



**INTRODUCCIÓN A LA TOXICOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS:  
UNA PERSPECTIVA GLOBAL**  
**INTRODUCTION TO TOXICOLOGY IN FOOD: A GLOBAL PERSPECTIVE**

González Yépez Roberto

Departamento de Ecología y Control de Calidad. Programa de Tecnología Agroindustrial. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Venezuela. E-mail: [roberto.gonzalez@ucla.edu.ve](mailto:roberto.gonzalez@ucla.edu.ve)

Recibido: 21-09-2017      Aceptado: 08-12-2017

**RESUMEN**

Los alimentos están constituidos por diversas estructuras moleculares como macro y micronutrientes, sin embargo, otras sustancias potencialmente nocivas o tóxicas pueden estar presentes en ellos de forma inherente, intencional o accidental. Es por ello que el objetivo de esta investigación se enfoca en generar una discusión sobre aspectos que introduzcan a la comprensión de la toxicología de los alimentos desde una perspectiva global. El hecho de comprender cuán peligroso puede resultar una sustancia nociva en nuestro organismo, es de sumo interés para este estudio. Bajo una metodología de investigación documental, se pudo evidenciar la clasificación de los distintos agentes tóxicos que pueden estar presentes en los alimentos, como compuestos cianogénicos, promotores de flatulencia, micotoxinas, biotoxinas, antinutrientes, alcaloides, metales pesados, plaguicidas, uso de aditivos, agentes residuales como antibióticos y hormonas, entre otros. Todo esto con el fin de analizar las diversas sintomatologías que el organismo puede desarrollar bajo la influencia de dichas sustancias en concentraciones fuera de lo convencional. Por otra parte, se hizo énfasis en proporcionar herramientas necesarias para contrarrestar el efecto toxicológico de las sustancias químicas antes mencionadas. Para ello, se sugiere contar con protocolos de laboratorios actualizados para el reconocimiento y determinación de agentes nocivos presente en los alimentos y finalmente establecer legislaciones que regulen y establezcan los límites máximos permitidos en las sustancias tóxicamente activas.

**Palabras claves:** Toxicología, Agroindustria, Química de Alimentos.

**ABSTRACT**

Foods are made of several molecular structures such as macro and micronutrients, however other potentially harmful or toxic substances may be present in them inherently, intentionally or accidentally. This is why the objective of this re-search is focused on generating a discussion related to the introduction to toxicology in food from a global perspective. Understanding how dangerous a harmful substance can be in our body is of great interest to this study. Under a documentary research methodology, the classification of the different toxic agents that may be present in foods, such as cyanogenic compounds, promoters of flatulence, mycotoxins, biotoxins, antinutrients, alkaloids, heavy metals, pesticides, use of additives, residual agents such as antibiotics and hormones, among others. All this, in order to analyze the various symptoms that the organism can develop under the influence of these substances in concentrations outside of range. On the other hand, the emphasis was placed on providing tools needed to counteract the toxicological effects. To do this, it is suggested to have updated laboratory protocols for the recognition and determination of harmful agents present in food and finally to establish legislation that regulate and establish maximum limits in food.

**Keywords:** Toxicology, Agroindustry, Food Chemistry.

## INTRODUCCION

La ciencia de los alimentos siempre ha mantenido el enfoque en identificar las distintas estructuras moleculares presentes en la matriz de los alimentos, así como también los diversos cambios físicos, químicos y microbiológicos a la cual pueden ser sometidas dichas estructuras en condiciones específicas. Al mismo tiempo, esta ciencia analiza los múltiples factores que pueden incidir en la calidad de los mismos, tales como: la producción primaria en los campos, los traslados, almacenamientos, producciones en la industria, envasados, logística de distribución y almacenamiento, llegada del producto al consumidor, conservación en locales comerciales y familiares, entre otras, (Rembado & Sceni, 2009).

Sin embargo, existen estructuras moleculares o sustancias químicas que pueden resultar nocivas o tóxicas para el organismo, éstas a su vez, pueden estar presentes de forma natural en el alimento, o bien pueden generarse bajo reacciones químicas colaterales durante su la elaboración.

En este sentido, la ciencia de los alimentos por ser un sistema interdisciplinario, toma directamente como herramienta paralela a la

toxicología de los alimentos para comprender e interpretar los múltiples efectos que puedan tener dichos compuestos químicos en nuestra salud.

Por ende, la toxicología de los alimentos puede ser definida de forma clara y precisa como una ciencia que estudia diversas sustancias químicas presente en los alimentos y la reacción del organismo frente a estas. Además, centra su interés en analizar los métodos que puedan contrarrestar los efectos adversos en los seres vivo, (Vargas & Verástegui, 2014).

Por otro lado, Belandria, Andara , & Urdaneta (2016), hacen referencia a la toxicología en alimentos de forma puntual, como el conocimiento sistemático y científico de la presencia de sustancias potencialmente dañinas en los alimentos, lo que conlleva a evitar hasta donde sea posible la ingesta de una cantidad que ponga en riesgo la salud del consumidor. Así mismo, esta ciencia aborda el estudio de las distintas vías en la cual una sustancia nociva puede llegar a estar presente en el alimento (*fuentes naturales, intencionales o accidentales*).

