

Antinutrientes y toxicidad alimentaria

Breve descripción:

Este componente es sobre los conceptos fundamentales de la toxicología general y las principales características del fenómeno tóxico en el organismo. Adicionalmente, explicar la sintomatología de algunas enfermedades generadas por intoxicaciones alimentarias, las cuales son desencadenadas por microorganismos como bacterias, virus y hongos.

Octubre 2024

Tabla de contenido

Introducción	1
1. Antinutrientes.....	2
1.1. Toxicología	3
1.2. Determinación de los tóxicos en los alimentos	8
1.3. Fenómeno tóxico.....	10
1.4. Tóxicos endógenos y exógenos de los alimentos.....	14
1.5. Sustancias antinutricionales	17
2. Toxicidad alimentaria por bacterias, virus y hongos.....	25
2.1. La importancia de los microorganismos	26
2.2. Microbiota inicial de los alimentos	31
2.3. Las enterobacterias y los alimentos.....	34
3. La contaminación vírica en alimentos y agua	38
3.1. Reservorio de los microorganismos patogénicos	38
3.2. Virus	40
3.3. Virus entéricos en humanos	40
4. Sustancias tóxicas de origen fúngico (hongos)	44
4.1. Micotoxinas.....	45
4.2. Aflatoxinas.....	46

4.3. Ocratoxinas.....	47
4.4. Nefrotóxicos	47
4.5. Toxinas del fusarium (tricotecenos)	48
4.6. Toxina de Claviceps Claviceps purpurea (cornezuelos del centeno - cuerno de centeno)	50
4.7. Otras micotoxinas.....	51
Síntesis	52
Referencias bibliográficas	54
Créditos	55

Introducción

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.

Video 1. Antinutrientes y toxicidad alimentaria



[Enlace de reproducción del video](#)

Síntesis del 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.

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)

1.1. Toxicología

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 sólo la dosis, como observó Paracelso (1543-1541) “todas las sustancias son venenosas; no hay ninguna que no sea tóxica. La dosis es lo que diferencia al veneno del remedio”.

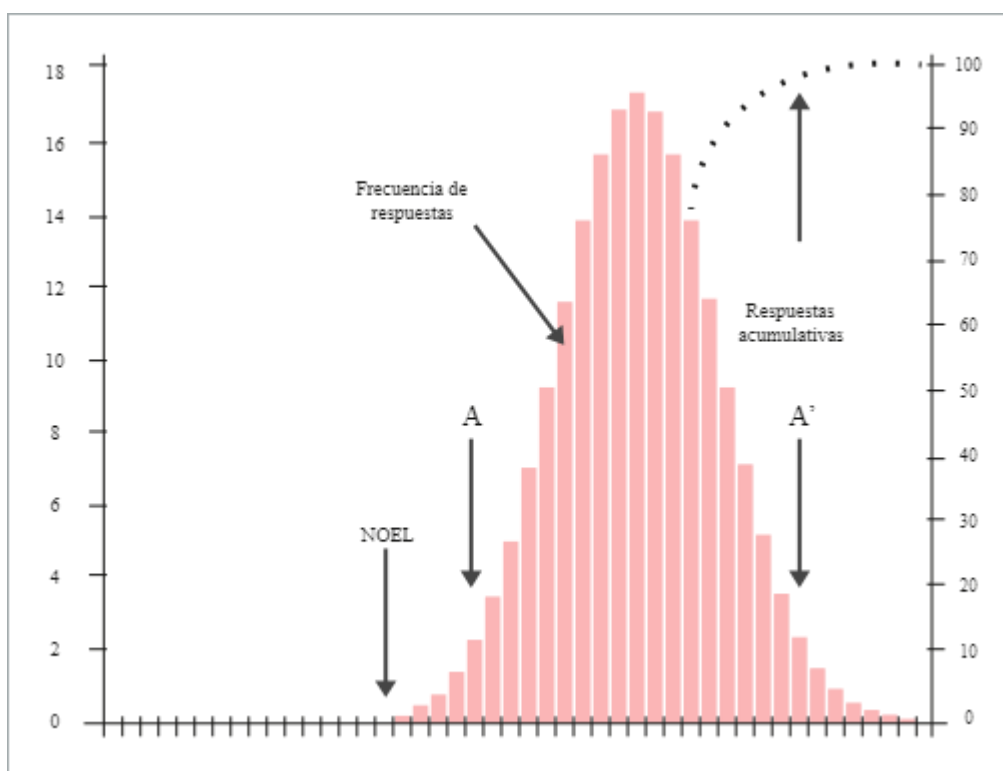
Por tanto, la respuesta a la pregunta ¿es esta sustancia tóxica?

