sustancias tóxicas se almacenan progresivamente en los tejidos de un organismo.

- **Biodisponibilidad:** proporción de una sustancia que es absorbida y utilizada por el organismo.

- **Carcinogenicidad:** capacidad de una sustancia para inducir la formación de cáncer.

- **Contaminación alimentaria:** presencia de agentes físicos, químicos o biológicos en los alimentos que pueden afectar la salud.

- **Dioxinas:** compuestos químicos altamente tóxicos y persistentes que se generan como subproductos de procesos industriales y de combustión.

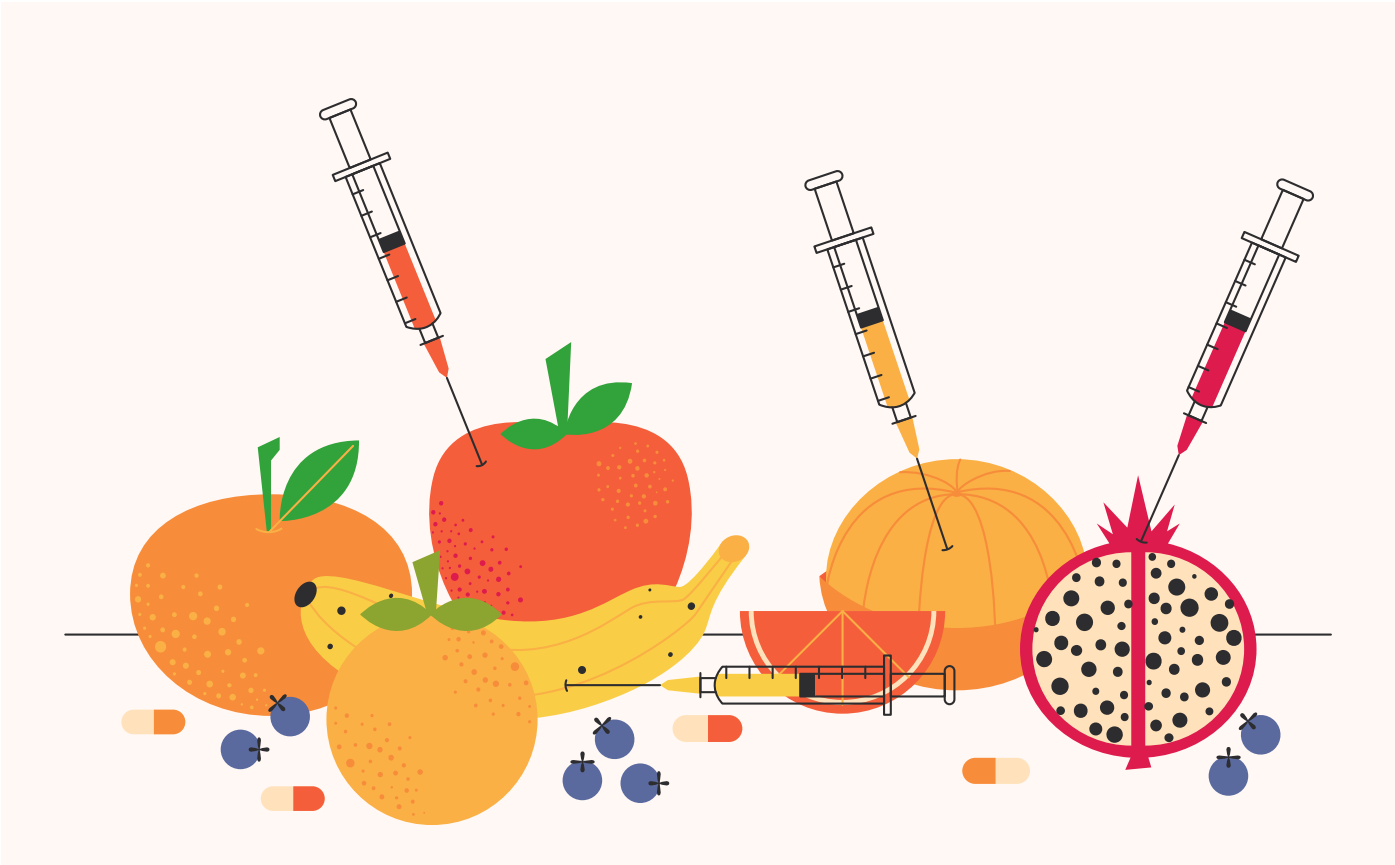


- **DL50 (Dosis Letal 50):** cantidad de una sustancia que provoca la muerte del 50 % de una población experimental.
- **Exposición:** contacto de un organismo con una sustancia tóxica por diferentes vías.
- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP):** compuestos formados durante la combustión incompleta de materia orgánica, con potencial cancerígeno.
- **IDA (Ingesta Diaria Admisible):** cantidad de una sustancia que puede consumirse diariamente durante toda la vida sin riesgo apreciable para la salud.
- **Intoxicación alimentaria:** alteración de la salud causada por la ingestión de alimentos contaminados con toxinas o agentes nocivos.
- **LMR (Límite Máximo de Residuos):** concentración máxima permitida de una sustancia química en alimentos.
- **Metales pesados:** elementos químicos como plomo, mercurio o cadmio que pueden causar efectos tóxicos incluso a bajas concentraciones.
- **Micotoxinas:** sustancias tóxicas producidas por hongos que contaminan alimentos.
- **Mutagenicidad:** capacidad de una sustancia para provocar cambios en el material genético.
- **NOEL (Nivel sin efecto observado):** mayor concentración de una sustancia que no produce efectos adversos detectables en estudios experimentales.
- **Nitrosaminas:** compuestos químicos cancerígenos formados en alimentos procesados, especialmente en productos curados.
- **Plaguicidas:** sustancias utilizadas para controlar organismos nocivos en la producción agrícola y ganadera.