En función a lo anterior, vale la pena preguntarnos, ¿Desde cuándo ha surgido el interés en estudiar el área toxicológica en el ámbito alimenticio?, para responder

esta pregunta, debemos tener presente que la ciencia de los alimentos tuvo un origen incierto, ya que muchos descubrimientos, síntesis y extracciones de sustancias químicas fueron investigaciones netamente aisladas. No obstante, en 1847 surge el primer material impreso en el área de química de los alimentos, escrito por el científico alemán Justus von Liebig, titulado “*Researches on the chemistry of food*”, el cual orientó a numerosas investigaciones dentro de esta área. Sin embargo, en el periodo de 1860 hasta 1920, la industrialización alimentaria introdujo significativamente procesos de adulteración, donde se empleaba el uso de aditivos, sustancias químicas sintéticas y procesadas, con el fin de alargar el tiempo de vida útil en el alimento, lo que desencadenó reacciones alérgicas, enfermedades y altas tasas de intoxicaciones en la población de algunos países europeos. Todo esto finalmente hizo eco a nivel mundial, lo que propició la implementación de leyes severas para las empresas o compañías que incurrieran en adulteraciones alimentarias, ya que contrarrestaba el valor nutricional en los mismos; tal como lo expuso los Estados Unidos en su decreto “*Pure Food and Drug Act*”, (*Ley de medicamentos y alimentos puros*)

publicado en 1906, (Damodaran, Parkin, & Fennema, 2010).

Por otro lado, es importante señalar que la evaluación toxicológica de un agente contaminante presente en un alimento puede resultar una labor compleja, en primera instancia; no existen datos suficientes de todos los compuestos químicos que actúan de forma adversa en el organismo, segundo; no debe excluirse la posibilidad de efectos sinérgicos de algunas sustancias, incluyendo en ocasiones sus productos de degradación, y tercero, el efecto de dicha toxicidad va a estar vinculado a otros factores como: la edad, el sexo, el estado de salud o los hábitos alimenticios de la persona, (Belitz & Grosch, 2012).

Bajo estas premisas, el objetivo de esta investigación se centra específicamente en abordar los aspectos generales de la toxicología en alimentos (definiciones y clasificaciones de las sustancias que poseen un grado de toxicidad relevante), la importancia que ésta posee en el perfil agroindustrial y finalmente poder abarcar las medidas necesarias para evitar la contaminación en los alimentos por medio de sustancias nocivas para la salud.

## METODOLOGÍA

En función a los objetivos expuestos con anterioridad en esta investigación, el marco metodológico está sustentado en una investigación documental, la cual recopila información pertinente y veraz de diversas fuentes de información, tales como: libros, revistas, publicaciones científicas, notas técnicas, entre otras. Las fuentes empleadas argumentan y sobre todo dan un aporte significativo a la introducción en la toxicología de los alimentos desde una perspectiva global, pero sin menospreciar la relevancia que ésta tiene hoy día en el ámbito agroindustrial.

## EXPOSICIÓN TEMÁTICA

En muchas ocasiones, los alimentos poseen sustancias químicas las cuales deben ser estudiadas con especial atención debido a su toxicidad. Anteriormente, se hizo mención a la terminología de *toxicología de los alimentos* y su importancia en el área agroindustrial. Seguidamente se abordará de una manera didáctica la clasificación de dichas sustancias en función a cómo éstas se encuentran disponibles en el alimento.

En eventos cotidianos, muchas veces al consumir un alimento, el cuerpo

manifiesta reacciones adversas sin saber que detrás de dichos síntomas están pequeñas moléculas que son responsables de desencadenar un sinfín de reacciones bioquímicas, las cuales las hace merecedoras del término “*tóxicos naturales*”.

Según Jaimes Morales, Marrugo Ligardo, & Severiche Sierra (2014), los tóxicos naturales son aquellos que ocasionalmente pueden generar problemas, debido a que se encuentran en concentraciones mayores a los niveles considerados como normales en varios alimentos. Otro factor de riesgo en tóxicos naturales es el de confundir especies inocuas, con tóxicas; como sucede frecuentemente con algunos hongos comestibles como el *Agaricus*, y el tóxico *Amanita phalloides*, incluso estas confusiones son responsables de la muerte de las personas que se dedican a su recolección. Por lo tanto, es importante resaltar que los tóxicos naturales son estructuras químicas inherentes al alimento. Dentro de esta categoría, se puede encontrar una serie de sustancias con clasificación genérica, en las que destacan:

- En legumbres (*glucósidos cianogénicos, promotores de flatulencia*).
- En cereales (*micotoxinas*)

- En alimentos de origen marino (*biotoxinas*).
- En bebidas estimulantes (*xantinas*).
- Antinutrientes (*antiminerales* y *antivitaminas*)
- Alcaloides.