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



Fuente: Shibatomo

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 ó 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.

1.2. Determinación de los tóxicos en los alimentos

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).

Análisis toxicológico

Este análisis comprende tres etapas:

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, biotransformación (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.

1.3. 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 acción 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.

Biotransformación

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.

1.4. 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.	<ul style="list-style-type: none"> • 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.	<ul style="list-style-type: none"> • Glucósidos tóxicos, lectinas, saponinas, aminoácidos tóxicos, hemaglutininas, favismo, alcaloides. • Saxitoxina, tetramina, tetrodotoxina, ciguatoxina, escombrotóxina.
Exógenos	Aditivos.	<ul style="list-style-type: none"> • Edulcorantes sintéticos, colorantes, conservantes, antioxidantes, aromatizantes.

Clasificación	Tipos de sustancias	Ejemplos
Exógenos	Sustancias tóxicas de origen bacteriano y fúngico.	<ul style="list-style-type: none"> Bacterias, hongos, virus, micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxinas, entre otras).
Exógenos	Tóxicos generados durante la preparación, procesado y almacenamiento de los alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> 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.	<ul style="list-style-type: none"> 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.

1.5. 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 protéica 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 transformación, 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.

Alimento	Enzima inhibida
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 oxido-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 polipéptido. Este complejo es

resistente a las enzimas digestivas con lo que se impide la asimilación de la niacina.

Sólo 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 antivitaminas 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 antivitaminas 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 bociógena se requiere la administración de la hormona tiroxina.

Sustancias que inhiben la captación de yodo por la tiroides:

Esto se realiza por mecanismos no demasiado conocidos como por parte de compuestos como los tiocianatos, isotiocianatos y compuestos fenólicos. Los síntomas mejoran con la administración de yodo.

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.

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.

2.1. La importancia de los microorganismos

Los microorganismos, son organismos muy pequeños que sólo 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	Bacterias	Bacterias
Gramnegativas	<i>Campylobacter</i> <i>Pseudomonas</i> <i>Brucella</i> <i>Acetobacter</i>	<i>Famenterobacteriaceae</i> <i>Aeromonas</i> <i>Vibrio</i> <i>Zymomonas</i>
Grampositivas	<i>Micrococcus</i>	<i>Bacillus</i>

Bacterias	Bacterias	Bacterias
	Staphylococcus	Clostridium
	Enterococcus	Lactobacillus
	Lactococcus	Listeria
	Streptococcus	Propionibacterium
	Pediococcus	Bifidobacterium

Fuente: SENA (2012)

Tabla 4. Hongos

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

Fuente: SENA (2012)

Tabla 5. Grupos fisiológicos de bacterias de importancia en los alimentos.

Grupo fisiológico	Grupo fisiológico	Grupo fisiológico
1. Bacterias del ácido láctico	Lactobacillus Pediococcus Leuconostoc	Lactococcus Streptococcus Microbacterium
2. Bacterias del ácido acético	Acetobacter	Gluconobacter
3. Bacterias del ácido butírico	Clostridium	Clostridium
4. Bacterias del ácido propiónico	Propionibacterium	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

Grupo fisiológico	Grupo fisiológico	Grupo fisiológico
10. Bacterias productoras de gas	Escherichia Proteus Bacillus Propionibacterium	Enterobacter Clostridium Lactobacillus Leuconostoc

Fuente: SENA (2012)

2.2. Microbiota inicial de los alimentos

La carne

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

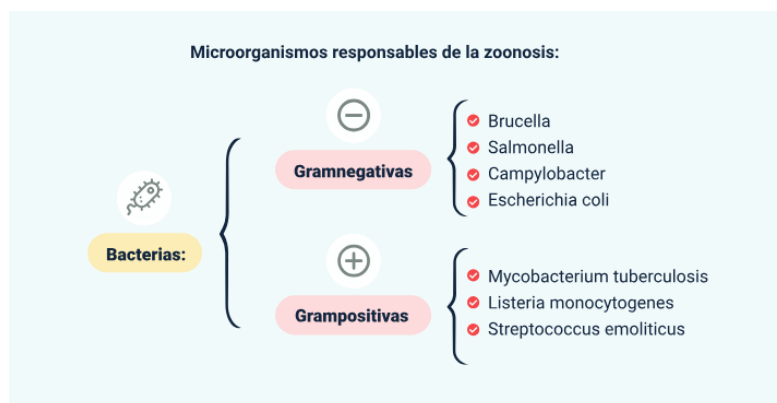
Figura 2. Contaminación en piel y pezuñas



Fuente: SENA

Contaminación en piel y pezuñas: Microorganismos patógenos: Suelo, Estiércoles, Piensos, Agua.