- **Radionúclidos:** elementos radiactivos que pueden contaminar alimentos y generar efectos mutagénicos y cancerígenos.
- **Residuos farmacológicos:** restos de medicamentos veterinarios presentes en alimentos de origen animal.
- **Toxicidad:** capacidad de una sustancia para causar daño en un organismo vivo.
- **Toxicología:** ciencia que estudia los efectos adversos de sustancias químicas sobre los organismos.
- **Toxina:** sustancia venenosa producida por organismos vivos como bacterias, hongos o plantas.
- **Vía de exposición:** ruta por la cual una sustancia tóxica entra al organismo (oral, dérmica o inhalatoria).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TOXICOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

- Cardona, F. (s.f.). *Actividad del agua en alimentos: concepto, medidas y aplicaciones.* https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/610cba34-0d71-44fd-8ed4-e57f938840ea/content
- Derache, R. (1990). *Toxicología y seguridad de los alimentos.* Barcelona: Omega.
- Escriche. (2006). *Aminas biógenas*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Escriche. (2006). *Gestión del autocontrol en la industria agroalimentaria.* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Foerster, A. v. (2012). *Alimento y conciencia.*
- Lindner, E. (1995). *Toxicología de los alimentos* (2a ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Paracelso. (1943-1541). *La toxicología.*
- Revista Scielo. (2010). *Cómo reducir las acrilamidas en alimentos a preparar.*
- SENA, FAO, Café Quindío, Infoagro, Albiz, Blog Salud Siglo XXI, Ciudad Atómica. (s.f.). *Imágenes web.*
- Shibatomo, T. (1996). *Introducción a la toxicología.* Zaragoza, España: Acribia.
- Shibatomo, T., & Arroyo, M. F. (1996). *Sustancias antinutritivas en alimentos de origen vegetal: su significado en la alimentación humana.* Madrid: Alimentaria.







BITÁCORA DE ACTIVIDADES

TOXICOLOGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA DE APRENDIZAJE



Denominación del programa de formación:

Toxicología y seguridad alimentaria.

Competencia:

Técnica:

- Manipular alimentos de acuerdo con procedimiento técnico y normativa de alimentos.