Según Arrázola, Grané, Martín, & Dicentan (2013), los *glucósidos cianogénicos* son compuestos metabolizados por las plantas bajo las reacciones de la cianohidrina y de la D-glucosa. Estas sustancias se encuentran en 2500 cultivares, en los que destacan las almendras, damascos, duraznos, dátiles, cerezas, ciruelas, manzanas, yuca entre otros. Cabe destacar que las moléculas señaladas anteriormente después de estar unidas pueden hidrolizarse vía enzimática y generar ácido cianhídrico libre (HCN), el cual se convierte en la sustancia responsable de generar reacciones adversas en el organismo, tal como lo expone Ramírez (2010), cuyas anomalías se enmarcan en efectos neurotóxicos graves y mortales, náuseas, vértigo, dermatitis, alteraciones tiroideas y cefalea.

Siguiendo el mismo orden de ideas, en los cereales también se encuentran agentes potencialmente tóxicos, como las *micotoxinas*. Cabe resaltar que entre

60 a 90% de las intoxicaciones alimentarias son de origen bacteriano, generando así sustancias micotóxicas altamente perjudiciales para el organismo.

En un trabajo realizado por Serrano Coll & Cardona Castro (2015), basado en generalidades y aspectos básicos sobre micotoxinas, éstas se definen como sustancias que son producidas principalmente por hongos filamentosos bajo unas condiciones óptimas de temperatura que oscilan entre los 20-25 °C, requieren de un pH entre 4 y 8 y una humedad relativa de 80 a 90%. Por su capacidad toxigénica las micotoxinas más importantes son: aflatoxinas, ocratoxinas, tricotecenas y las fumonicinas. Al mismo tiempo, la exposición de estas sustancias en el cuerpo puede generar: carcinogénesis, teratogénesis, inmunosupresión, cuadros clínicos de neurotoxicidad, nefrotoxicidad, hepatotoxicidad, toxicidad pulmonar y endocrina.

Para abordar y expandir la visión general vinculado a las micotoxinas, según (Martínez Miranda, Vargas del Río, & Gómez Quintero, 2013) las aflatoxinas son compuestos químicos con estructura no proteica de bajo peso molecular cuyo esqueleto básico está

constituido por un anillo furano unido al núcleo de cumarina. Por consiguiente, las aflatoxinas son producidas por hongos, entre ellos destacan: *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. nonius* y a su vez también han sido desarrolladas en animales contaminados por las mismas micotoxinas. Así mismo; estas estructuras químicas comenzaron a ser estudiadas en 1960 en Inglaterra, después que una epidemia mató a más de 100.000 pavos que fueron alimentados con maní proveniente de Brasil. Desde entonces, el estudio toxicológico especializado en micotoxinas se ha intensificado exponencialmente en la ciencia moderna.

Ahora bien, otra micotoxina de alta relevancia es la *ocratoxina*. En este caso; los investigadores Arrúa Alvarenga, y otros (2016), puntualizaron y definieron a la ocratoxina como una micotoxina neurotóxica, inmunosupresora, carcinógena que posee alto potencial en términos de toxicidad para contaminar alimentos de consumo humano, en los que se ven principalmente afectados los cereales, bebidas alcohólicas y productos de molienda como el café, mate y cacao. Por consiguiente, los investigadores anteriormente citados, concluyeron que las inadecuadas prácticas agroindustriales siguen siendo puntos

críticos de control dentro de los procesos y pueden seguir siendo generadores de dicha toxina.

No obstante, las toxinas naturales también se expanden en los alimentos marinos, éstas reciben el nombre puntual de *biotoxinas*. En función a lo expuesto por los autores Serrano Santana & Benítez Pérez (2017), estas sustancias químicas se encuentran en pescados tales como: barracuda, pargo, caballa, ciguatos, moluscos, hongos superiores, entre otros. Las biotoxinas presentes en los alimentos marinos muchas veces no están confinadas a una especie; sino que existen alrededor de 400 tipos de pescados que están directamente implicados en la intoxicación por sustancias letales como ciguatoxinas y palitoxinas, las cuales generan enfermedades gastrointestinales y síntomas neurológicos, con casos clásicos que informaron aberraciones de la percepción de la temperatura. Sin embargo, algunas de estas sustancias son muy específicas en especies únicas de pescado y también se atribuye su potencialidad a la localización en el mismo. Esto se evidencia en el pez globo (*fugu*) en Japón; donde la tetradoxina de este pescado está ubicada en el hígado y gónadas. Otras especies propician la síntesis de la ciguatoxina, la cual resulta

neurotóxica. Aunado a esto; existen algas microscópicas que sintetizan biotoxinas letales, las cuales son responsables de intoxicaciones paralizantes *Paralithic Shellfish Poisoning* (PSP), la intoxicación diarreaica *Diarrhetic Shellfish Poisoning* (DSP), la amnésica *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP). Cameán Fernández & Repetto Jiménez, (2012).