Figura 3. Microorganismos responsables de la zoonosis



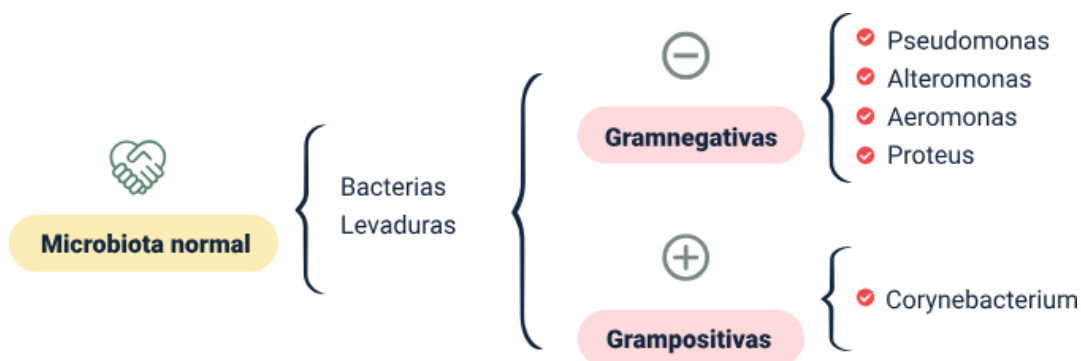
Fuente: SENA

Microorganismos responsables de la zoonosis: Bacterias: Gramnegativas son Brucella, Salmonella, Campylobacter, Escherichia coli. Grampositivas son Mycobacterium tuberculosis, Listeria monocytogenes, Streptococcus emoliticus.

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

Microbiota normal: Bacterias Levaduras: Gramnegativas son Pseudomonas, Alteromonas, Aeromonas, Proteus. Grampositivas es Corynebacterium.

Plumas y patas ➡ Pueden portar bacterias psicrotróficas.

Viseras ➡ Pueden portar bacterias entéricas.

Figura 5. Bacterias



Fuente: SENA

Bacterias: Gramnegativas son Salmonella, Campylobacter, Yersinia. Grampositivas son Clostridium perfringens (Temperatura > 15 °C), Staphylococcus aureus.

Figura 6. Huevos - contaminación de la cáscara



Fuente: SENA

Huevos: Contaminación de la cáscara debido a Intestino de las aves, Material de almacenamiento (cambios de temperatura y humedad), Manipuladores de alimentos.

Los peces

Agallas ➡ Portan bacterias entéricas (de vertebrados).

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

2.3. 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 entérica

Serovar enteritidis, su transmisión 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 transmisión 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 transmitirse 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 patologías 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 nauseas, 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 el 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 °C durante 5 minutos, uso de autoclaves para conservas y no dar miel a los bebés.

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 sólo 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.

3.1. 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 (Retroviridae), Hepatitis B (Hepadnaviridae).

3.2. 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 sólo 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 icosaédrica, 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.

3.3. 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 °C hasta 10 minutos.
- Tratamientos ácidos con pH 1 durante 2 horas a temperatura ambiente.
- Inactivación por detergentes, sobrevive a 37 °C durante 30 minutos SDS.
- Almacenamiento a - 20 °C durante años.

Es inactivado con:

- Calentamiento a temperaturas de 80 °C durante 1 minuto.
- Autoclave a 121 °C 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 °C 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 icosaédrico 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 icosaédrica 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 ocurren 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).

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: *Penicillium*, *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 °C), la presencia de oxígeno, presencia de insectos que poseen mohos en el tracto intestinal.

4.1. 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 Fumonisinias 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.
- Acrotoxinas.
- Zearalenona.
- 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.

4.2. 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 °C 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).

4.3. 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
<i>Aspergillus ochraceus</i>	<i>Penicillium verucosum</i>
<i>Aspergillus ostanius</i>	<i>Aspergillus ostanius</i>

Fuente: SENA

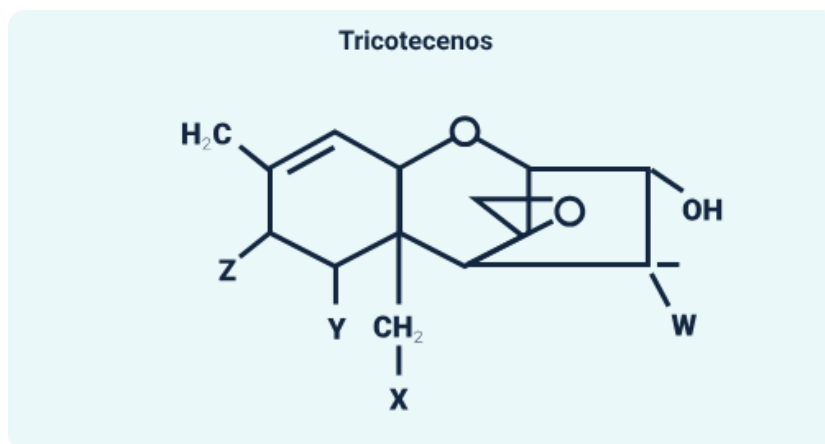
4.4. Nefrotóxicos

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.