Resultados de aprendizaje a alcanzar:

Técnicas:

- Comprender los conceptos de la toxicología y cómo se realiza la determinación tóxica en los alimentos, a partir de estudios experimentales en los cuales se obtienen los índices de toxicidad.
- Comprender las enfermedades trasmitidas por los alimentos que se producen por las toxinas generadas por bacterias, virus y hongos.
- Reconocer las sustancias tóxicas (Hidrocarburos Aromáticas, Policíclicos, Aminas Heterocíclicas), derivadas del proceso de preparación y almacenamiento de los alimentos.
- Reconocer los conceptos fundamentales sobre sustancias procedentes de la contaminación ambiental en los alimentos.

2. PRESENTACIÓN



Estimado aprendiz, el SENA le extiende una cordial bienvenida al estudio de esta guía de aprendizaje. Tras revisar la cartilla impresa y/o digital y escuchar los pódcast y/o el programa radial, lo invitamos a desarrollar las actividades de afianzamiento y las actividades de la bitácora, donde podrá aplicar lo aprendido en su programa de formación.

Para completar las actividades de esta guía, contará con el acompañamiento continuo del instructor asignado, quien le proporcionará las pautas necesarias y las herramientas conceptuales y metodológicas esenciales para el logro de los objetivos de aprendizaje.

3. FORMULACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE



En este apartado se describen las actividades de aprendizaje incluidas en la bitácora del programa **“Toxicología y seguridad alimentaria”**. En la primera sección de la bitácora, le invitamos a completar sus datos personales, los cuales son importantes la entrega de las evidencias al instructor facilitador. Deberá realizar cada una de las actividades propuestas y recortar el apartado Bitácora de actividades y entregarla a su instructor.



3.1. Actividad de aprendizaje Video: “Guardianes de los Alimentos Seguros”

En esta actividad grabarás un video corto donde demostrarás de forma práctica la importancia de las buenas prácticas en el manejo de plaguicidas y la prevención de la contaminación de los alimentos. Mediante ejemplos de tu entorno rural, identificarás situaciones que pueden generar riesgos toxicológicos y explicarás las medidas que contribuyen a garantizar alimentos más seguros para el consumo. Esta experiencia te permitirá relacionar los conceptos estudiados con la realidad del campo, fortaleciendo tu compromiso con la salud pública, la producción responsable y la seguridad alimentaria.

3.2. Actividad de aprendizaje Estudio de caso: “Detectives de los Riesgos Ocultos en los Alimentos”

En esta actividad analizarás una situación práctica relacionada con la presencia de residuos de plaguicidas en alimentos de origen agrícola o ganadero. A partir del caso planteado, identificarás factores de riesgo asociados al uso inadecuado de estas sustancias, reconocerás sus posibles efectos sobre la salud humana y aplicarás los conceptos de toxicología alimentaria para proponer acciones preventivas. Este ejercicio te permitirá fortalecer tu capacidad de análisis y toma de decisiones frente a situaciones reales que pueden afectar la inocuidad y calidad de los alimentos.