Como se ha observado, el mundo de los tóxicos naturales es muy amplio dentro de la toxicología alimentaria. Por lo tanto; existe otro grupo de sustancias que generan reacciones adversas en el organismo, estos son los denominados *Promotores de flatulencia*; según Badui Dergal (2004), es un conjunto minoritario y específico de carbohidratos (*oligosacáridos: verbascosa, estaquirosa, rafinosa, lactosa y en casos esporádicos la sacarosa*) que no pueden ser hidrolizados por las enzimas en la zona del intestino delgado. Al no ocurrir dicho proceso, se liberan gases tales como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y H<sub>2</sub> lo que produce dolores abdominales agudos. Un caso muy particular y en líneas generales digamos que común, es la intoxicación por lactosa; aquí el organismo carece de la enzima lactasa (encargada de hidrolizar dicho disacárido), trayendo como consecuencia cuadros diarreicos

agudos, calambres estomacales y náuseas.

Ahora bien, siguiendo la pauta de los tóxicos naturales existen otras sustancias que contrarrestan la funcionalidad de los micronutrientes (*minerales y vitaminas*) presente en los alimentos. Dentro del mundo toxicológico, éstos reciben la connotación de *antinutrientes*. Basado en un capítulo desarrollado en el libro de Toxicología Alimentaria de los autores Cameán Fernández & Repetto Jiménez (2012), se definen a los antinutrientes como sustancias que por ellas mismas o a través de sus productos metabólicos generados en el organismo, interfieren en la utilización de los alimentos, a su vez éstas se encuentran en alimentos de origen animal y vegetal, siendo este último el más predominante. Los antinutrientes son moléculas termolábiles y se destruyen por acción del calor; por dicha razón se establece que los vegetales crudos pueden tener un nivel mayor de antinutrientes.

Los investigadores antes citados, también hacen una clasificación de los antinutrientes, entre los que destacan en primera instancia los *antiminerales*, los cuales interfieren en la asimilación de minerales, en este caso se toma especial interés en los agentes bociogénicos, tales

como: ácido oxálico y fítico, los cuales evitan la fijación del calcio, hierro y zinc. Además de esto; es relevante acotar que la toxicidad aguda por oxalatos en humanos ocasiona gastroenteritis corrosiva, shock, convulsiones y baja de niveles de calcio en plasma. Por ende; se sugiere que en los procesos agroindustriales existan etapas de remojo y cocción que ayuden a eliminar parte de dichos compuestos, lo cual genera una disminución en el efecto antinutritivo en los alimentos que los contienen.

Al mismo tiempo Morales Gómez & Troncoso González (2006), también catalogan como antinutrientes a las *antivitaminas*. Estas son definidas como compuestos que destruyen o anulan el efecto de una vitamina en una vía específica y presentan una estructura molecular análoga a la de las vitaminas. Otras antivitaminas centran su actuación en la interrupción de la síntesis o metabolismo de la vitamina propiamente dicho. Este fenómeno puede llevarse a cabo por inactivación o destrucción química, por combinación irreversible o bien por inhibición competitiva.

Otro aspecto relevante se basa en el estudio de las antivitaminas; éstas son capaces de atacar a determinadas vitaminas, especialmente si los

alimentos se comen crudos, tal como sucede con la tiaminasa, (antivitamina de la tiamina), la cual se encuentra en los pescados de agua dulce y otros alimentos como el té y el café. La tiaminasa enfoca su mecanismo de reacción en la ruptura del enlace de los dos anillos (tiazol – piridina), lo cual genera que la tiamina se torne no funcional para el organismo, ocasionando así anorexia, perturbaciones neurológicas y parálisis.

En otro orden de ideas, y siguiendo la pauta de tóxicos naturales, existe otro conjunto de sustancias catalogadas como sustancias estimulantes que se encuentran fácilmente en bebidas de consumo diario. Estas estructuras químicas reciben el nombre de xantinas, que de acuerdo con César Sánchez, y otros (2015), son compuestos que estimulan el sistema nervioso central, entre las que destacan: cafeína, teofilina, teobromina y taurina, presentes en el café, té, chocolate y bebidas gaseosas estimulantes respectivamente. Estas sustancias también son empleadas en productos fármacos de patente como: analgésicos, diuréticos, controlador de peso, estimulantes entre otros. Según los autores citados, las xantinas mencionadas poseen un potencial tóxico considerable en el organismo, no obstante, es importante aclarar que las



reacciones adversas dependerán exclusivamente de las dosis consumidas y de la sensibilidad del consumidor ante estas.

En función a lo mencionado anteriormente, otro grupo de interés en el ámbito toxicológico, son los denominados *alcaloides*. De acuerdo con Campos, Silva, Campana, & Almeida, (2016), estas sustancias son letalmente neurotóxicas y están presentes en algunas plantas. La importancia que recae en los alcaloides es significativa, ya que a nivel comercial existen productos o brebajes elaborados a base de hierbas naturales, que resultan relajantes para algunos consumidores, pero en muchos casos su empleo produce hábito. Ahora bien, basado en Calaf, y otros (1997), los alcaloides teóricamente son sustancias heterocíclicas nitrogenadas con propiedades fisiológicas intensas. Dentro de las más comunes se encuentran: la conina, nicotina, atropina, cocaína y quininas. Todas estas sustancias, actúan como venenos violentos y en dosis adecuadas como narcóticos, anestésicos y en general como terapéuticos.