4.5. Toxinas del fusarium (tricotecenos)

Figura 7. Tricotecenos



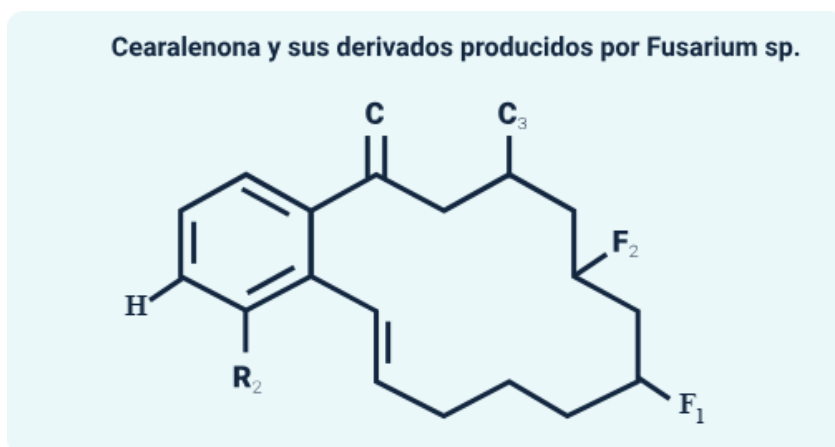
Fuente: SENA (2012)

Tabla 8. Tricotecenos - composición

Tricoteceno	w	x	y	z
Toxina T-2	CH ₃ COO-	CH ₃ COO-	-H	(CH ₃) ₂ CHCOO-
Diacetoxiscirpenol	CH ₃ COO-	CH ₃ COO-	-H	-H
Dioxinivalenol	-H ₂	-OH	-OH	=O
Nivalenol	-OH	-OH	-OH	=O

Fuente: SENA

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

“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 éste. Por ello también se ha incluido en la ingesta tolerable provisional diaria establecida en 60 mg / kg peso corporal / día.

4.6. 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.

Ergotismo

- **Ergotismo gangrenoso:** gran dolor, aspecto quemado de las piernas que se vuelven negras, fue llamado en la edad media Fuego de San Antonio.
- **Ergotismo convulsivo:** alteraciones neurológicas, ceguera, parálisis y convulsiones.