3.3. Actividad de aprendizaje Audio: “La Parcela que Protegió la Salud”

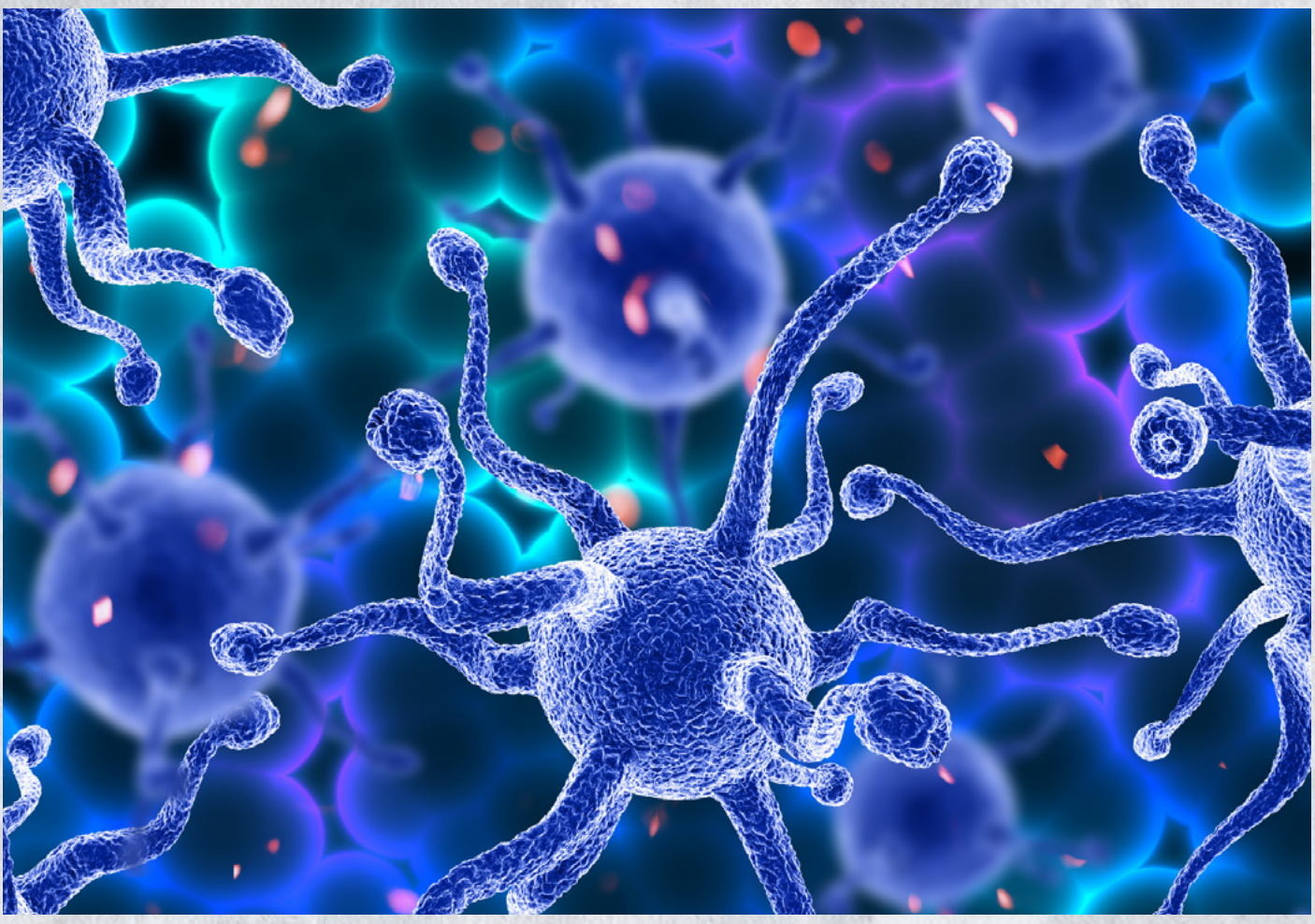
En esta actividad elaborarás un audio narrativo en forma de cuento donde representarás una situación relacionada con el uso de plaguicidas y la presencia de residuos químicos en la producción agrícola o ganadera. A través de una historia ambientada en tu contexto rural, explicarás cómo las prácticas de manejo pueden influir en la seguridad alimentaria, los riesgos para la salud y la importancia de aplicar medidas preventivas. Tu creatividad y capacidad para integrar los conceptos técnicos estudiados permitirán evidenciar la comprensión de temas como toxicidad, residuos de plaguicidas, límites máximos de residuos y buenas prácticas de producción.

4. FORMULACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE AFIANZAMIENTO

Al finalizar cada tema, en la cartilla digital o impresa encontrarás una Actividad de Afianzamiento diseñada para aplicar y consolidar los conocimientos adquiridos sobre toxicología y seguridad alimentaria.