Si bien es cierto que los tóxicos naturales son sustancias inherentes en algunos alimentos, es necesario enfatizar

que no solo estos existen en el contexto toxicológico. Muchas veces dentro de los procesos agroindustriales, se manipulan diversas variables cuantitativas del tipo operacional que deben ser controladas, como: temperatura, presión, humedad relativa, viscosidad, densidad entre otras. Todas estas terminan incidiendo en las variables cualitativas del proceso de elaboración de algún producto alimenticio, en las que destacan: sabor, olor, apariencia física, untabilidad y textura; por lo que en muchas ocasiones resulta necesario usar sustancias químicas que “ajusten” por así decirlo a las variables cualitativas mencionadas anteriormente. Es por esta razón, que la industria de alimentos ha incorporado los denominados *aditivos*. En los que pueden ser mencionados dentro de una extensa gama: conservantes, colorantes, antioxidantes, saborizantes, vitaminas, aromatizantes, edulcorantes, estabilizantes, acidulantes, entre otros.

Por consiguiente, el grado toxicológico de un aditivo debe ser visto desde diversas aristas, ya que dependerá de la sensibilidad del consumidor ante esta y por otro lado, estará estrechamente vinculado a la dosificación del aditivo en el proceso de producción del alimento. Por tal motivo, existen legislaciones a nivel mundial que regulan el rango

tolerable de dichas sustancias en el organismo, tal como lo plantea la Administración de Alimentos y medicamentos FDA (*Food and Drugs Administration*), Para abordar el efecto toxicológico de algunos aditivos (*tóxicos intencionales*) como los edulcorantes (*sustancias que intensifican el umbral de dulzor en los alimentos*). Santillán Fernández, García Chávez, Vásquez, & Merino García (2017), exponen concretamente que, para analizar el grado de toxicidad de los edulcorantes, primero deben ser clasificados en: calóricos, no calóricos, naturales y artificiales, donde estos últimos son los que han tenido mayor repercusión por sus efectos adversos en el organismo. Según la investigación realizada por dichos autores, la *sucralosa* puede aumentar el nivel de pH en los intestinos afectando así a la glicoproteína del cuerpo, trayendo como consecuencia el rechazo a medicamentos, quimioterapias y tratamientos cardíacos. Por otro lado, el *aspartame* puede inducir a cambios en los parámetros de la glucosa en la sangre y a su vez puede afectar negativamente en el aprendizaje y memoria espacial. Sin embargo, es necesario resaltar que cualquier edulcorante en exceso también está asociado al desarrollo de caries dentales y diabetes.

Otros aditivos que se emplean en la elaboración de productos cárnicos son los *nitritos* y *nitratos*, los cuales tienen como función inhibir al *Clostridium botulinum*, así como también proporcionarles color y sabor a las carnes mediante reacciones de oxidación. Sin embargo, el uso excesivo de nitritos y nitratos en carnes puede ocasionar cianosis en los niños, ya que genera la oxidación de la hemoglobina y la transforma en metahemoglobina, lo que trae como consecuencia menor transporte de oxígeno en el cuerpo. (Badui Dergal, 2004).

Al mismo tiempo, Almudena & Lizaso (2001), abordan que otras alteraciones generadas tras el uso de nitritos y nitratos es la formación de nitrosaminas en adultos. Son probables y posibles carcinógenos en humanos debido a su organotropidad y su facilidad de biotransformarse en radicales libres alquilantes. Este poder se centra en generar la unión de grupos alquilo, incluso de grupos metilo de pequeños tamaños, los cuales intervienen en el desarrollo de cáncer nasofaríngeo, esofágico y gástrico.

Como se ha podido observar en las ejemplificaciones anteriores, el uso excesivo de aditivos en los alimentos puede catalogarse como adulteraciones,

lo que contrarresta a mediano y largo plazo las características organolépticas del alimento y al mismo tiempo puede desencadenar reacciones contraproducentes en el organismo.

Otra contribución relevante que es necesaria estudiar en esta perspectiva global de toxicología, son aquellos agentes nocivos que pueden estar presentes en los alimentos, pero cuya fuente o vía de penetración han sido agentes externos. A dichas sustancias las denotaremos como *tóxicos accidentales*. En esta parte se abordan: plaguicidas, metales, hormonas o antibióticos.

Según Mencías Rodríguez & Mayero Franco (2000), la peligrosidad de los residuos generados por plaguicidas en los alimentos depende de su tipo o de los productos que dependen de ellos. En base a los estudios toxicológicos se establecen niveles aceptables de ingesta diaria, ya que los límites de residuos máximos varían en cada país. Así mismo, la mayoría de las intoxicaciones registradas por plaguicidas han sido por derrame en la comida durante su almacenamiento o transporte, empleo inapropiado de los mismos y por absorciones mediante el agua. Dentro de los plaguicidas existen dos categorías generales, la primera de ellas se base en

su función química: herbicidas, fungicidas, raticidas; y otra clasificación se centra en el grupo químicamente activo, los cuales contemplan: organoclorados y organofosforados. Ambos pueden generar reacciones colaterales complejas en el organismo. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los plaguicidas con categoría IB son altamente peligrosos, donde se encuentran: metomil-acar, metamidafos-acaricida, y el diclorodifenil-triclorometano (DDT). Cada uno de ellos es potencialmente tóxico en los alimentos y pueden ocasionar convulsiones e insuficiencias renales en dosis superiores al  $DL_{50}$  (*dosis letal probable en 50% de población de estudio*). Es por este motivo, que el estudio residual de plaguicidas toma protagonismo en el área toxicológica de los alimentos.