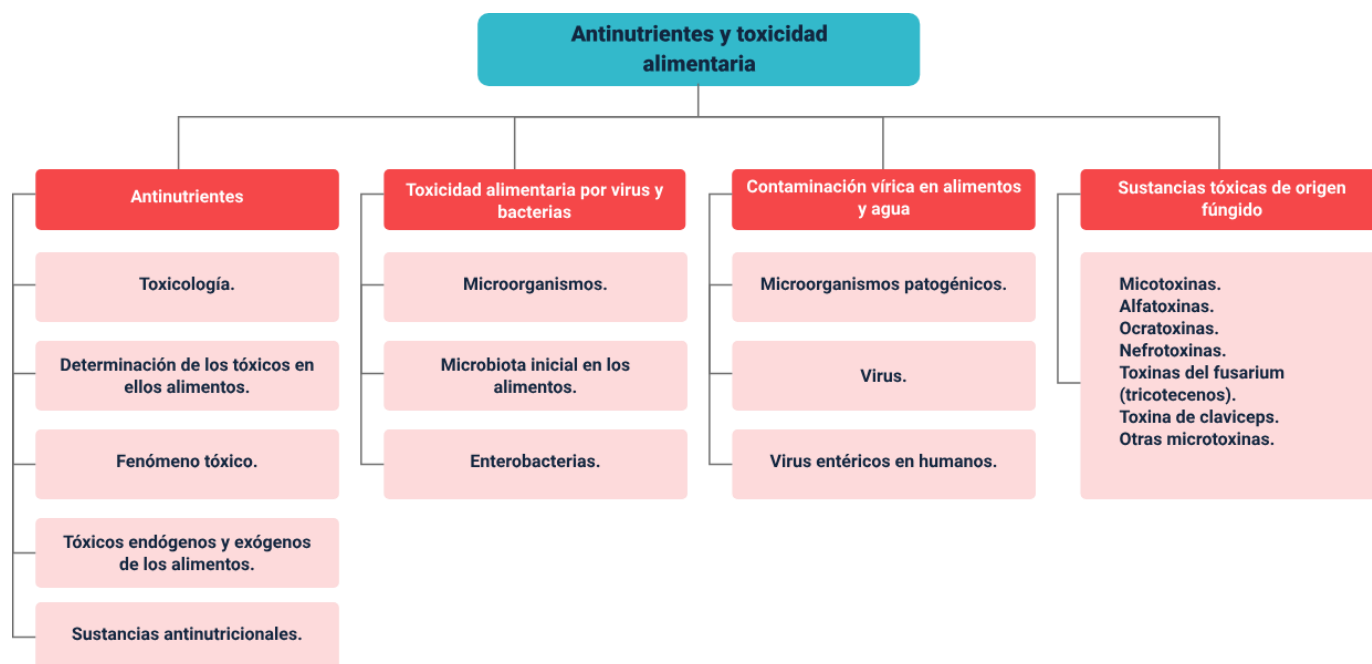
4.7. Otras micotoxinas

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.

Síntesis

Entender el fenómeno toxico en el organismo y las generalidades de la toxicología permite conocer la manera en que se realiza la determinación de los tóxicos en los elementos y como se desarrollan algunas enfermedades en el organismo generadas por intoxicación alimentaria. En el siguiente diagrama, se pueden apreciar los conceptos y relaciones tratadas en el componente.



Glosario

Antibiótico: sustancia producida por, y obtenida de, ciertas células vivas que, a bajas concentraciones, son biostáticos o biocidas, para otras formas de vida, especialmente para organismos patógenos o nocivos.

Bacteria: microorganismos unicelulares que pueden estar presentes en toda la superficie terrestre.

Biota: la totalidad de los organismos vivos.

Ergotismo: es una enfermedad causada por el hongo llamado Claviceps.

Infecciones: alimentos que sirven de vehículo de patógenos en el proceso de colonización en el hombre.

Intoxicación: conjunto de alteraciones que origina un tóxico que interacciona con un organismo vivo.

Mutagénesis: estudia si la sustancia tiene capacidad de alterar el material genético (DNA).

Peligro: es un agente biológico, químico o físico presente en el alimento o bien la condición en que este se halla y que puede causar un efecto adverso para la salud.

Seguridad: ausencia de daño, peligro o lesión.

Tóxico: agente químico capaz de provocar una intoxicación.

Referencias bibliográficas

Foerster, A. v. (Abril de 2012). Alimento y conciencia. Recuperado de <http://alimentoyconciencia.com/>:<https://alimentoyconciencia.com/>

Linder, F. (1995). Toxicología de los alimentos. Acribia: Zaragoza.

Paracelso. (1943-1541). La Toxicología.

SENA, FAO, Café Quindío, Infoagro, albiz, Blog salud siglo XXI, Ciudad Atómica. (Portal web). “Imágenes web”.

Shibatomo, & Arroyo, M. F. (1996). Sustancias Antinutritivas en alimentos de origen vegetal. Su significado en la alimentación humana. Madrid: Alimentaria.

Shibatomo, T. (1996). Introducción a la Toxicología. Acribia: Zaragoza.

Créditos

Nombre	Cargo	Centro de Formación y Regional
Milady Tatiana Villamil Castellanos	Responsable del ecosistema	Dirección General
Claudia Johanna Gómez Pérez	Responsable de línea de producción	Centro Agroturístico - Regional Santander
Diana Cristina Muñoz Urrea	Gestor de Curso	Centro de Industria y Servicios del Meta - Regional Meta
Angela Patricia Frasser Castaño	Asesora pedagógica	Línea de producción Tolima
Carolina Jiménez Suescún	Evaluable instruccional	Centro Agroturístico - Regional Santander
Yazmin Rocio Figueroa Pacheco	Diseñadora de Contenidos Digitales	Centro Agroturístico - Regional Santander
Andrea Paola Botello De la Rosa	Desarrolladora full stack	Centro Agroturístico - Regional Santander
María Alejandra Vera Briceño	Animadora y productora multimedia	Centro Agroturístico - Regional Santander
Laura Paola Gelvez Manosalva	Validadora de recursos educativos digitales	Centro Agroturístico - Regional Santander
Erika Fernanda Mejía Pinzón	Evaluable para contenidos inclusivos y accesibles	Centro Agroturístico - Regional Santander