Estas actividades no son calificables, pero te permitirán fortalecer la comprensión técnica sobre los fenómenos tóxicos en los alimentos, las enfermedades transmitidas por bacterias, virus y hongos, los residuos de plaguicidas y medicamentos veterinarios, la contaminación ambiental, los metales pesados y las medidas de prevención necesarias para garantizar la inocuidad alimentaria. De esta manera, desarrollarás una visión crítica y responsable frente a los riesgos que pueden afectar la salud humana y la seguridad de los alimentos a lo largo de toda la cadena productiva.







ACTIVIDADES

A continuación, lo invitamos a aplicar lo aprendido en el programa de formación. Primero, te invitamos a completar los siguientes datos, los cuales son importantes en el momento de la entrega de las actividades a tu instructor:

Nombres y apellidos: _____
Cédula: _____
Celular: _____
Correo electrónico: _____
Municipio: _____

Luego realiza cada una de las actividades y en las que lo requieran, recorta la hoja correspondiente para entregarla a tu instructor.

1. VIDEO: “GUARDIANES DE LOS ALIMENTOS SEGUROS”

¡Tú puedes lograrlo!
Observa tu entorno rural y demuestra cómo los conocimientos adquiridos pueden aplicarse para prevenir enfermedades transmitidas por los alimentos.



Instrucciones:

Elabora un video de máximo 4 minutos donde expliques y evidencies de manera práctica cómo los microorganismos pueden contaminar los alimentos y qué acciones permiten prevenir riesgos para la salud.

En tu video debes desarrollar los siguientes pasos:

Paso 1. Presenta una situación de tu entorno
Muestra un alimento, cultivo, animal de granja, cocina rural o espacio de almacenamiento de alimentos.

Paso 2. Explica el riesgo de contaminación
Describe cómo bacterias, virus u hongos podrían llegar a los alimentos.

Paso 3. Relaciona el riesgo con una enfermedad alimentaria
Menciona al menos un microorganismo estudiado y el problema que puede ocasionar.

Paso 4. Demuestra una acción preventiva
Realiza una práctica sencilla que ayude a evitar la contaminación.

Paso 5. Comparte tu reflexión final
Explica por qué la seguridad alimentaria es importante para tu familia, comunidad o actividad productiva.

Paso 6. Entrega final
Sigue las indicaciones dadas por el instructor para realizar la entrega del producto final.

Recomendaciones

- Habla con claridad y utiliza ejemplos de tu contexto rural.
- Puedes apoyarte en alimentos, utensilios, animales, cultivos o espacios de tu finca o comunidad.
- No es necesario realizar una edición profesional; lo importante es evidenciar la comprensión y aplicación del tema.

¡Excelente trabajo!

Cada acción preventiva que aplicas en tu entorno contribuye a proteger la salud de tu familia y fortalecer la seguridad alimentaria de tu comunidad.

2. ESTUDIO DE CASO: “DETECTIVES DE LOS RIESGOS OCULTOS EN LOS ALIMENTOS”

¡Tu conocimiento puede proteger la salud de muchas personas!

Analiza una situación real de tu entorno y descubre cómo una práctica cotidiana de preparación de alimentos puede generar riesgos para la salud.

Instrucciones

Lee atentamente el siguiente caso y responde las preguntas propuestas. Utiliza los conocimientos adquiridos sobre sustancias tóxicas derivadas de la preparación y almacenamiento de los alimentos.



Estudio de caso

En una vereda, durante la celebración de una feria campesina, una familia preparó grandes cantidades de carne a la brasa para vender a los asistentes. Para acelerar el proceso, mantuvieron el fuego muy intenso durante varias horas. Algunas piezas quedaron con zonas ennegrecidas y carbonizadas.

Al finalizar la jornada, los organizadores observaron que este método de preparación era muy frecuente en la comunidad, ya que se considera que la carne más tostada tiene mejor sabor. Sin embargo, un técnico agroalimentario les explicó que las altas temperaturas y la combustión incompleta pueden favorecer la formación de sustancias potencialmente tóxicas para la salud.

Paso a paso para desarrollar la actividad

Paso 1. Identifica el problema principal.
Explica cuál es la práctica realizada por la familia que puede representar un riesgo para la salud.