Otro aspecto de carácter residual que hace eco y es sometido a numerosas investigaciones, es el enfoque toxicológico que reciben los antibióticos y hormonas como agentes de crecimiento y de resistencia bacteriana en animales con fines alimenticios. De acuerdo con Mariné & Vidal (2001), existen sustancias fraudulentas en la producción animal, las cuales son empleadas para acelerar su crecimiento y

así disminuir costos a nivel de producción. Un ejemplo puntual es el uso de *hormonas*, que se emplean como sustancias adrenérgicas. Un caso específico es el uso ilícito del clenbuterol, usado en bovinos con el fin de obtener carnes magras e incrementar el peso del animal. En España en 1990, causó alrededor de 135 casos de intoxicaciones después que se detectó presencia de dicha hormona en carnes de origen bovino. Este compuesto ha sido catalogado por criterios de la Unión Europea (UE) como restrictivo, ya que subsisten residuos en el hígado y puede afectar al consumidor, en especial si sufre de patologías cardiovasculares.

Los tóxicos accidentales presentan un grado de complejidad en su análisis, debido a los distintos agentes externos que pueden intervenir en los mecanismos de absorción en el alimento. Los metales pesados no están excepto a esta categoría toxicológica. En base a la investigación realizada por Londoño Franco, Lonsoño Muñoz, & Muñoz Garcia (2016), la industrialización ha traído diversas fuentes de exposición de metales, tales como el agua, plaguicidas, ambientes contaminados, entre otros. Depende del estado de oxidación del metal, éste puede presentar variaciones en la toxicocinética dentro del organismo. En

el área alimenticia, repercute la contaminación por metales pesados, tales como: plomo (Pb), mercurio (Hg) y arsénico (Ar). Un caso particular es la forma de absorción del mercurio en el organismo, el cual se expande por todos los tejidos, en especial los más ricos en lípidos tales como el cerebro y el tejido adiposo; por ende, los síntomas van desde náuseas, vómito, diarrea, sialorrea, disfagia, síntomas neurológicos, temblor distal y facial e insuficiencia renal. Aunado a esto, el arsénico varía su toxicidad en función a su número de oxidación y a la solubilidad en agua. Cabe señalar que las fuentes de arsénico pueden atribuirse a plaguicidas empleados en la agricultura, aditivos alimentarios para el ganado, y algunos alimentos marinos ricos en dicho metal. Los síntomas por contaminación de arsénico son lentos en percibir, pero bajo un diagnóstico se puede evidenciar: dermatitis, estomatitis, neuropatía periférica y alteraciones hematológicas.

Después de evaluar las distintas categorías toxicológicas (*naturales, intencionales y accidentales*); es necesario anexar una categoría relacionada a las sustancias químicas que resultan nocivas durante el procesamiento de alimentos. Según Damodaran, Parkin, & Fennema (2010),

las reacciones químicas inducidas en los alimentos por el calor pueden resultar beneficiosas (*formación de sabores deseables*) o perjudiciales (*generación de aminos aromáticos heterocíclicos y acrilamida*). El calentamiento de los productos alimenticios proteicos como carne pueden fácilmente inducir a la formación de trazas de dichas aminos aromáticos. Estos procesos térmicos en alimentos con contenidos de carbohidratos y cadenas de aminoácidos desencadenan una reacción compleja de oscurecimiento no enzimático, denominada reacción de Maillard. Uno de los tóxicos dietéticos potenciales generados en dicha reacción es la acrilamida; se trata de una neurotoxina muy bien estudiada, y en animales se ha demostrado que ocasiona toxicidad reproductiva, genotoxicidad y cancerogénesis. En el año 2002, se demostró que los alimentos ricos en carbohidratos sometidos a procesos térmicos, podría encontrarse grandes cantidades de acrilamida. De acuerdo con Enríquez Fernández & Sosa Morales (2010), la formación de acrilamida surge de la condensación de un aminoácido libre, en especial la *asparagina* y azúcares reductores tales como glucosa y fructosa. Sin embargo, es relevante acotar que otros aminoácidos como

alanina, arginina, ácido glutámico, valina, cisteína y glutamina pueden generar formación de acrilamida en menor proporción. Otra síntesis de esta neurotoxina se basa en la oxidación de lípidos, en este caso los aceites freídos sufren rancidez oxidativa liberando acroleína, esta última sustancia sigue su proceso de oxidación generando directamente ácido acrílico, el cual es precursor potencial de acrilamida cuando se condensa con la asparagina.

Otras sustancias químicas que resultan nocivas en la reacción de Maillard son las denominadas *melanoidinas*, estas sustancias son las responsables de los colores y olores indeseables en los alimentos cuando son sometidos a altas temperaturas, generando así una disminución del valor nutricional de alimento, debido a la degradación de aminoácidos y vitaminas.

Por último, una vez analizado las clasificaciones de los distintos tóxicos alimenticios y las reacciones adversas en el organismo, surge la siguiente interrogante: ¿Qué medidas necesarias existen para evitar o contrarrestar la contaminación por sustancias nocivas en los alimentos? En este caso; de acuerdo

con Hans-Dieter & Werner (1997), las medidas pertinentes se enfatizan en:

- La determinación analítica del mayor número posible de contaminantes con la máxima sensibilidad posible.

En función a esta primera medida, Romero González, Fernández Moreno, Plaza Bolaños, Garrido Frenich, & Martínez Vidal (2007), establecen en su trabajo de investigación que muchos compuestos catalogados como tóxicos (plaguicidas, micotoxinas, tricotecenos, tetraciclinas, acrilamidas) son complejos para su cuantificación debido a sus bajas concentraciones en la matriz donde se encuentran ubicados; por tal motivo, se emplean métodos de espectrometría de masa acoplados a herramientas cromatográficas, los cuales garantizan un resultado confiable de dichos agentes nocivos para el organismo. Otra medida para evitar contaminación alimenticia consiste en:

- Determinar las fuentes de contaminación.

Para conocer dichas fuentes de contaminación en un alimento, es necesario comprender de forma amplia la clasificación de los distintos agentes tóxicos (naturales, intencionales, accidentales o de procesamiento). De

esta manera, existirá mejor elección del método para su posterior análisis químico. Por última medida, se establece:

- Contar con una legislación actualizada en alimentos.

La legislación debe estar basada en la prohibición o limitación de sustancias dentro de procesos de elaboración de alimentos, así como también la creación de establecimientos de dosis máximas.

## CONCLUSIONES

Debido a la diversidad de agentes contaminantes que pueden estar presente en los alimentos, la toxicología alimentaria aborda el efecto adverso que poseen dichas sustancias en el organismo, tomando en consideración que existe una clasificación detallada de estos mismos, la cual debe ser considerada a la hora de interpretar cualquier reacción indeseada en el consumidor. Para ello; las estructuras químicas que resultan nocivas se dividen en tóxicos naturales, intencionales, accidentales y de procesamientos. No obstante, es necesario contar con protocolos específicos en los laboratorios para determinar y poder cuantificar el nivel de dichos tóxicos. Al mismo tiempo cada país debe establecer legislaciones que faciliten los límites

máximos permitidos en función a los contaminantes estudiados.

Finalmente, reconsiderando los puntos abordados en esta investigación sobre el enfoque toxicológico en alimentos, debe existir un vínculo entre ética y toxicidad alimentaria. Por un lado, la ética profesional repercute directamente en la responsabilidad de mantener la inocuidad, ya que es la prioridad para la industria de alimentos. Por otro lado, es necesario enfatizar que cualquier agente químico o sustancia que sea incorporada a un proceso alimenticio, debe garantizar seguridad y al mismo tiempo velar por el grado de toxicidad de los mismos hacia el consumidor. Por consiguiente, no solo se trata de incrementar un volumen de producción, sino también comprender que existen múltiples factores que inciden en la contaminación del alimento por medio de sustancias potencialmente tóxicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almudena , A., & Lizaso, J. (2001). *FUNDACIÓN IBÉRICA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA*. Recuperado el 23 de Junio de 2017, de

<https://iiacmx.com/wp-content/uploads/2017/02/nitratos-y-nitrosaminas.pdf>

Arrázola, G., Grané, N., Martin, M., & Dicenta, F. (2013). Determinación de los compuestos cianogénicos amigdalina y prunasina en semillas (*Prunus dulcis* L.) mediante cromatografía de alta resolución. *Revista Colombiana de Química*, 42(3), 23 - 30. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/53426>

Arrúa Alvarenga, A., Peralta López, I., Rojas Abraham, C., Reyes Caballero, Y., Toledo Popoff, C., & Mendes Arrua, J. (2016). Presencia de hongos filamentosos en yerba mate compuesta y eficiencia de medios de cultivo para el aislamiento de *Aspergillus*. *Investigación Agraria*, 18(1), 49 - 55. Recuperado el 29 de Junio de 2017, de <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/354>