Paso 2. Relaciona el caso con el contenido estudiado.
Menciona qué sustancias tóxicas pueden formarse durante este proceso de cocción.

Paso 3. Analiza los factores de riesgo.
Describe cuáles condiciones favorecieron la formación de estas sustancias.

Paso 4. Propón acciones de mejora.
Indica al menos tres recomendaciones para reducir la formación de sustancias tóxicas durante la preparación de alimentos.

Paso 5. Reflexiona desde tu contexto rural.
Explica cómo aplicarías estas recomendaciones en tu hogar, finca o comunidad para promover una alimentación más segura.

Paso 6. Entrega final
Sigue las indicaciones dadas por el instructor para realizar la entrega del producto final.

¡Excelente trabajo!

Cada decisión que tomas al preparar los alimentos puede marcar la diferencia entre un riesgo y una oportunidad para proteger la salud de tu familia y comunidad.



3. AUDIO: “LA PARCELA QUE PROTEGIÓ LA SALUD”

Tu voz puede contar historias que enseñan y protegen la salud de tu comunidad rural.
¡Anímate a narrar con creatividad!

Instrucciones

Elabora un audio narrativo, en forma de cuento, donde expliques de manera práctica cómo el uso inadecuado de plaguicidas en la producción agrícola o ganadera puede dejar residuos en los alimentos y generar riesgos para la salud.
Tu audio debe tener una duración máxima de 4 minutos y estar relacionado con una situación del campo, la finca, la huerta, el cultivo o la producción animal.



Paso a paso para desarrollar la actividad

Paso 1. Crea el lugar de tu historia
Ubica tu cuento en un contexto rural cercano a tu realidad.
Paso 2. Presenta el problema
Narra una situación donde se utilicen plaguicidas de manera incorrecta, como aplicarlos en exceso, usarlos muy cerca de la cosecha o no respetar los tiempos de retiro.
Paso 3. Explica el riesgo toxicológico
Incluye en tu narración que los plaguicidas pueden dejar residuos en los alimentos y causar intoxicaciones agudas o efectos crónicos cuando se consumen de manera frecuente.
Paso 4. Menciona una medida de control
Explica que existen Límites Máximos de Residuos, conocidos como LMR, y que respetar las dosis, los tiempos de aplicación y las buenas prácticas ayuda a proteger la salud.
Paso 5. Cierra con una enseñanza
Finaliza el cuento con una reflexión sobre la importancia de producir alimentos seguros en el campo.
Paso 6. Entrega final
Sigue las indicaciones dadas por el instructor para realizar la entrega del producto final.

Recomendaciones para tu audio

Habla con claridad, utiliza un tono narrativo y menciona ejemplos propios de tu entorno rural. Puedes incluir sonidos del campo, animales, agua, viento o herramientas para hacer tu cuento más real y creativo. Cada historia que cuentas puede sembrar conciencia y prevención.
¡Tu aprendizaje también protege el campo y la salud de todos!

En el siguiente cuaderno de notas, encontrarás unas páginas en blanco, las cuales puedes utilizar para escribir los aspectos o datos que consideres más importantes mientras estudias cada uno de los temas.

Bitácora de actividades





La toxicología alimentaria estudia los efectos de sustancias tóxicas en los alimentos, su determinación mediante índices como NOEL, IDA y LMR, y su relación con enfermedades, contaminación y procesos de producción que impactan la seguridad alimentaria.

En este programa te vas a encontrar con temas clave que estructuran tu aprendizaje:

- Comprensión del fenómeno tóxico en el organismo, donde identificarás cómo una sustancia puede generar daño dependiendo de su concentración y tiempo de exposición.
- Fundamentos de la toxicología general, que te permitirán entender cómo se clasifican, estudian y analizan las sustancias tóxicas.
- Determinación de tóxicos en los alimentos, abordando métodos y criterios que permiten identificar contaminantes presentes en lo que consumimos.
- Interpretación de índices toxicológicos como NOEL, IDA y LMR, fundamentales para establecer niveles seguros y regular el consumo de sustancias en alimentos.