Badui Dergal, S. (2004). *Química de los alimentos*. (3 ed.). Naucalpan de

- Juárez: PEARSON EDUCACIÓN.
- Belandria, J., Andara , M., & Urdaneta, A. (2016). Incidencia de los residuos y contaminantes químicos en alimentos de origen animal y vegetal. *Revista Tecnocientífica URU*(10), 51 - 57. Recuperado el 7 de Febrero de 2017, de <http://200.35.84.134/ojs-2.4.2/index.php/rtcu/article/view/359/pdf>
- Belitz, H., & Grosch, W. (2012). *Química de los alimentos* (3 ed.). Zaragoza: Acribia.
- Calaf, M., Daroguy, G., Font, J., Fullá, J., Guisán, S., Marco, M., & Cuerda, J. (1997). *Enciclopedia temática estudiantil Océano/Sección Química*. (1 ed.). Barcelona: Océano.
- Cameán Fernández, A., & Repetto Jiménez, M. (2012). *Toxicología alimentaria* (4 ed.). Madrid: Díaz de Santos. Recuperado el 27 de Agosto de 2017, de <http://ebiblioteca.org/?/ver/101435>
- Campos , S., Silva, C., Campana, P., & Almeida, V. (2016). Toxicidade de espécies vegetais. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 18(1), 373 - 382. Recuperado el 15 de Agosto de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v18n1s1/1516-0572-rbpm-18-1-s1-0373.pdf>
- César Sánchez, J., Romero, C., Arroyave, C., García, A., Giraldo, F., & Sánchez, L. (2015). Bebidas energizantes: efectos benéficos y perjudiciales para la salud. *PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA*, 17(1), 79 - 91. Recuperado el 02 de Marzo de 2017, de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/nutricion/article/view/25437/21068>
- Damodaran, S., Parkin, K., & Fennema , O. (2010). *Fennema química de los alimentos* (3 ed.). Zaragoza: Acribia.
- Enríquez Fernández, B., & Sosa Morales, M. (2010). Acrilamina en alimentos: sus causas y consecuencias. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos.*, 2(4), 1 - 13. Recuperado el 06 de Mayo de 2017, de [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TSIA-4\(2\)-](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TSIA-4(2)-)



- Enriquez-Fernandez-et-al-2010.pdf <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/822/829>
- Hans-Dieter , B., & Werner , G. (1997). *Química de los alimentos* (2 Ed. ed.). Zaragoza: Acribia.
- Jaimes Morales, J., Marrugo Ligardo, Y., & Severiche Sierra, C. (2014). Tóxicos en el ambiente y la seguridad alimentaria. *Cap & cua*, 11, 16 - 23. Recuperado el 17 de Agosto de 2017, de <https://biblat.unam.mx/es/revista/cap-cua/articulo/toxicos-en-el-ambiente-y-la-seguridad-alimentaria>
- Londoño Franco, L., Lonsoño Muñoz, P., & Muñoz Garcia, F. (2016). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. *Bio.Agro.*, 14(2), 145 - 153. Recuperado el 15 de Agosto de 2017, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612016000200017&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612016000200017&script=sci_abstract&tlng=es)
- Mariné , A., & Vidal , M. (2001). Seguridad y riesgo de toxicidad. *Arbor*, 168(661), 43 - 63. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de
- Martinez Miranda, M., Vargas del Río, L., & Gómez Quintero, V. (2013). Aflatoxinas: incidencia, impactos en la salud, control y previsión. *Biosalud*, 12(2), 89 - 109. Recuperado el 14 de Mayo de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/biosalud/v12n2/v12n2a08.pdf>
- Mencías Rodríguez, E., & Mayero Franco, L. (2000). *Manual de toxicología básica* (1 ed.). Madrid: Díaz de Santos.
- Morales Gómez, M., & Troncoso González, A. (2006). *Sustancias antinutritivas presentes en los alimentos* (3 ed.). Madrid: Díaz de Santos.
- Rembado , M., & Sceni, P. (2009). *La química de los alimentos*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnología Saavedra 789. Recuperado el 16 de Agosto de 2017, de Rembado, M., Sceni, P. 2009. La química de los alimentos. [Libro en línea]. 1 Ed. Insti-tuto Nacional de Educación Tecnológica Saavedra 789. Ciudad

- Auth<http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique>
- Romero González, R., Fernández Moreno, J. L., Plaza Bolaños, P., Garrido Frenich, A., & Martínez Vidal, J. L. (2007). Empleo de la espectrometría de masas como herramienta para la determinación de tóxicos en alimentos: hacia la seguridad alimentaria. *Revista Española de Salud Pública*, 461 - 474. Recuperado el 15 de Agosto de 2017, de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v81n5/colaboracion3.pdf>
- Santillán Fernández, A., García Chávez, L., Vásquez, N., & Merino García, A. (2017). *mpacto de la sustitución del azúcar de caña por edulcorantes de alta intensidad en México*. Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado el 23 de Agosto de 2018, de [https://www.researchgate.net/publication/316996163\\_Impacto\\_d\\_e\\_la\\_sustitucion\\_del\\_azucar\\_de\\_cana\\_por\\_edulcorantes\\_de\\_alta\\_intensidad\\_en\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/316996163_Impacto_d_e_la_sustitucion_del_azucar_de_cana_por_edulcorantes_de_alta_intensidad_en_Mexico)
- Serrano Coll, H., & Cardona Castro, N. (2015). Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. *CES MEDICINA*, 29(1), 143 - 151. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de <http://revistas.ces.edu.co/index.php/medicina/article/view/143/2396>
- Serrano Santana, E., & Benítez Pérez, M. (2017). Acerca de intoxicaciones por productos del mar. *Acta Médica del Centro*, 11(2), 90 - 104. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017
- Vargas, T., & Verástegui, B. (2014). Toxicología Alimentaria. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 41, 2172 - 2175. Recuperado el 21 de agosto de 2017, de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v41/v41\\_a11.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v41/v41_a11.pdf)